

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

UNIVERSITE 8 Mai 1945 de GUELMA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DES VIE ET DES SCIENCES
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DE SNV



Mémoire De Master

Domaine : science de la nature et de la vie

Filière : Biologie

Spécialité/Option : Biologie Moléculaire et cellulaire : Biologie Moléculaire de
procaryotes

Thème: Etude Microbiologique Des Boues Des Eaux Usées De La Ville De Guelma

Présenté par :

Fartas Kaltoum

Laouissi Hana

Zouaimia Selma

Membres de jury :

Président : Mr. Benouareth Djamel eddine Prof. Université de Guelma

Encadreur : Mme. Khallef Messaouda M.C. Université de Guelma

Examinatrice : Mme. Torche Asma M.A. Université de Guelma

2014/ 2015

Remerciements



Nous remercions le dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à terme ce modeste travail.

Au terme de ce travail nous tenons à remercier tout d'abord et infiniment notre encadreur Mme Khallelf Messaouda. Qui nous a accordé l'honneur de diriger ce travail, sa compétence et ses conseils pertinents ont été pour nous un solide repère et réconfort dans tous les moments.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent également au Pr. Mr Benouareth Djamel Eddine de nous avoir fait bénéficier de ses encouragements, ses conseils et sa bonne humeur, et d'avoir accepté la présidence du jury de ce mémoire.

Nous exprimons également notre reconnaissance à Mme Torche Asma qui a accepté de participer à ce jury et de juger ce travail.

Je tiens aussi à remercier vivement la doctorante Meriem pour leur aide continuuel au cours de la réalisation pratique de ce travail.

Nous tenons à remercier nos enseignants à l'université depuis la première année.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire et surtout notre amie Safa.

A tous ceux que j'ai oublié de citer.

Merci

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mon dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à terme ce modeste travail.

Ma très chère et douce mère qui m'a toujours apporté son amour et son affection.

Mon cher père qui m'a toujours encouragé, conseillé et soutenu dans mon travail.

A ma chère sœur : Besma « Que Dieu, le tout puissant L'accueille en son vaste paradis. ».

A mon cher frère : Firas et toute ma famille.

A mes chères amies : Kaltoum, Selma.

A Tout Les Enseignants et professeurs qui ont fortement contribué à ma formation depuis l'école primaire jusqu'à l'université. Et aussi la doctorante Meriem.

A mes amies qui ont rempli ma vie de bonheur : Safa, Besma, Hanane, Ikram, Sawssen, Amira, Zahra, Souad, Khawla, Ghania, Samira, Souhila, Rahma, Ibtisame, Imene.

A l'ensemble de mes camarades d'études qui sont devenus des amis précieux et tous les autres.

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

Merci

Hana

Dédicaces

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude, avant tout à Dieu le tout puissant qui m'a aidé et m'a donné le courage pour mener à terme ce modeste travail.

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

À ma chère mère Halima pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien. « Que Dieu, le tout puissant L'accueille en son vaste paradis. ».

À mon cher père Salah pour leur patience, leur soutien et leurs sacrifices, Je vous exprime, tous mes sentiments de gratitude et d'amour. « Que Dieu vous protège ». À ma grande mère Zoubeida.

À mes chères sœurs : Meriem, Souad et surtout Assia.

À mes chères frères : Khaled et Alla eddine.

À mes chères petits poussins : Rawan et Assoumi et toute ma famille.

À mes chères amies Selma et Hana

À tous les enseignants et professeurs qui ont fortement contribué à ma formation Depuis l'école primaire jusqu'à l'université.

À tous mes amis: Safa, Khawla, Dounya, Assia, Marwa, Hadile, Ikram, Amira, Sawssen, Nina, Souhila, Samira, Imen, Sbtissem, Souad, Imen, Soumia, Nawel et Lamia.

À tous qui m'ont cher

Zalloum

Dédicaces

Tout en espérant être à la hauteur,

Je dédié ce modeste travail :

À mes très chers parents Sebti et Firouz, pour leur patience, leur soutien et leurs sacrifices, Je vous exprime, tous mes sentiments de gratitude et d'amour. « Que Dieu vous protège »

À mes frères : Oussama et Chemoussa et ma sœur Halouma

À ma tante Souad et sa jolie fille Heyem.

À mes chers grands parents qui ont été toujours fières de moi.

À mon oncle et ami Hako.

À mes chères amies Kaltoum et Hana et à leurs familles respectives.

À tous les enseignants et professeurs qui ont fortement contribué à ma formation Depuis l'école primaire jusqu'à l'université.

À tous mes amis: Ikram, Mira, Sawssen, Hina, Safa, Khalid, Souhila et Samira.

A tous qui m'aiment.

Merci à tous

Selma Sou

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

| | |
|-------------------|---|
| Introduction..... | 1 |
|-------------------|---|

Etude bibliographique

Chapitre I : traitement des eaux usées

| | |
|--|----|
| 1. Définition des eaux usées..... | 5 |
| 2. Composition des eaux usées..... | 5 |
| 2.1. Matière en suspension..... | 5 |
| 2.2. Pollution organique DCO et DBO..... | 5 |
| 2.3. Micropolluants organique et non organiques..... | 6 |
| 2.4. Nutriments..... | 6 |
| 2.5. Les micro-organismes..... | 7 |
| 3. Origine des eaux usées..... | 7 |
| 3.1. Eaux usées domestiques..... | 7 |
| 3.2. Eaux pluviales..... | 8 |
| 3.3. Eaux usées industrielles..... | 8 |
| 4. Méthodes de traitement des eaux usées..... | 8 |
| 4.1. Prétraitement..... | 9 |
| 4.1.1. Dégrillage..... | 9 |
| 4.1.2. Dessablage..... | 9 |
| 4.1.3. Déshuilage..... | 10 |

| | |
|--|----|
| 4.2. Traitement primaire..... | 10 |
| 4.2.1. Décantation primaire classique..... | 10 |
| 4.2.2. Flocculation-décantation..... | 11 |
| 4.3. Traitement secondaire..... | 11 |
| 4.3.1. Boues activées..... | 11 |
| 4.3.2. Lagunage..... | 12 |
| 4.3.3. Lit bactérien..... | 13 |
| 4.4. Traitement tertiaire..... | 15 |
| 4.5. Désinfection..... | 15 |
| 4.5.1. Désinfection par le chlore..... | 15 |
| 4.5.2. Désinfection aux rayons ultraviolets..... | 16 |

Chapitre II : traitement des boues

| | |
|--|----|
| 1. Définition des boues..... | 18 |
| 2. Composition des boues résiduaires..... | 18 |
| 2.1. Matière organique..... | 19 |
| 2.2. Eléments fertilisants et amendements..... | 19 |
| 2.3. Eléments traces métalliques..... | 19 |
| 2.4. Micropolluants organiques..... | 19 |
| 2.5. Micro-organismes pathogènes..... | 20 |
| 3. Types des boues..... | 21 |
| 3.1. Classification selon l'origine..... | 21 |
| 3.1.1. Boues de traitement primaire..... | 21 |
| 3.1.2. Boues de traitement biologique..... | 22 |

| | |
|--|----|
| 3.1.3. Boues de traitement de traitement physico-chimique..... | 22 |
| 3.1.4. Boues mixtes..... | 22 |
| 3.2. Classification selon l'état physique..... | 22 |
| 3.2.1. Boues liquides..... | 22 |
| 3.2.2. Boues pâteuses..... | 22 |
| 3.2.3. Boues solides chaulées..... | 23 |
| 3.2.4. Boues solides compostées..... | 23 |
| 4. Caractères physiques et chimiques des boues..... | 23 |
| 4.1. Caractères physiques..... | 23 |
| 4.2. Caractères chimiques..... | 24 |
| 5. Filières du traitement des boues..... | 24 |
| 5.1. Epaissement..... | 24 |
| 5.2. Conditionnement..... | 25 |
| 5.3. Déshydratation..... | 26 |
| 5.4. Séchage..... | 26 |
| 5.4.1. Lit de séchage..... | 26 |
| 5.4.2. Séchage thermique..... | 27 |
| 5.5. Stabilisation..... | 28 |
| 6. Point de rejets..... | 28 |
| 6.1. Destination finale des eaux usées..... | 28 |
| 6.2. Sous produits issus de l'épuration..... | 28 |

Etude expérimentale

Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Description de la station d'épuration de Guelma..... | 31 |
| 2. Prélèvement..... | 31 |
| 2.1. le prélèvement des boues sèches..... | 31 |
| 2.2. le prélèvement des boues liquides | 32 |
| 3. Analyses bactériologiques..... | 32 |
| 3.1. Recherches et dénombrement des germes revivifiables à 37°C..... | 32 |
| 3.2. Recherches et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale..... | 34 |
| 3.2.1. Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux..... | 34 |
| 3.2.2. Recherches et dénombrement des streptocoques fécaux..... | 37 |
| 3.2.3. Recherches et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs..... | 39 |
| 3.3. Recherche et dénombrement des Streptomyces..... | 41 |
| 3.4. Recherches des germes pathogènes..... | 41 |
| 3.4.1. Recherche des Pseudomonas | 42 |
| 3.4.2. Recherches des Staphylocoques..... | 43 |
| 3.4.3. Recherches des entérobactéries..... | 44 |
| A. Les Salmonelles..... | 44 |
| B.les Shigelles..... | 46 |
| 3.4.4. Recherches des Vibriion..... | 46 |
| 3.4.5. Recherche des levures..... | 49 |
| 4. Identification des bactéries isolées..... | 49 |
| 4.1. Examen macroscopique des caractères cultureaux..... | 49 |

| | |
|---|----|
| 4.2. Examen microscopique après coloration de Gram..... | 50 |
| 4.3. Examens liées aux caractères biochimiques..... | 50 |

Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| 1. Analyses bactériologiques..... | 59 |
| 1.1. Dénombrement des germes totaux..... | 59 |
| 1.2. Dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale..... | 60 |
| 1.2.1. Coliformes totaux et fécaux..... | 60 |
| 1.2.2. Streptocoques fécaux..... | 61 |
| 1.2.3. Anaérobies sulfito-réducteurs..... | 62 |
| 1.3. Dénombrement des levures et streptomyces..... | 63 |
| 1.4. Recherches des bactéries pathogènes..... | 63 |
| 1.4.1. Identification des espèces bactériennes..... | 63 |
| Conclusion..... | 69 |

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

| Tableau | Titre | page |
|------------------|---|-------------|
| Tableau 1 | Avantages et inconvénients de chaque étape du traitement biologique. | 14 |
| Tableau 2 | les buts de chaque étape du traitement des boues. | 27 |
| Tableau 3 | Résultats des analyses bactériologiques des boues étudiées. | 59 |
| Tableau 4 | Aspect macroscopique et des colonies bactériennes isolées. | 64 |
| Tableau 5 | Résultats des tests d'identification de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . | 65 |
| Tableau 6 | Résultats de l'identification biochimique par les API systèmes des germes isolés. | 66 |

Liste des figures

| Figure | Titre | Page |
|---------------|--|-------------|
| Fig.1 | Les eaux usées | 5 |
| Fig.2 | Représentation graphique des origines des eaux usées domestiques | 7 |
| Fig.3 | Les eaux pluviales | 8 |
| Fig.4 | Les eaux usées industrielle | 8 |
| Fig.5 | Mécanisme du dégrillage | 9 |
| Fig.6 | Mécanisme du dessablage | 9 |
| Fig.7 | Mécanisme du déshuilage | 10 |
| Fig.8 | Bassin de la décantation primaire | 10 |
| Fig.9 | Bassin de décantation secondaire | 11 |
| Fig.10 | Principe des boues activées | 11 |
| Fig.11 | Mécanisme du lagunage | 13 |
| Fig.12 | Lit bactérien | 13 |
| Fig.13 | Mécanisme du traitement tertiaire | 15 |
| Fig.14 | Bassin de la désinfection par le chlore | 15 |
| Fig.15 | Bassin de la désinfection par les UV | 16 |
| Fig.16 | Les boues sèches | 18 |
| Fig.17 | Histogramme représentant les fractions de la boue | 18 |
| Fig.18 | Schéma simplifié d'un épaisseur | 25 |
| Fig.19 | Mécanisme de la déshydratation | 26 |
| Fig.20 | Lit de séchage | 26 |
| Fig.21 | Schéma du fonctionnement général d'une serre(le séchage thermique) | 27 |
| Fig.22 | Recherche des germes totaux | 33 |
| Fig.23 | Recherche et dénombrement des coliformes | 36 |
| Fig.24 | Recherche et dénombrement des streptocoques | 38 |
| Fig.25 | Recherche et dénombrement des ASR | 40 |
| Fig.26 | Recherche des Streptomyces | 41 |
| Fig.27 | Recherche des Staphylocoques | 44 |
| Fig.28 | Recherche des Salmonelles | 45 |
| Fig.29 | Recherche des Shigelles | 46 |
| Fig.30 | Recherche des Vibrions | 48 |
| Fig.31 | Recherche de <i>Candida albicans</i> | 49 |
| Fig.32 | Test d'oxydase | 51 |
| Fig.33 | Test catalase | 52 |
| Fig.34 | Réalisation d'un API système 20E | 54 |
| Fig.35 | Représentation graphique des germes totaux | 59 |
| Fig.36 | Représentation graphique des coliformes (totaux et fécaux) | 60 |
| Fig.37 | Représentation graphique des streptocoques fécaux | 61 |
| Fig.38 | Représentation graphique des ASR | 62 |
| Fig.39 | Représentation graphique des levures et Streptomyces | 63 |

Liste des abréviations

| | |
|------------------------|---|
| ASR | Anaérobie sulfito-réducteur. |
| BCP | Pourpre de bromocrésol. |
| BCPL | Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol. |
| BGN | Bacille à Gram négatif |
| BS | Boue solide. |
| BL | Boue liquide. |
| CF | Coliformes fécaux. |
| CT | Coliformes totaux. |
| CTO | Composés Traces Organiques. |
| DBO₅ | Demande biologique de l'oxygène. |
| DCO | Demande chimique de l'oxygène. |
| D /C | Double concentration. |
| E | Entérobactérie. |
| <i>E.coli</i> | <i>Escherichia coli.</i> |
| EPA | Eau peptonée alcaline. |
| Eva Litsky | Bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium. |
| Fe | Fer. |
| FeS | Sulfure de fer. |
| Fig | Figure. |

| | |
|-----------------------------------|---|
| GELM | Gélose à l'extrait de levure et de malt |
| GNAB | Gélose nutritive alcaline biliée. |
| GN | Gélose nutritive. |
| GNI | Gélose nutritive inclinée. |
| H | Heure. |
| H₂O₂ | Eau oxygéné. |
| HAP | Hydrocarbures aromatiques polycyclique. |
| IND | Indole. |
| K₂O | Oxyde de Potassium. |
| MES | Matière en suspension. |
| Mg | Magnésium. |
| Ms | Matière sèche. |
| N | Azote. |
| NE | Non entérobactérie. |
| NPP | Nombre le plus probable. |
| OMS | Organisation mondial de santé. |
| ONPG | O.Nitrophényl.Pyrano.Galactoside. |
| Ox | Oxydase. |
| P | Phosphore. |
| pH | Potentiel d'hydrogène. |
| P₂O₅ | Pentoxyde de phosphore. |

| | |
|--------------|--------------------------------|
| Rothe | Bouillon à l'azide de sodium. |
| S/C | Simple concentration. |
| SFB | Sérum Fœtal Bovin. |
| SS | <i>Salmonella-Shigella.</i> |
| Staph | Staphylocoque. |
| STEP | Station d'épuration. |
| Tab | Tableau. |
| TDA | Tryptophane désaminase. |
| TGEA | Glucose tryptone extrait agar. |
| UFC | Unité formant colonie. |
| VF | Viande Foie. |
| VP | Voges-Proskauer. |



Introduction

Introduction

L'eau est un élément vital indispensable à la vie de tous les êtres vivants sur terre, c'est le lieu où la vie a pris naissance et une grande partie des phénomènes vitaux s'y déroule encore. Il est aussi indispensable au développement des sociétés : santé, nourriture, ou activités humaines (**Bazzine et Bourenane, 2011**).

Après leur utilisation, ces eaux seront contaminées par plusieurs produits chimiques et des agents pathogènes. Afin de leur recyclage, ces eaux souillées d'origine urbaine ou industrielle doivent être collectées puis soumises à plusieurs phénomènes d'épuration. Le traitement des eaux, qu'il s'agisse de production d'eau épurées, conduit toujours à la formation de boues que l'on sépare de l'eau traitée. Ces boues se présentent à la sortie de la station d'épuration comme un liquide à forte teneur en eau ou sèche, les boues sont considérées comme de bons fertilisants agricoles qui contribuent à l'amélioration de la qualité du sol car elles sont riches en matière organique et en macronutriments azotés et phosphatés (**St Martin, 1997**).

Cependant, les boues d'épuration sont riches en substances chimiques et en micro-organismes dont les effets sont indésirables soit pour la conservation des sols, soit pour la qualité alimentaire des cultures, soit pour la santé de l'homme et des animaux. Elles peuvent également être chargées en divers polluants : éléments traces métalliques, substances organiques. La présence de ces micropolluants, réglementés ou non, dans les boues de stations de traitement des eaux usées pose la question de leur devenir et de leur impact sur les milieux depuis leur production jusqu'à l'épandage.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui a pour thème « étude microbiologique des boues des eaux usées de la ville de Guelma » et ceci pour évaluer l'aptitude de ces boues au traitement, d'estimer les risques de pollution et enfin de connaître leurs possibilités de réutilisation agricole. Ainsi, notre étude se structure en deux parties : partie bibliographique comporte :

Le chapitre I consacré à la présentation de différents types de traitement des eaux usées.

Le chapitre II décrit les différents types de traitement des boues.

Introduction

La partie expérimentale comporte :

Les méthodes et les techniques employées pour la réalisation de ce travail : Analyses microbiologiques (recherche et dénombrement des microorganismes) de l'eau usée suivie d'une description sous formes de graphes des différents résultats obtenus. Au cours de notre étude pratique, et on termine par une conclusion finale.

A decorative border made of green brushstrokes, forming a rectangular frame around the text. The strokes are fluid and expressive, with varying shades of green and some darker, more saturated areas.

Partie 7 : Etude bibliographique
Partie 7 : Etude bibliographique

Chapitre I

*Traitements Des eaux
usées*

1. Définition des eaux usées

Les eaux usées, sont des eaux utilisées et souillées par différentes substances telles que les détergents, les microorganismes (bactéries, virus, parasites), les pesticides, etc.

Elles sont issues des différents usages de l'eau liés aux activités humaines domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères), industriels (eaux usées des usines), ainsi que les eaux de ruissellement (**Fig. 1**).



Figure 1: Les eaux usées (1).

Ces eaux usées sont collectées dans un réseau d'égout ; apparaissent comme un liquide trouble généralement grisâtre ; contenant des matières grasses et des autres en suspension d'origine minéral et organique à des teneurs extrêmement variables (**Rodier, 2009**).

2. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.).

Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en cinq groupes (**Yahiatene et Tahirim, 2010**) :

2.1. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (**Yahiatene et Tahirim, 2010**).

2.2. Pollution Organique DCO et DBO

❖ Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans un échantillon d'eau de 1 litre. Elle est moins représentative que la DBO de la décomposition des matières Organiques qui a lieu dans le milieu naturel mais elle est rapide, et contrairement à cette dernière, possède une bonne reproductibilité. La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel (**Yahiatene et Tahirim ,2010**).

❖ Demande biologique en oxygène à 5 jours (DBO₅)

La quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable .Par convention, la DBO₅ est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation (**Yahiatene et Tahirim ,2010**).

2.3. Micropolluants organiques et non organiques

Les micropolluants organiques sont les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les chlorophénols, les phtalates..., et les micropolluants non organiques (les Eléments traces) sont le manganèse, l'aluminium, le chrome, l'arsenic, le sélénium (**Djeddi, 2007**).

2.4. Nutriments

Les eaux usées contiennent divers nutriments utilisables par les végétaux comme l'azote, le phosphore et le potassium ainsi que les matières organiques présentes dans ces eaux peuvent aussi améliorer la structure du sol et sa fertilité. Un certain nombre d'études ont démontré un impact positif des eaux usées sur la productivité des cultures résultant de leur teneur en nutriments et en matières organiques (**Djeddi, 2007**).

2.5. Les micro-organismes

Les stations d'épuration reçoivent divers influents tels que des eaux résiduelles industrielles répondant aux normes de rejet en égouts ou les eaux domestiques usées provenant des cuisines et des sanitaires. C'est dans ces eaux de sanitaires que se concentrent la plupart des microorganismes. Ils proviennent principalement des matières fécales.

Les micro-organismes pathogènes comprennent principalement, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils ont des effets divers sur la Santé. Ils sont la cause d'infections bénignes comme la gastro-entérite mais aussi de maladies mortelles comme le choléra (Djeddi, 2007).

3. Origine des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, ...etc). Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue trois catégories d'eaux usées (Abessa et Tabet, 2014).

3.1. Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent :

- **Eaux ménagères** : provenues de l'évacuation des cuisines et salle de bains. Elles contiennent des détergents, des solvants, des agents de blanchissage et des adoucissants... Les produits nettoyants domestiques sont constitués de milliers de produits chimiques (3).
- **Eaux de vannes (d'évacuation des toilettes)** : ces eaux souillées sont constitués de matières organiques dégradables et de matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute et en suspension(3) (Fig.2).

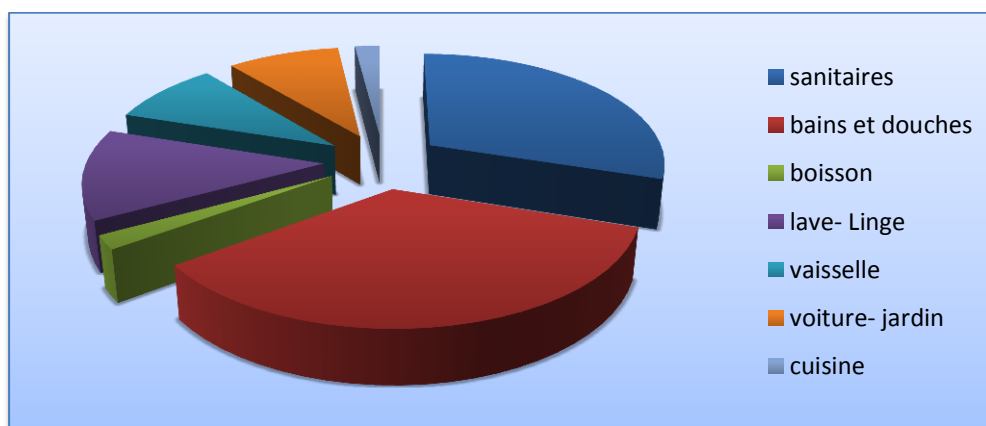


Figure 2 : Représentation graphique des origines des eaux usées domestiques (Rouabhia et Aoualmia, 2011).

3.2. Eaux pluviales

Elles correspondent aux eaux ruisselantes sur les routes et les toitures. Elles peuvent constituer la cause de pollution importante de cours d'eau ; notamment pendant les périodes orageuses. Ces eaux sont polluées soit en contact de l'air (fumée industrielle) ; soit en



Figure 3: Les eaux pluviales (1).

recupérant les résidus de toitures et de chaussées (huile vidange ; carburant ; morceau de pneu ;...) .elles sont de même nature que les eaux usées domestiques ; avec en plus des métaux lourds et toxiques (plomb ; zinc ; hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile. Lors de précipitations importantes ; les eaux pluviales peuvent arriver en grandes quantités au niveau de la station d'épuration (Moumene et Djemame, 2011) (Fig.3).

3.3. Eaux usées industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels.ces rejets ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée (Moumene et Djemame, 2011).



Figure 4: Les eaux usées industrielle(1).

Les différentes étapes du procédé industriel et à l'état des appareils. Ces eaux peuvent être troubles, colorées, et peuvent contenir des matières en suspension, des matières organiques ou minérales dissoutes, des produits acides ou alcalins, des sucres, des huiles, des métaux lourds et des hydrocarbures (Bedouh, 2014) (Fig.4).

4. Méthodes de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées est ainsi réalisé dans les stations d'épuration. D'un point de vue technique ; une station d'épuration a pour principal travail de dégrader et de séparer les polluants de l'eau (boues ; particules et substances dissoutes) par des procédés chimiques ; physiques et biologique (Moumene et Djemame, 2011).

Certaines eaux usées sont plus difficile à traiter que d'autres, par exemple; les eaux usées industrielles peuvent être difficile à traiter, tandis que les eaux usées domestiques sont relativement plus facile (Moumene et Djemame, 2011).

4.1. Prétraitement

Ils ont pour objectif l'élimination des éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements ; il s'agit des déchets volumineux tels que les sables ; les graviers et les graisses (Aouadi et al., 2007).

4.1.1. Dégrillage

Il permet de séparer et d'évacuer les matières volumineuses contenues dans les eaux usées : papiers, feuilles, cigarettes...(Fig.5).Il est constitué d'une grille à barreaux de 6mm d'écartement. Les déchets sont compactés pour réduire leur volume et envoyés à une filière de traitement adaptée (4).



Figure 5: Mécanisme du dégrillage (Moumene et Djemame, 2011).

4.1.2. Dessablage

Débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation (Fig.6) ; l'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » permet l'extraction des sables (Aouadi et al., 2007). Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe puis lavées et essorées pour être réutiliser (Moumene et Djemame, 2011).

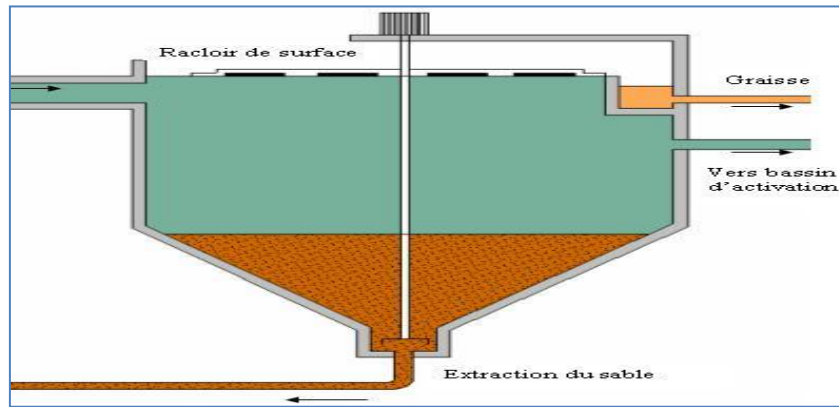


Figure 6: Mécanisme du déshuilage (7).

4.1.3. Déshuilage (dégraissage)

Il s'effectue par flottation ; ou l'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras (**Fig.7**), les graisses sont raclées à la surface puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération) (**Aouadi et al., 2007**).

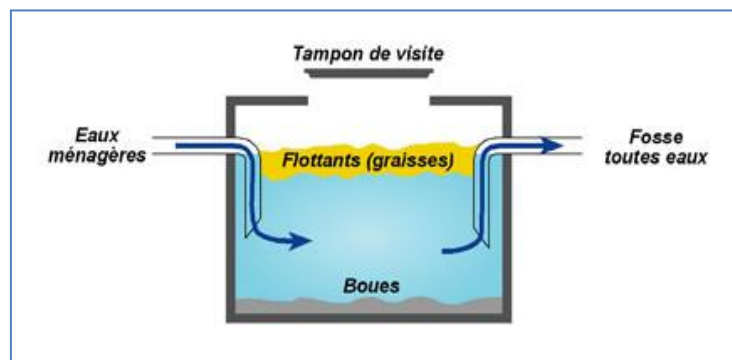


Figure 7: Mécanisme du dessablage (7).

4.2. Traitement primaire (décantation - flottation)

Si les prétraitements visent à l'élimination des matières solides, des sables, et des matières minérales qu'on peut récupérer par surnage, le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension et constitue une pré-épuration

non négligeable quoique insuffisante pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques et / ou chimiques. Les matières décantables se déposent au fond ou

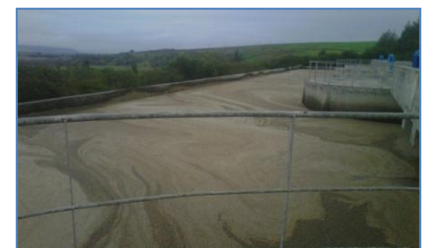


Figure 8: Bassin de la décantation primaire(2).

flottent à la surface par différence de densité ou après adjonction de produits agglomérant les matières et accélérant leur flottation ou leur sédimentation (**Karaali et al., 2009**) (**Fig.8**).

4.2.1. Décantation primaire classique

Elle consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension (**Aouadi et al., 2007**).

4.2.2. Flocculation-décantation

Cette étape de traitement désigne l'ensemble des méthodes physicochimiques utilisées pour réduire la charge de matières en suspension. L'objectif est de faire coaguler les particules en suspension dans l'eau et de les récupérer grâce à la décantation. Pour ce faire, on ajoute un coagulant qui favorise les particules à s'agglutiner en floccs. Les floccs se déposent ensuite au fond du bassin pour former un lit de boues. Ces boues sont récupérées pour être traitées (**Aouadi et al., 2007**).

4.3. Traitement secondaire

Ces traitements permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer (**Moulins et al., 2013**) (**Fig.9**).



Figure 9 : Bassin de décantation secondaire(2).

4.3.1. Boues activées

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels.

Le procédé "boues activées" consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases "eaux épurées" et "boues épuratrices" sont séparées (**Fig.10**).

Ce procédé est utilisé aujourd'hui dans la majorité des stations. Il permet d'obtenir des performances poussées pour éliminer le carbone, l'azote, voire le phosphore (**Elafri et al., 2007**).

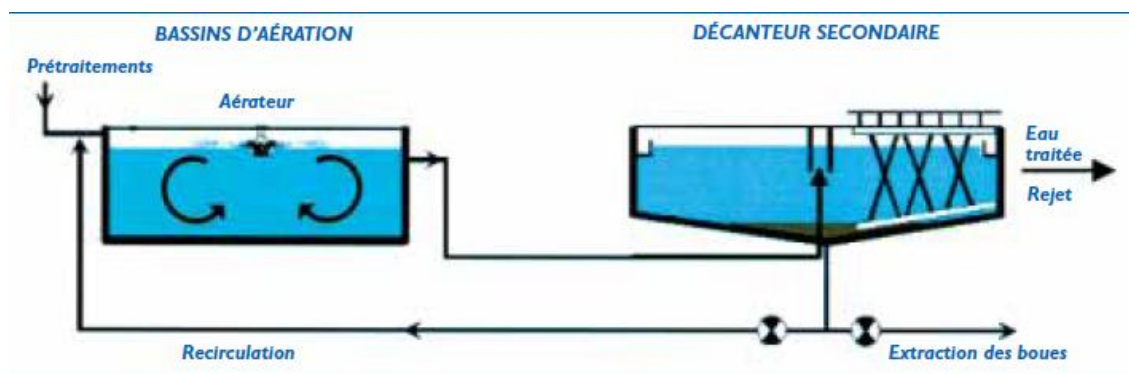


Figure 10: Principe des boues activées (2).

4.3.2. Lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'auto-épuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur. Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques (**Fig.11**).

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries. Ce procédé simple demande des surfaces importantes car les temps de réactions sont très longs. Pour que le lagunage s'effectue dans les meilleures conditions d'aérobiose, tout en évitant les odeurs et la prolifération des insectes, il faut prévoir une décantation primaire des effluents.

L'inconvénient majeur de ce type de procédé est le dépôt qui se produit à la longue et qui reste en phase anaérobie (**Tab.1**) (**Hatem, 2008**).

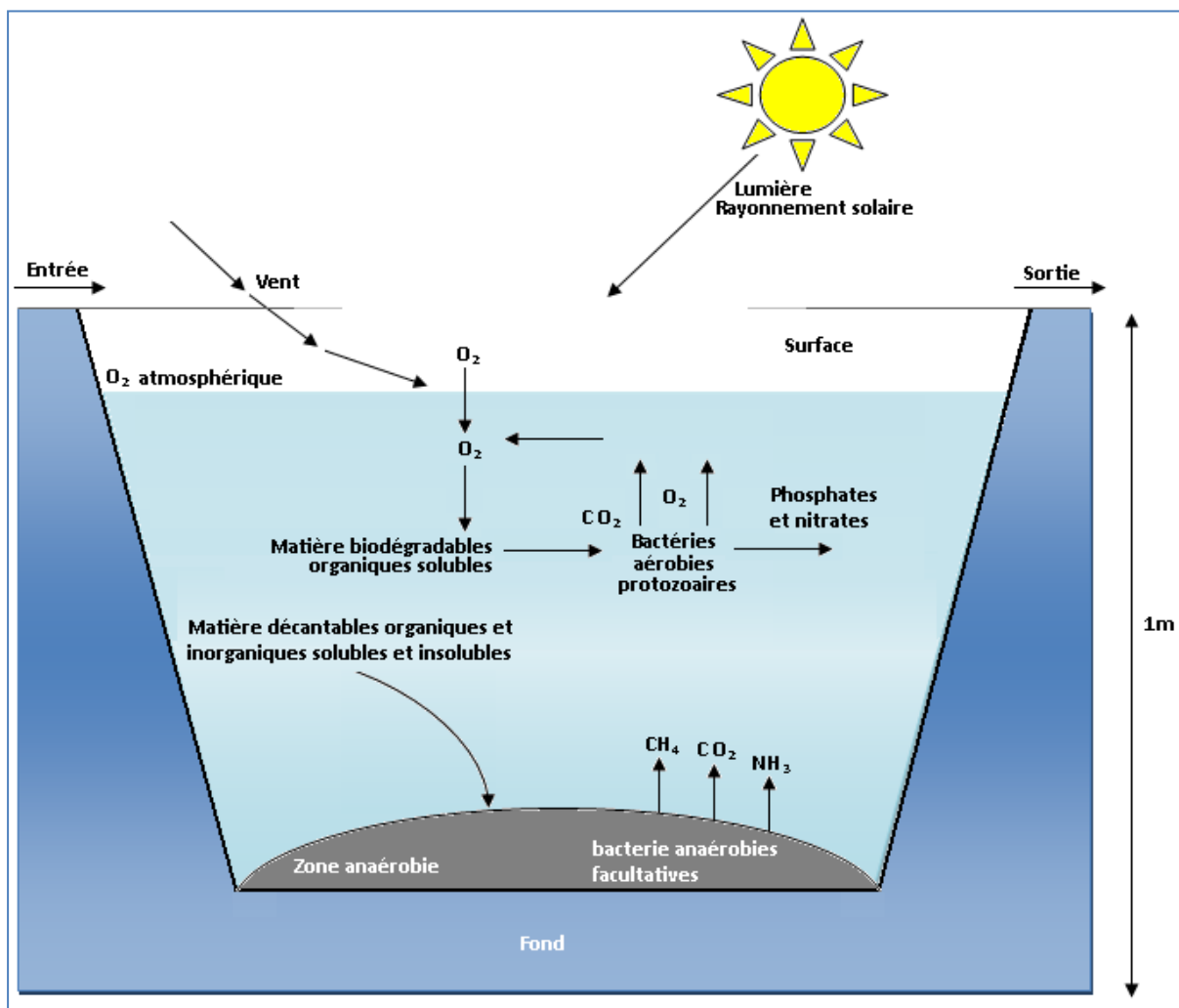


Figure 11 : Mécanisme du lagunage (El Haite, 2011).

4.3.3. Lit bactérien

L'épuration des eaux par lits bactériens, quelques fois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur est une méthode d'épuration biologique par cultures fixées. C'est un procédé intensif de traitement qui consiste à faire ruisseler l'eau à traiter sur une masse de matériaux (Fig.12), de surface spécifique comprise entre 50 et 200 m^2/m^3 , servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film plus ou moins épais.



Figure12: Lit bactérien (El Haite, 2011).

Au cours de la percolation de l'eau au travers du lit les matières organiques sont éliminées par le biofilm.

L'aération est pratiquée par tirage naturel, le plus souvent, par ventilation forcée dans le traitement particulier d'effluents industriels. Au cours de sa pénétration dans le biofilm, l'oxygène est consommé du fait de la respiration microbienne, définissant ainsi une zone à activité aérobie ; au delà, l'activité bactérienne est anaérobie (**Ennawaoui, 2010**).

Tableau 1 : Avantages et inconvénients de chaque étape du traitement biologique (Berland et Boutin, 2001).

| Filière | Avantages | Inconvénients |
|-----------------------|--|--|
| Lit bactérien | <ul style="list-style-type: none"> - faible consommation d'énergie. -fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées. - bonne décantabilité des boues. -plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. -généralement adaptés pour les petites collectivités. | <ul style="list-style-type: none"> -performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées. Cela tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. -Un dimensionnement plus réaliste doit permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes. -coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20 % par rapport à une boue activée). -nécessité de prétraitements efficaces. |
| Boues activées | <ul style="list-style-type: none"> -bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N). -adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles. -boues légèrement stabilisées. | <ul style="list-style-type: none"> -coûts d'investissement assez importants. -consommation énergétique importante -nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. -sensibilité aux surcharges hydrauliques. |
| Lagunage | <ul style="list-style-type: none"> -Bonne élimination de la pollution bactériologique. -Efficace sur des effluents peu concentrés. -Bonne réactivité à des variations de charges polluantes. | <ul style="list-style-type: none"> -Performances épuratrices faibles. -Sensible aux effluents concentrés. -Besoin en surface important. -Entretien des berges des bassins. |

4.4. Traitements tertiaires

Cette étape permet de séparer, par décantation, l'eau dépolluée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs" (**Fig.13**).

L'eau, dans la plupart des cas, peut alors être rendue au milieu naturel, dans une rivière, à la mer ou à l'océan. Des traitements complémentaires (traitements tertiaires) destinés à éliminer l'azote et le phosphore peuvent être utilisés selon les contraintes de qualité du milieu naturel où sont rejetées les eaux. Parfois, il est nécessaire d'effectuer une étape d'affinage qui permet d'obtenir une dépollution encore plus poussée(5).

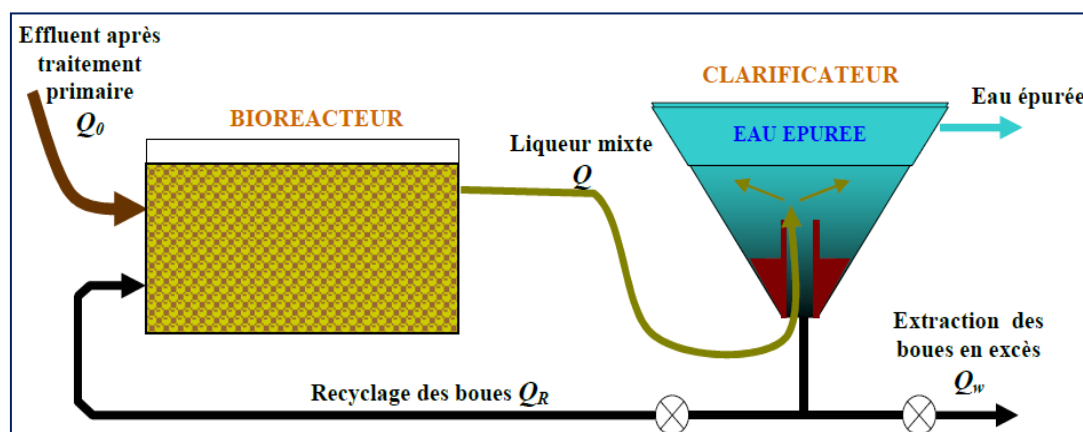


Figure 13: Mécanisme du traitement tertiaire (Bassompierre, 2007).

4.5. Désinfection

4.5.1. Désinfection par le chlore (Javel)

Après la récupération des eaux clarifiées, ces dernières seront envoyées vers un bassin rectangulaire formé des chicanes afin de recevoir des doses de javel qui sont préparés dans deux cuves de préparations de javel à partir de l'hypochlorite de calcium, cette javellisation permet de détruire tous germes avant

le rejet. Un contrôleur de chlore est installé à la sortie du bassin pour pouvoir contrôler le taux du chlore (**Fig.14**)

(Moumene et Djemame, 2011).

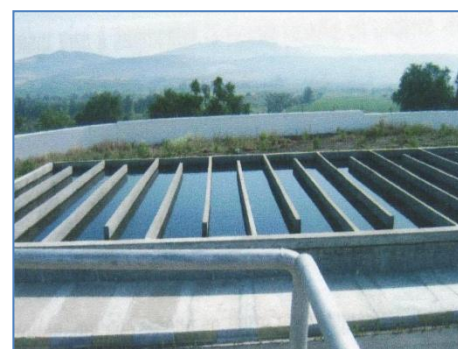


Figure14: Bassin de la désinfection par le chlore (Bassompierre, 2007).

4.5.2. Désinfection aux rayons ultraviolets

Tend à se développer de façon plus intense car elle présente un certain nombre d'avantages comme des temps de contacts très courts, pas d'utilisation de produits chimiques, une bonne efficacité sur les bactéries et sur les virus.

Le principe d'action des UV repose sur le fait que les rayons ultraviolets sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à une gamme de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm (**Fig.15**). L'absorption de ces rayons par les micro-organismes provoque une modification de leur ADN qui bloque toute réplication du matériel génétique et engendre leur mort (**Boucherite et al., 2009**).

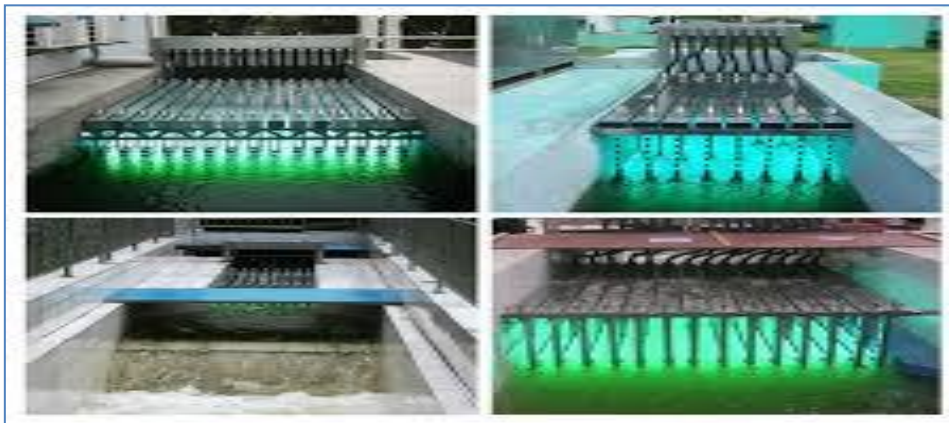


Figure 15: Bassin de la désinfection par les UV (Bassompierre, 2007).

Chapitre II

*Traitements des boues
d'épuration*

1. Définition des boues

Les boues sont définies par le Comité Européen de Normalisation comme «un mélange d'eau et de matières solides (Fig.17), séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent». Les boues sont issues du traitement des eaux usées domestiques ou industrielles (Fig.16).



Figure16 : Les boues sèches
(Bassompierre, 2007).

Il en résulte une eau épurée que l'on rejette dans le milieu naturel et un résidu principal : les boues. Ce résidu est constitué de matières minérales inertes, d'azote, de phosphore et de matières organiques (Boucheikh et Menouer, 2014).

2. Composition des boues résiduaires

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration.

Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes) (Amir, 2005).

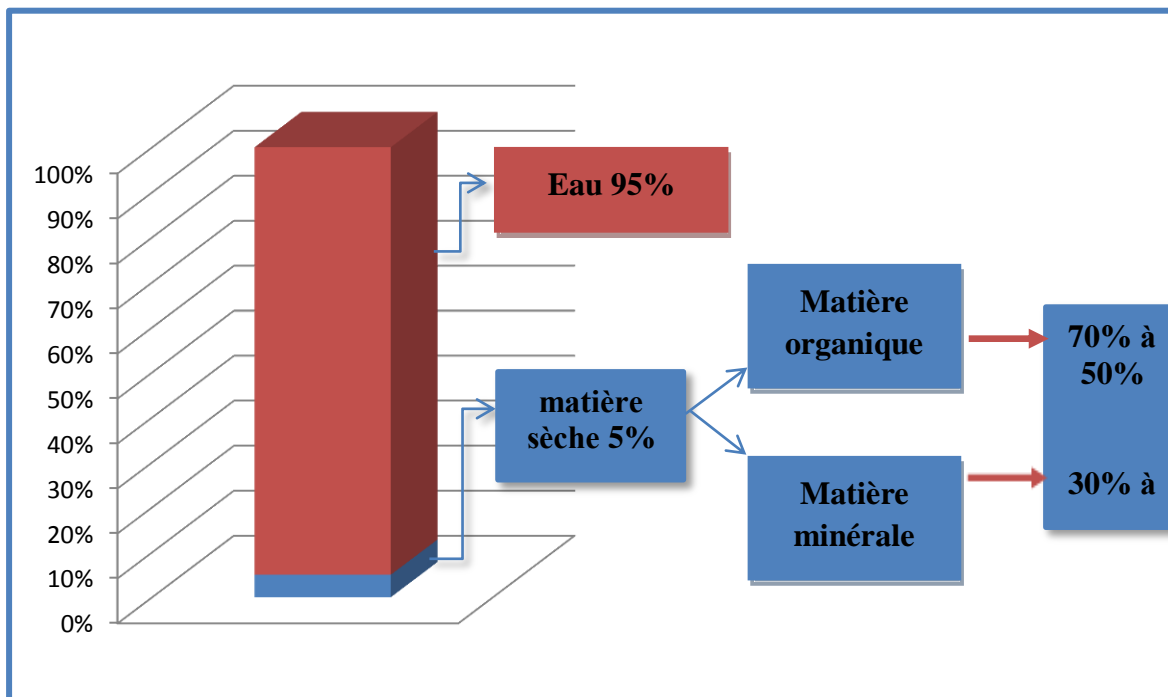


Figure17: Histogramme représentant les fractions de la boue (2).

2.1. Matière organique

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) (**Amir, 2005**).

2.2. Eléments fertilisants et amendements

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésie, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium. Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux (**Amir, 2005**).

2.3. Eléments traces métalliques (ETM)

Les 7 métaux les plus souvent retrouvés sont : Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb(Pb) et Zinc (Zn). Certains de ces éléments occupent une place essentielle à faible concentration dans l'organisme (oligo-éléments), mais deviennent généralement toxiques au-delà d'une certaine concentration (**Anonyme, 2012**).

2.4. Micropolluants organiques

Les substances les plus fréquemment considérées sont les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et les CTO (Composés Traces Organiques). Parmi les CTO présents dans les boues, PCB (Polychlorobiphényles), Fluoranthène, Benzo(b) fluo-ranthène et Benzo(a)pyrène figurent dans l'arrêté du 8 janvier 1998 qui impose leur analyse avant l'épandage. Les boues peuvent également contenir des pesticides, des phtalates, des nitrates, ...etc (**Anonyme, 2012**).

2.5. Micro-organismes pathogènes :

Les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes, etc.) et provient en majorité des excréments humains ou animaux.

La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux sont très largement contaminées. Ainsi, par mesure de précaution, et afin d'éviter de propager la maladie de la vache folle, il est interdit d'utiliser les boues d'épuration provenant des eaux usées des abattoirs ou des équarrissages pour fabriquer de la fumure ou du compost.

D'une façon générale, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture (**Amir, 2005**).

A. Bactéries

On dénombre de très nombreux types de bactéries dans les boues, une partie de celles-ci est d'origine fécale et certaines proviennent de porteurs de germes, elles peuvent donc être pathogènes, composées à 57 % de Gram (-) et 53 % de Gram (+) (**Amir, 2005**).

B. Virus

On trouve des entérovirus, des adénovirus absorbés sur les matières solides des boues dans une proportion non négligeable sur environ 30% des échantillons de boues (**Amir, 2005**).

C. Parasites

On trouve de très nombreux parasites dans les boues d'origine fécale ou tellurique, ce sont les œufs d'ascaris, de trichocéphales, d'helminthes, de *Tenia* et de douve ou des formes en kystes de *Giardia* ou *Trichomonas* (**Amir, 2005**).

D. Champignons

Ce sont essentiellement les levures et les saprophytes normalement présents dans l'air, ils ne sont pas généralement pathogènes pour les animaux et les hommes sauf pour certains qui peuvent devenir lorsque les conditions sont défavorables, par contre certaines moisissures

sont phytopathogènes et doivent être éliminées avant l'utilisation des boues en agriculture comme *Fusarium* (Amir, 2005).

E. Algues

On en trouve peu dans les boues primaires et secondaires par contre dans le lagunage naturel une grande partie des boues est constituée de dérites d'algues (Aouadi et al., 2007).

F. Protozoaires

Des abondances remarquables dans les boues activées où ils jouent un rôle important dans la clarté finale de l'effluent, Curds et Cockburn (1970) ont cité les cinq espèces suivantes comme étant les plus fréquentes : *Chilodonellaunicinata*, *Operculariamicrodiscum*, *Aspidiscacostata*, *Trachelophyllum*, *Carchesiumpolypinum* (Aouadi et al., 2007).

3. Type des boues

Les boues subissent des traitements qui visent à réduire leur teneur en eau, stabiliser les matières organiques ou à les hygiéniser. Les boues d'épuration peuvent être incinérées ou mises en décharge, mais on les utilise traitées principalement pour l'agriculture au même titre que de l'engrais ou du lisier de cochon ou de vache. ce sont les seuls sous-produits qui peuvent être réutilisés pour l'agriculture, mais il faut encore qu'elles répondent à certaines règles de qualité ce qui peut être dur à gérer car la qualité des eaux usées est liée à la qualité des boues d'épuration produites (Aouadi et al., 2007).

3.1. Classification Selon l'origine

Une station d'épuration peut produire à l'origine trois grandes catégories des boues :

3.1.1. Boues de traitement primaire

Elles sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées. 70% des MES peuvent ainsi être retenues, avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer (Canler et Perret, 2013).

3.1.2. Boues de traitement biologique

La culture bactérienne formée des genres achromobacter, bacillus, pseudomonas, flavobacterium, Escherichia coli et alcaligenes, est maintenue à la fois d'apporter l'oxygène nécessaire à l'épuration et de brasser les eaux usées, ensuite, les boues sont soit envoyées dans une unité de traitement spécifique, en vue de leur épandage agricole ou de leur élimination, soit réinjectées pour partir dans le bassin d'aération (**Canler et Perret, 2013**).

3.1.3. Boues de traitement physico-chimique

Variante du type précédent, les matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées sont agglomérées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium). 90% des MES peuvent ainsi être captées, séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant (**Canler et Perret, 2013**).

3.1.4. Boues mixtes

Les boues mixtes correspondent au mélange des boues primaires et secondaires voire tertiaires. Leur aptitude à la concentration par rapport aux boues biologiques est améliorée lors d'ajout de boues primaires (**Canler et Perret, 2013**).

3.2. Classification selon l'état physique

3.2.1. Boues liquides

Sont issues de l'épaississement des boues biologiques par voie gravitaire (siccité 2-3%MS) ou mécanique (siccité 5-7%MS). On les trouve dans les petites stations rurales et périurbaines. Elles se stockent, se manipulent et s'épandent comme des lisiers (**Berland et Boutin, 2001**).

3.2.2. Boues pâteuses

Proviennent des boues liquides déshydratées mécaniquement (siccité 16-20%MS). Dans certains cas, elles subissent un conditionnement supplémentaire à la chaux qui accroît la siccité du produit brut (25%MS). Ces boues pâteuses sont produites dans des stations de taille moyenne. Elles sont difficiles à stocker et surtout à épandre avec régularité.

En outre, elles présentent souvent de graves problèmes d'odeurs, sauf dans le cas d'un traitement complémentaire à la chaux (**Berland et Boutin, 2001**).

3.2.3. Boues solides chaulées

Résultent soit de boues pâteuses traitées à la chaux (siccité 30%MS), soit de boues liquides épaissies traitées à la chaux et déshydratées mécaniquement (siccité 40%MS). Elles sont produites par des stations de taille moyenne ou de grande taille.

Les boues solides chaulées se stockent, se manipulent et s'épandent facilement. Par ailleurs, elles présentent beaucoup moins de problèmes d'odeurs que les boues liquides et les boues pâteuses non chaulées (**Berland et Boutin, 2001**).

3.2.4. Boues solides compostées :

Sont issues du mélange de boues pâteuses avec un support ligno-cellulosique structurant (déchets d'espaces verts, copeaux...). Elles représentent encore un faible pourcentage des tonnages produits en France (environ 2%), mais les stations de taille moyenne s'intéressent de plus en plus à cette technologie (Siccité 45%MS).

En effet, les boues solides compostées sont plus faciles à stocker que les boues solides chaulées. Elles s'épandent aussi facilement et sont pratiquement sans odeur (**Berland et Boutin, 2001**).

4. Caractères physiques et chimiques des boues

4.1. Caractéristiques physiques

Les propriétés mécaniques des boues plus ou moins concentrées et, plus précisément, leur consistance.

Un certain nombre de notions sont utilisables a priori pour décrire l'état physique d'une boue lorsqu'on veut en assurer la manutention.

Il s'agit de :

- la liquidité.
- la plasticité (aptitude à la compaction).
- la friabilité.
- l'adhérence.
- le comportement à l'agitation, etc.

Il existe des tests de caractérisation spécifique, permettant de classer une boue déterminée parmi trois états physiques conventionnels : liquide, plastique, solide avec retrait (**Karoune, 2008**).

4.2. Caractéristiques chimiques

Les boues contiennent certains éléments utiles qui favorisent la croissance des plantes (N, P₂O₅, K₂O, Mg) donc elles ont une très grande importance pour l'utilisation agricole.

Elles contiennent, en faible quantité, de nombreux produits qui peuvent être soit toxiques pour les plantes (le bore, par exemple), soit présenter des inconvénients ou même des dangers pour l'homme (**Karoune, 2008**).

La nature des boues produites par une station d'épuration dépend de plusieurs facteurs dont:

- ❖ le type de séparation de boue utilisé.
- ❖ du procédé de traitement qui est en fonction de la taille du système de traitement des effluents.
- de leurs caractéristiques d'origine (**Ait Ayane, 2010**).

5. Filières du traitement des boues

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance.

Les boues résiduaires en excès sont, au moment de leur extraction du système d'épuration des eaux, un produit :

- ✓ Peu concentré donc occupant un grand volume.
- ✓ Fermentescible du fait de la forte teneur en matières organiques.
- ✓ Qu'il est nécessaire d'extraire régulièrement de la plupart des types de stations d'épuration (**Roula, 2005**).

5.1. Epaissement

Les procédés d'épaissement permettent de réduire le volume des boues grâce à l'extraction de leur eau. Ils sont très simples, ils peuvent être utilisés pour les stations des

petites collectivités car ils n'entraînent pas de dépense d'énergie de fonctionnement, et entraînent une réduction importante du volume des boues (**Fig.18**).

L'épaississement vise donc à augmenter la siccité des boues, soit leur teneur en matière sèche, sans modifier le caractère liquide des boues. Ensuite, les boues récoltées peuvent subir ou non différents traitements (stabilisation ou stockage) en vue d'une potentielle valorisation, à des fins d'épandage par exemple (**Cerra et Desagnat, 2014**).

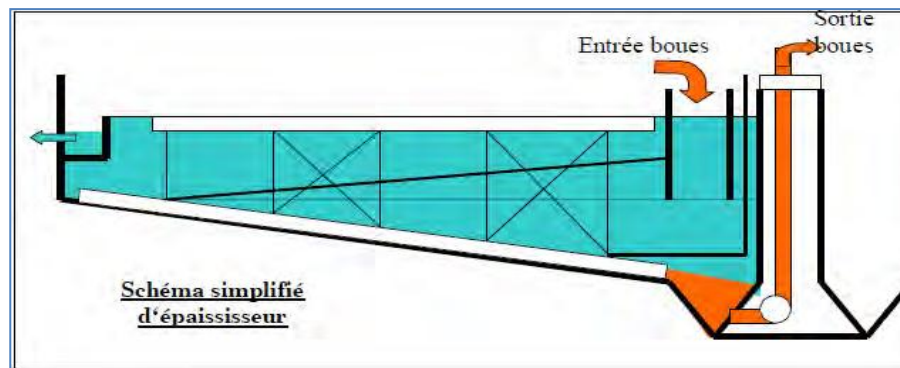


Figure 18 : Schéma simplifié d'un épaisseur (Cerra et Desagnat, 2014).

5.2. Conditionnement

C'est impératif pour rendre l'opération de déshydratation mécanique économiquement réalisable. Ce conditionnement a pour objet de réduire entre autre la stabilité colloïdale des espèces particulières, de favoriser la libération d'eau ou en réduire l'énergie de liaison avec les espèces particulières (**Tab.2**). Dans le cas où le conditionnement n'a pour seul objet que de faciliter la déshydratation des boues (sans stabilisation sanitaire ou biologique), seule la voie chimique est pratiquée.

Ce conditionnement chimique se fait par apport de coagulants minéraux (sels de Fer ou d'Aluminium) et/ou de poly-électrolytes généralement de synthèse. Il se fait conventionnellement dans des cuves où le mélange est parfaitement contrôlé pour favoriser le contact et la restructuration des espèces en suspension. Ce contact peut nécessiter une régulation de pH. Leurs inconvénients sont leur coût et leur devenir dans le cas d'épandage des boues pour des composés qui peuvent présenter une biodégradabilité lente, voire une migration progressive vers les nappes d'eau ou les végétaux (**Cerra et Desagnat, 2014**).

5.3. Déshydratation

La déshydratation qui correspond à une augmentation forte de siccité, modifie l'état physique des boues (**Tab.2**), celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Il existe deux procédés principaux, le procédé filtre bande et le procédé filtre presse (**Fig.19**)

Pour le procédé filtre bande, les boues sont déversées entre deux bandes continues verticales de toiles synthétiques se déroulant entre deux rouleaux presseurs puis acheminées vers une aire de stockage. Pour le deuxième procédé, les boues sont injectées dans des filtres presses (**Cherifi, 2013**).

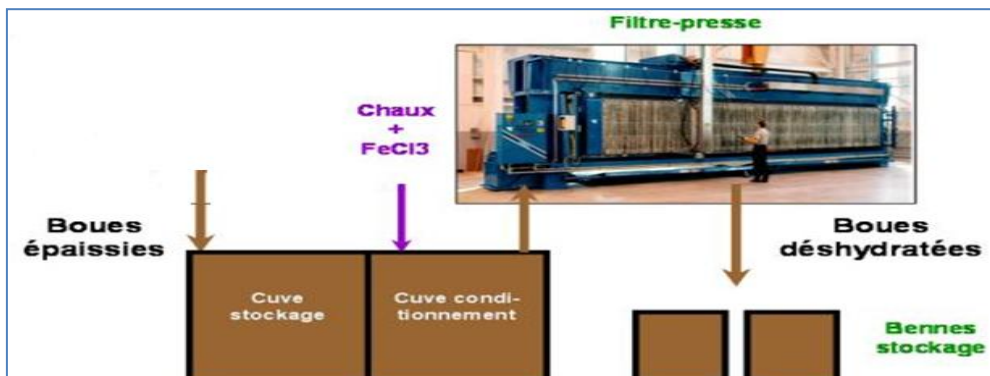


Figure 19 : Mécanisme de la déshydratation (Cerra et Desagnat, 2014).

5.4. Séchage

C'est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elles contiennent ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente (6).

5.4.1. Lits de séchage

Ce procédé consiste à répartir les boues à déshydrater sur une surface drainante (Composée de plusieurs couches de gravier et de sable de granulométries variables), à travers laquelle s'écoule l'eau interstitielle. Ces lits de séchages sont mis sous serre pour tirer partie du phénomène d'évaporation naturelle et l'accélérer par les rayons du soleil (**Fig.20**). On parle alors de séchage solaire. Une autre variante de ce procédé consiste à mettre les lits de séchage sous couvert



Figure20 : Un lit de séchage (Cerra et Desagnat, 2014).

végétal (roseaux), ce qui permet de s'affranchir des conditions climatiques. Ce procédé est appelé lits à macrophytes. En sortie des lits de séchage, les boues sont solides, d'une siccité d'environ 35 à 40 % (6).

Tableau 2 : Les buts de chaque étape du traitement des boues (Roula,2005).

| Opération | But |
|-----------------|--|
| Stabilisation | Limiter les évolutions ultérieures s'accompagnant de nuisance. |
| Conditionnement | Modifier les caractéristiques de la boue afin de faciliter la séparation des phases solides et liquides. |
| Déshydratation | Augmenter la siccité afin de rendre le produit solide ou pâteux. |

5.4.2. Séchage thermique

Le séchage thermique des boues revêt un effet temporaire de stabilisation (par absence d'eau), persistant aussi longtemps que les boues ne sont pas humecté (Fig.20).

L'intérêt du séchage (réduction des volumes, réduction des odeurs, meilleure manutention) est d'élargir l'éventail des solutions pour les boues et d'en faciliter leur utilisation et l'accès aux filières agronomiques (Karoune, 2008).

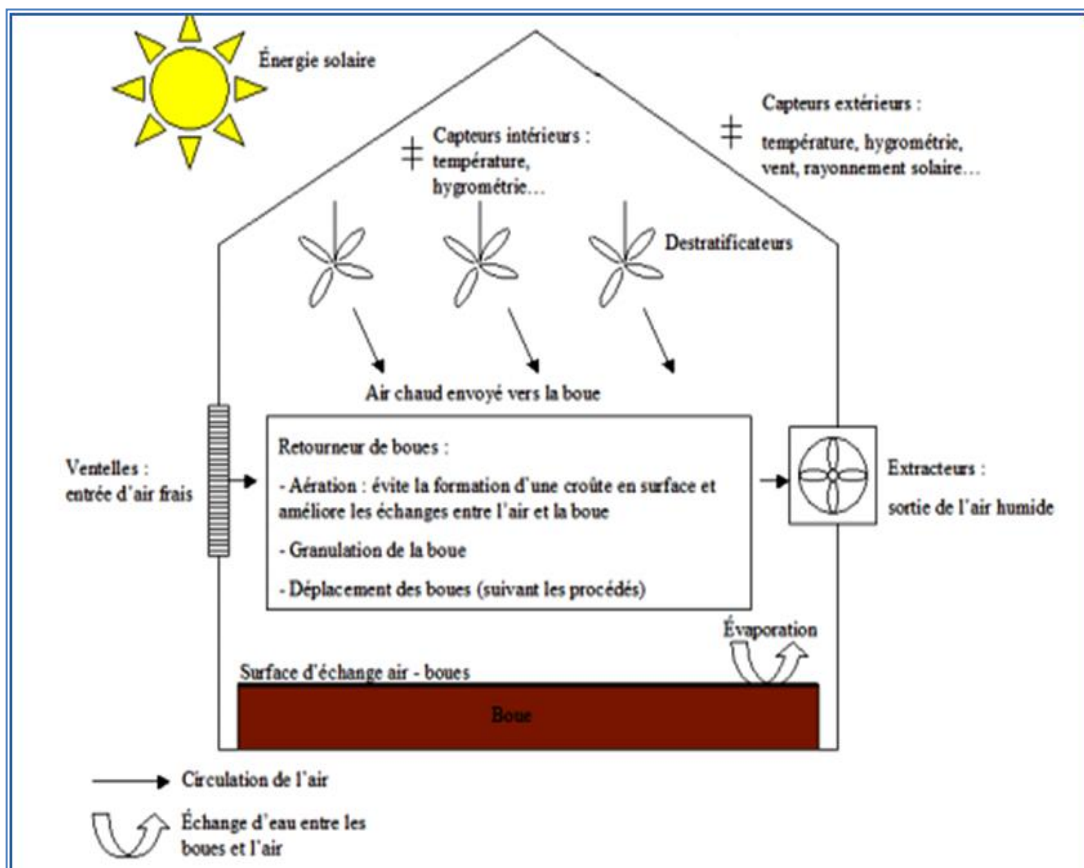


Figure 21 : Schéma du fonctionnement général d'une serre (le séchage thermique) (Guergueb, 2013).

5.5. Stabilisation

Cela consiste à diminuer le caractère fermentescible des boues et ainsi, notamment, de supprimer les mauvaises odeurs. Les traitements de stabilisation des boues s'appliquent aux boues mixtes fraîches ou uniquement aux boues de traitement secondaire des eaux usées. Ils sont de nature biologique, chimique ou thermique (**Tab.2**) (**Karoune, 2008**).

6. Points de rejet (destination)

6.1. Destination finale des eaux usées

Le traitement des eaux usées a pour objectif de diminuer suffisamment la quantité des substances polluantes contenues dans les eaux pour que l'eau finalement rejetée dans le milieu naturel ne le dégrade pas ; et permettre l'usage de l'eau en aval :

- Irrigation des cultures.
- Baignade.
- Refroidissement des machines dans le domaine industriel (**Aouadi et al., 2007**).

6.2. Sous produits issus de l'épuration

- ✓ **Boues** : les boues sont épaissies puis hydratées sur lit de séchage avant leur envoi en décharge(ou autre = utilisation agricole).
- ✓ **Les produits de dégrillage** : les refus de dégrillage sont évacués par un tapis transporteur, ou une vis de convoyage dans une benne a ordure.
- ✓ **Graisses et huiles** : Elles sont stockées dans une fosse à graisse avant enlèvement.
- ✓ **Sables** : Ils sont extraits de l'ouvrage de prétraitement, séparés de leur eau, puis stockés dans une benne relevable (**Beskri et al., 2010**).



Partie II. Etude expérimentale

Matériel

Et

Méthodes

1. Description de la station d'épuration de Guelma

La STEP de la ville de Guelma est située sur la route nationale N°21, pont Héliopolis près d'oued Seybouse.

L'épuration des eaux usées consiste à un prétraitement physique, une décantation primaire, un traitement biologique et une décantation secondaire. Les boues issues du bassin biologique sont récupérées au fond de clarificateur. De là une partie est extraite pour être traitée, puis évacuée, tandis qu'une partie est recerclée.

Sachant que les boues sont utilisées dans l'agriculture, la forte charge de ces boues en contaminants et en polluants peut provoquer de nombreuses maladies notamment chez l'Homme et l'animal (**Bedouh, 2014**).

C'est pour cela nous allons étudier la qualité bactériologique des boues liquides et sèches prélevées de la STEP de Guelma.

Les analyses bactériologiques des boues ont été effectuées au niveau des laboratoires de microbiologie et de biochimie du département de Biologie à l'université 08 Mai 1945 Guelma pendant la période : Janvier- Mai concernant les paramètres suivants : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques, les entérobactéries, les germes totaux, les levures.

2. Prélèvement

Les prélèvements des échantillons des boues en vue d'une analyse microbiologique se fait dans des flacons en verre stérilisés selon un mode de prélèvement précis afin d'éviter toute contamination accidentelle (**Rodier, 2009**).

Nous avons utilisé des flacons en verre borosilicatés de 500 ml préalablement stérilisés à l'aide d'un autoclave à 120°C pendant 20 mn. Les bouchons sont lavés, rincés, séchés et emballés par l'aluminium et stérilisés à l'autoclave. Les échantillons sont ensuite transportés dans une glacière au laboratoire où ils ont été conservés au réfrigérateur entre 0°C et 4°C (**Rodier, 2009**).

2.1. le prélèvement de boues sèches

Il ce fait directement, en utilisant une petite pelle, car ce type de boues est sous forme de pâte dans des récipients cylindriques stériles en verre ou plastique bien fermés (**Rodier, 1996**).

2.2. le prélèvement de boues liquides

Il se fait directement sur la tuyauterie de transfère dans des flacons stériles en verre munies d'un large col et d'un bouchon à vice métallique (**Rodier, 1996**).

3. Analyses bactériologiques

3.1. Recherche et dénombrement des germes révivifiabiles à 37 °C

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des microorganismes revivifiabiles dans les eaux. Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance (après 24h à 37°C) (**Kéleké et al., 2004**).

➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser et des dilutions décimales 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} , porter aseptiquement 1 ml dans trois boites de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage.

Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose (**Lebres, 2002**).

Les boites seront incubées à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 48 heures (**Lebres, 2006**).

❖ Lecture

Les germes révivifiabiles se présentent sous forme des colonies lenticulaires poussant en masse, ne dénombrer que les boites contenant entre 15 et 300 colonies. (**Lebres, 2002**)

Calculer la valeur du nombre N de microorganismes révivifiabiles à $37^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ en tenant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :
$$N = \frac{\sum c}{1.1 \times d}$$

Où :

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

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution (**Rodier et al., 2009**).

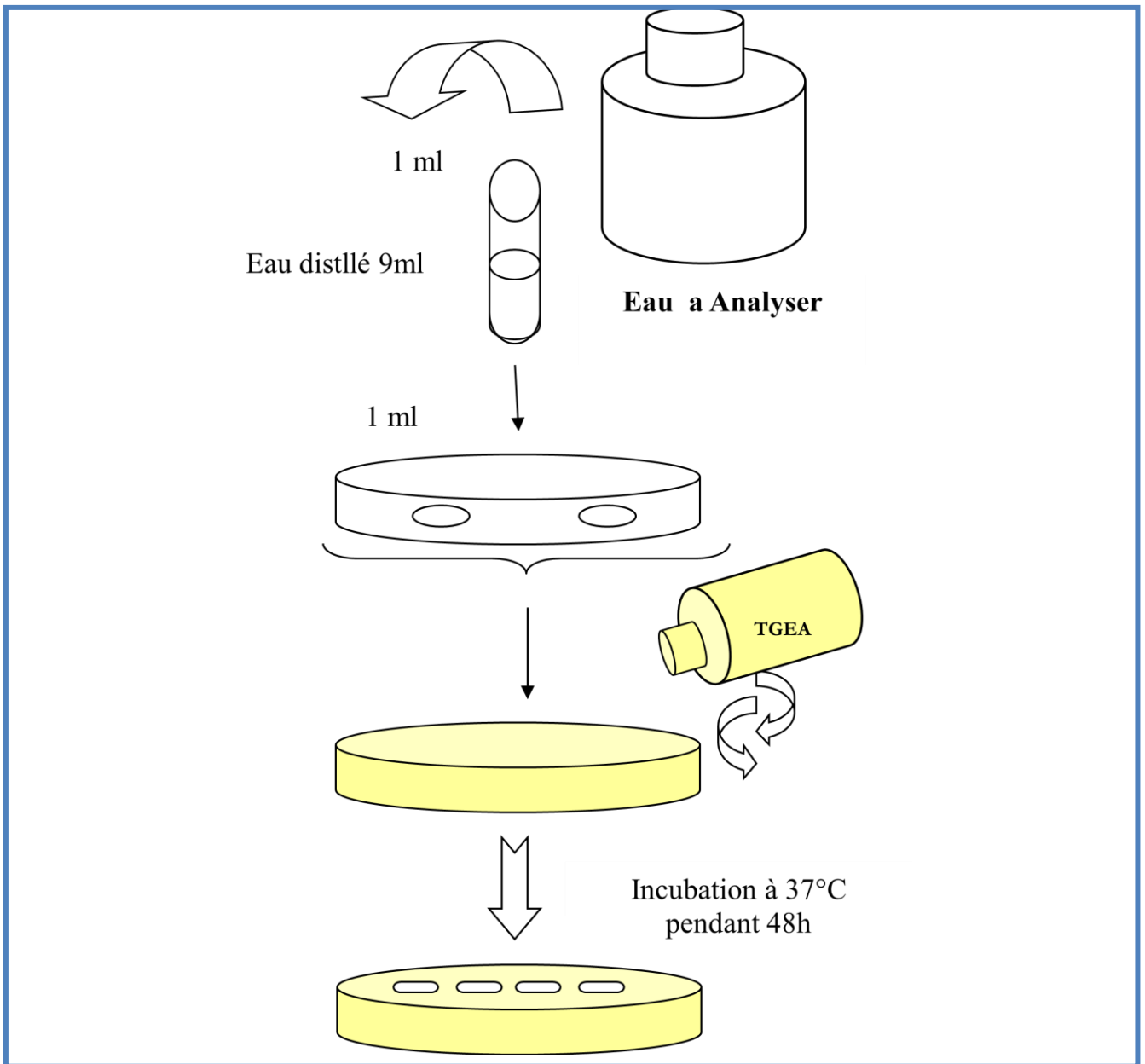


Figure 22 : Recherche des germes totaux (Aouissi, 2010).

3.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

La recherche et le dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale se fait par méthode d'ensemencement sur milieu liquide (NPP) qui consiste à ensemencer nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et/ou des dilutions de celui-ci dans des tubes de milieu de culture. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (**Elarfi et al., 2009**).

3.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

Les coliformes totaux sont des bacilles à Gram(-), non sporulé, oxydase (-), aérobie et anaérobie facultatifs. Ils se multiplient à 37°C pendant 48h.

Ce type de germes peut être recherché et dénombré dans le milieu de culture BCPL (**Tefyeche, 2014**).

Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes thermo-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés que les coliformes totaux après incubation à la température de 44 °C. Ce type de germes peut être recherché et dénombré dans l'eau peptonée exempte d'indole (**Rodier, 2009**).

Afin d'examiner ces 2 types de germes on réalise les 2 tests suivants :

A. Test présomptif

A partir de l'eau testée, on porte aseptiquement :

- 03 fois 10 ml, dans 03 tubes contenant 9ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 03 fois 01 ml, dans 03 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 03 fois 0.1 ml, dans 03 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- **Lecture**

Après 48 Heures d'incubation à 37°C et en absence d'air, seront considérés comme positifs les tubes qui présentent à la fois un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune et un dégagement gazeux se considèrent comme positifs.

Le dénombrement des coliformes se fait selon les prescriptions de la table du NPP (Rejsek, 2002).

B. Test confirmatif

Les tubes de BCPL qui montrent un résultat positif après le test de présomption font l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans des tubes contenant le milieu eau peptonée exempte d'indole l'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures (Rejsek, 2002).

• Lecture

Les tubes qui présentent à la fois un anneau rouge en surface (Témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli*), après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs et un dégagement gazeux se considèrent comme positifs (Fig.22). Le dénombrement s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Rejsek, 2002).

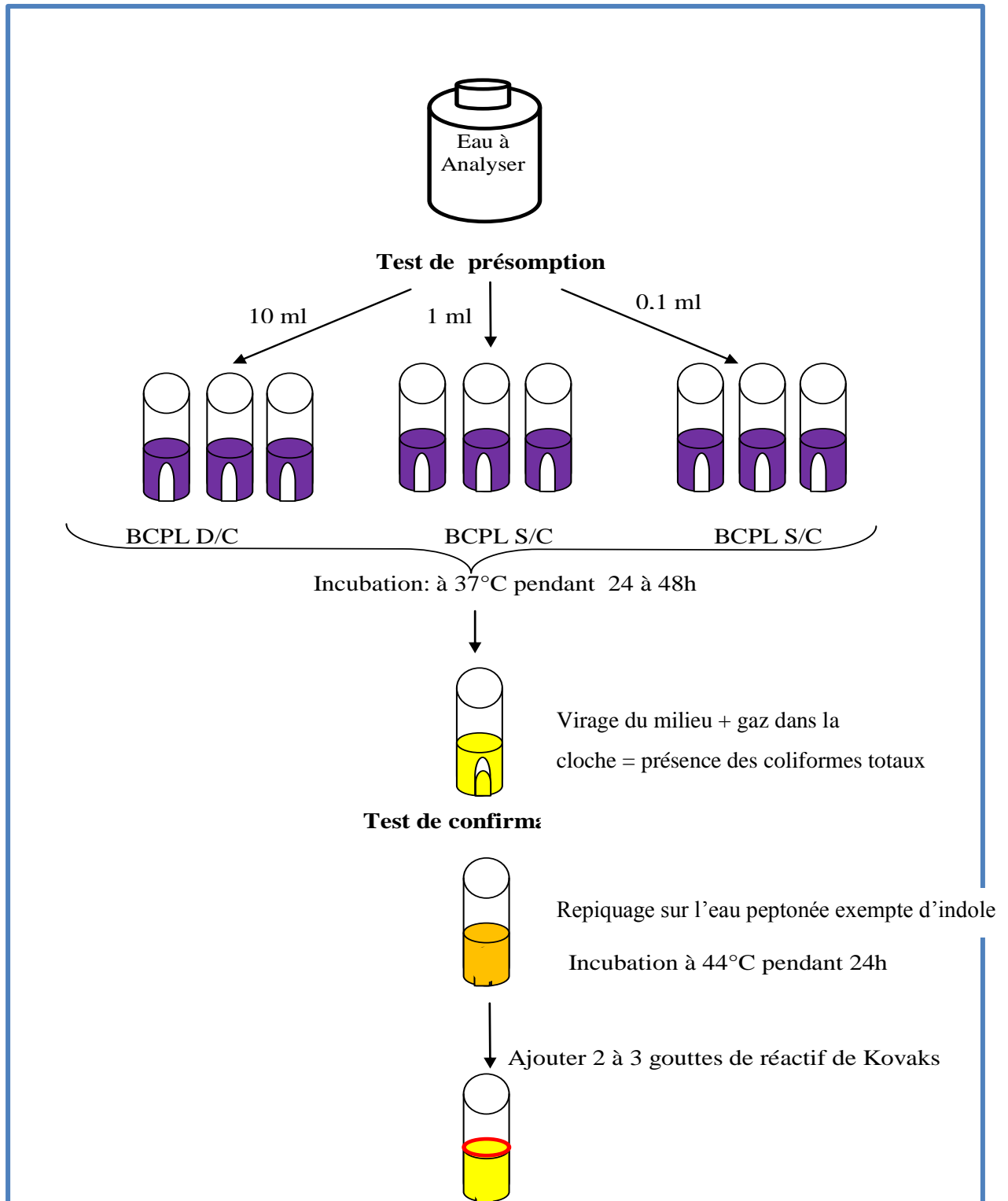


Figure 23 : Recherche et dénombrement des coliformes (Zouaimia et Brahmia, 2013).

3.2.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques du groupe D (possèdent l'antigène du groupe D) sont des coques à Gram (+), catalase(-), immobile, anaérobie facultatif, et non sporulant formant quand ils sont cultivés en milieu liquide des diplocoques et/ou des chainettes (Gillespi, 2006).

On fait 2 tests successivement : un test présomptif en milieu de Rothe, et un test confirmatif en milieu Eva-Litsky. L'incubation dans les 2 tests se fait en 37°C pendant 24 à 48h (Rodier, 2009).

A. Test présomptif

➤ Mode opératoire

- ✓ A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1 ml dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution 10^{-1} .
- ✓ Prélèvement 1ml de tube précédent 10^{-1} et mettre dans le second tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C pour avoir la dilution 10^{-2} .
- ✓ Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3} .
- ✓ Refaire la technique pour les 2 autres séries.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (Rejsek, 2002; Délarras, 2008).

➤ Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs (Fig.24) et la lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Rejsek, 2002; Délarras, 2008).

B. Test confirmatif

➤ Mode opératoire

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe (D) éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans un tube contenant le milieu Eva-Litsky, bien mélangé le milieu et l'inoculum (Rejsek, 2002).

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures (Délarras, 2003).

➤ **Lecture**

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois:

- ✓ Un trouble microbien.
- ✓ Une pastille violette (blanchâtre) au fond de tube (**Fig.24**).

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Lebres, 2006).

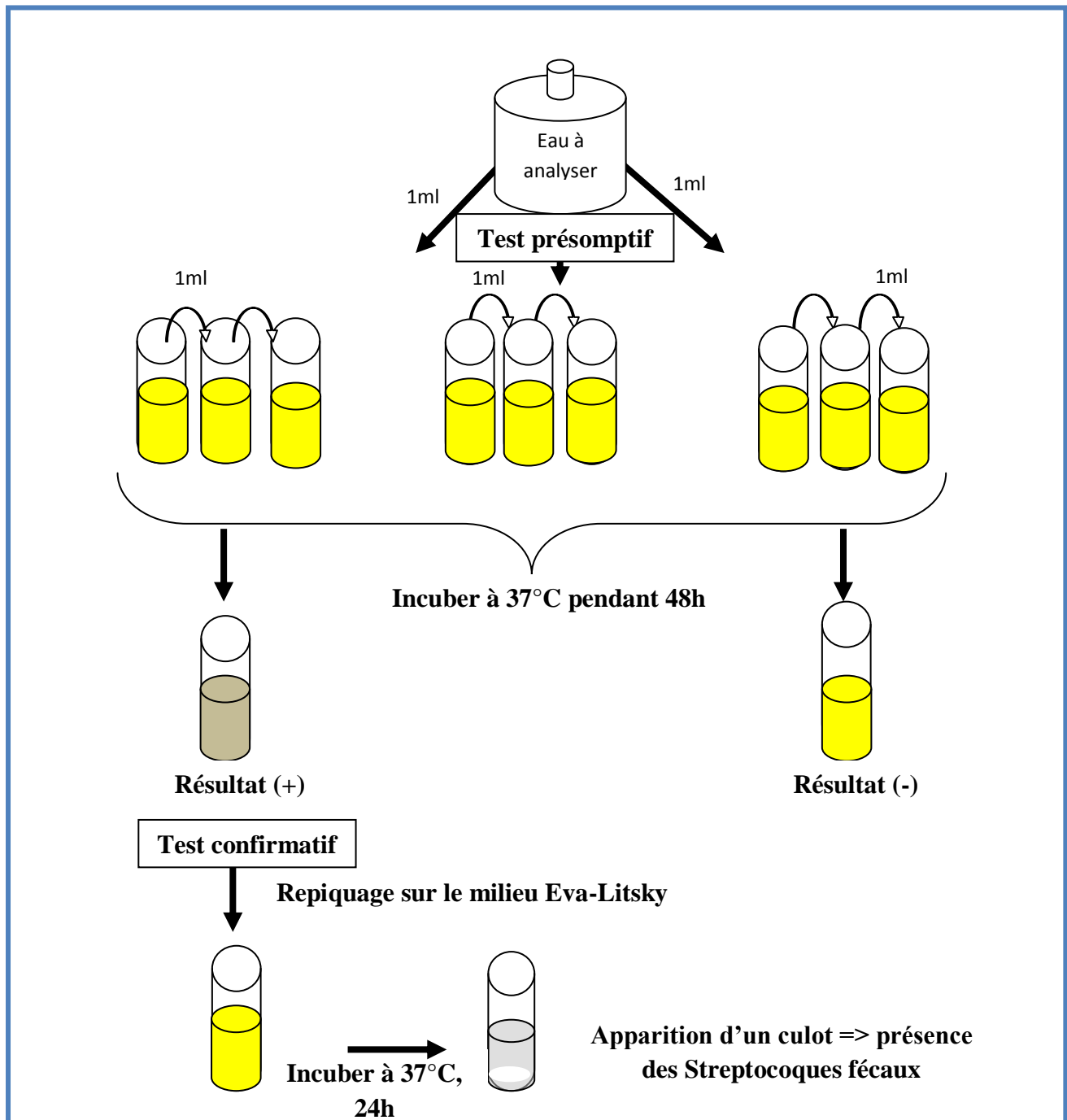


Figure 24 : Recherche et dénombrement des streptocoques (Zouaimia et Brahmia, 2013).

3.2.3. Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs

Cette recherche concerne les bactéries anaérobies strictes, parmi ces bactéries figure le genre *Clostridium* (Rejsek, 2002), il s'agit de bacille Gram (+) presque toujours mobile (Pilet et al., 1987) ; elles ont la possibilité de se transformer sous une forme de spores résistantes aux conditions défavorables. (Rejsek, 2002) ; elles se développent en 24 à 48 heures à une température de $36 \pm 2^\circ\text{C}$ (Lebres et Mouffok, 2008).

Les ASR se développent sur une gélose VF en donnant des colonies typiques de couleur noire en réduisant les sulfites en sulfures, et en présence de Fe^{2+} (ion de fer) donne FeS (Rejsek, 2002).

➤ Mode opératoire

À partir de la solution mère :

- ✓ Prendre environ 20 ml dans un flacon stérile puis le soumettre à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- ✓ Refroidir immédiatement le flacon sous l'eau de robinet.
- ✓ Répartir ensuite le contenu de ce flacon dans 4 tubes stériles, à raison de 5ml par tube.
- ✓ Ajouter environ 20 ml de gélose VF, fondue et additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- ✓ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air.

Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C , pendant 24 à 48 heures (Labres, 2006).

➤ Lecture

- ✓ La lecture se fera après 24 heures et après 48 heures.

Dénombrer toute colonie noire d'environ 0,5 mm de diamètre, poussant en masse (Fig.25) (Rejsek, 2002).

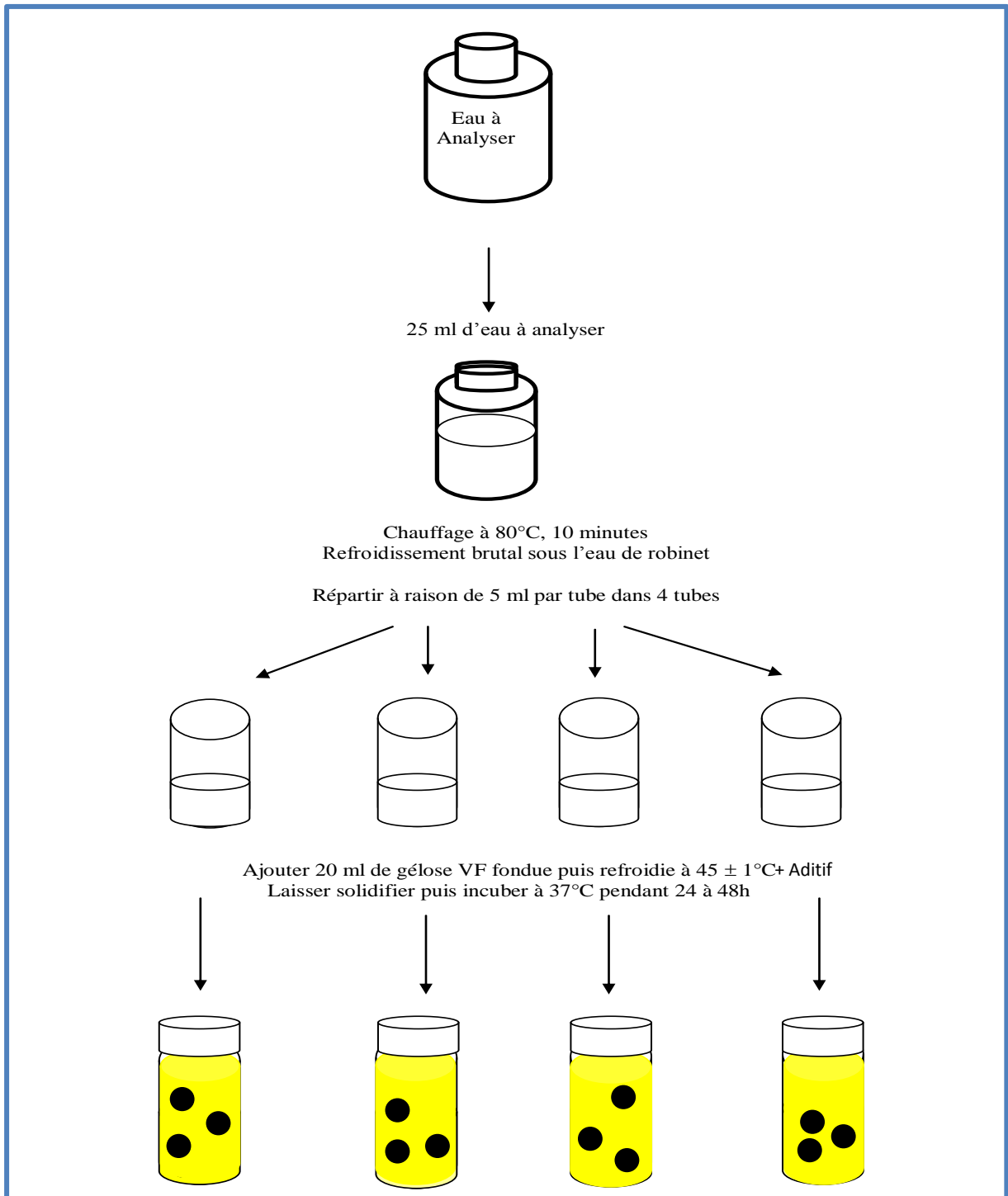


Figure 25 : Recherche et dénombrement des ASR (Bara et al., 2011).

3.3. Recherche et dénombrement des Streptomyces

Les germes du genre *Streptomyces* sont des bactéries aérobies, présentant un groupe de bactéries non mobiles à Gram (+), catalase (+), filamenteuses et productrices des spores (Délarras, 2000).

❖ Mode opératoire

À partir des dilutions décimales (10^{-1} et 10^{-3}), on ensemence 0.2 ml par râteau toute la surface des boîtes de pétri contenant le milieu GELM. Par la suite, les boîtes sont incubées à 30°C pendant une semaine (Fig.26), les colonies développées à la surface seront dénombrées, (Guenifi et Guemihi, 2008).

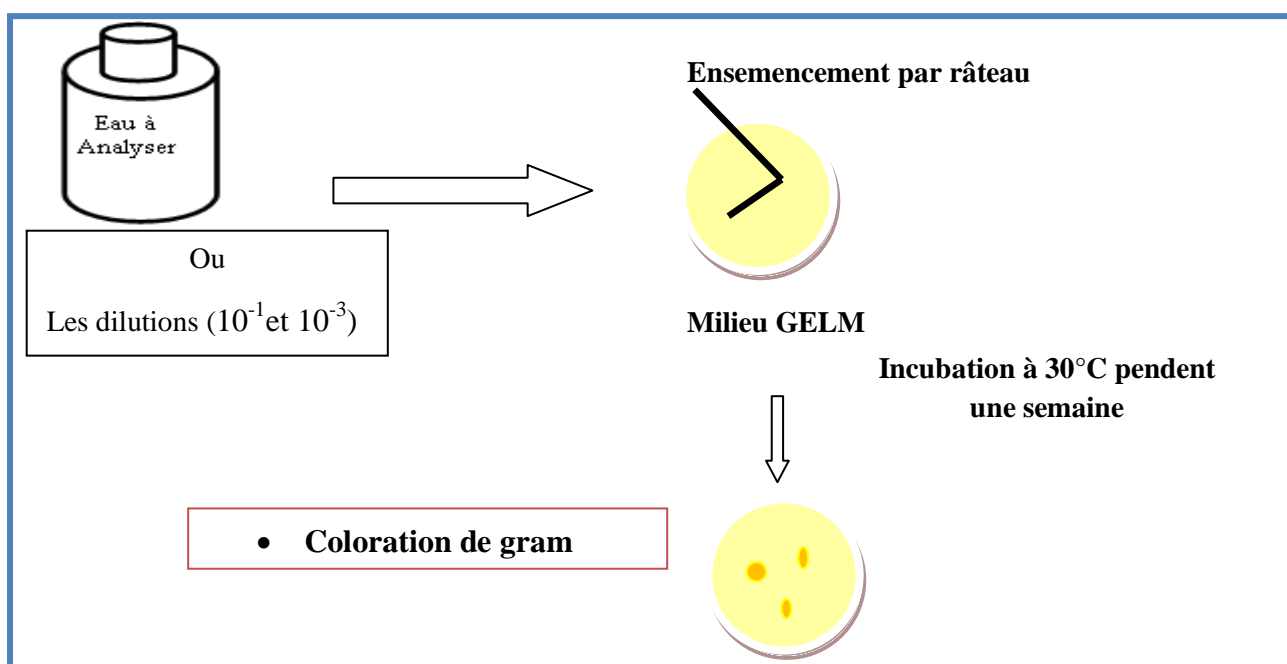


Figure 26 : Recherche des *Streptomyces*.

3.4. Recherche des germes pathogènes

Pour chercher et identifier les bactéries, nous avons utilisé la technique d'ensemencement par râteau sur gélose coulée dans des boîtes de pétri. Les milieux utilisés sont : Hektoen, SS, Chapman, GNAB, Cétrimide et Sabouraud (Bouchaala, 2010).

3.4.1. Recherche et dénombrement du *Pseudomonas*

Un bacille Gram (-), Oxydase (+), Capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide. *Pseudomonas aeruginosa*, est également une bactérie hautement pathogène et résistante à plusieurs antibiotiques.

❖ Isolement

A partir de l'eau à analyser et des dilutions décimales (10^{-1} à 10^{-3}) porter aseptiquement 0.2 ml et l'on étale à la surface de gélose Cétrimide, à l'aide d'un râteau, puis on incube à 36 ± 2 °C pendant 18 à 24 h (**Bouchaala, 2010**).

❖ Identification

➤ Recherche des pigments spécifiques : pyocyanine et pyoverdine

Le milieu King A est destiné à favoriser sélectivement la synthèse de la pyocyanine (pigment élaboré spécifiquement par *Pseudomonas aeruginosa*)

Le milieu King B est destiné à favoriser la synthèse de pigment jaune-vert fluorescent pyoverdine (**Bouchaala, 2010**).

*Mode opératoire

On repique quelques colonies à l'aide d'une anse de platine à partir du milieu Cétrimide pré-ensemencé puis on les ensemence sur chacun de ces 2 milieux (**Pillet et al., 1987**).

Enfin on incube à 37°C pendant 24h à 48h (**Pillet et al., 1987**).

*Lecture

- ✓ Couleur bleue fluorescente sur le milieu King A : présence de pyocyanine.
- ✓ Couleur jaune-vert fluorescente sur le milieu King B : présence de pyoverdine.

➤ Test Citrate de Simmons

Ce test permet de vérifier si la bactérie testée est capable d'utiliser le Citrate comme seule source de carbone.

Le milieu utilisé est le milieu Citrate de Simmons qui est sous forme d'un tube semi-incliné (**Bazine et Bourenane, 2011**).

***Mode opératoire**

- ✓ Ensemencer la pente par une strie longitudinale, réalisée par l'anse, à partir d'une suspension de la culture solide en eau distillée stérile.
- ✓ Incuber à 37°C pendant 24h (**Delarras, 2000**).

***Lecture**

- ✓ Virage de l'indicateur du pH au bleu : il y a eu alcalinisation du milieu et la souche est Citrate de Simmons (+).
- ✓ Pas de virage de l'indicateur du pH: pas d'alcalinisation du milieu et la souche ne pousse pas, donc elle est Citrate de Simmons (-) (**Delarras, 2000**).

3.4.2. Recherche des staphylocoques

Ce sont des coques (cocci) à Gram(+), groupés en amas, immobiles, non sporulés, catalase (+) et oxydase(-) (**Delarras, 2000**).

Ce type de germes peut être recherché et dénombré dans le milieu de culture Chapman.

➤ Mode opératoire

À partir de la solution mère et des dilutions décimales (10^{-1} à 10^{-3}), on ensemence 0.2 ml par râteau toute la surface des boîtes de pétri contenant le milieu Chapman. Par la suite, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24h, les colonies développées à la surface seront dénombrées (**Rodier, 2009**).

➤ Lecture

- Si le milieu reste rouge, les colonies sont mannitol (-) car elles ne fermentent pas le mannitol, légère alcalinisation du milieu par l'utilisation de peptones dans leur métabolisme énergétique.
- Si le milieu devient jaune, les colonies sont mannitol (+) car elles fermentent le mannitol dans leur métabolisme énergétique avec acidification du milieu (**Fig.27**).

Les colonies suspectes sont confirmées par :

- ✓ Un examen microscopique après coloration de Gram.

- ✓ Un test au mannitol mobilité.
- ✓ Un test à la catalase (Aberkane et al., 2011).

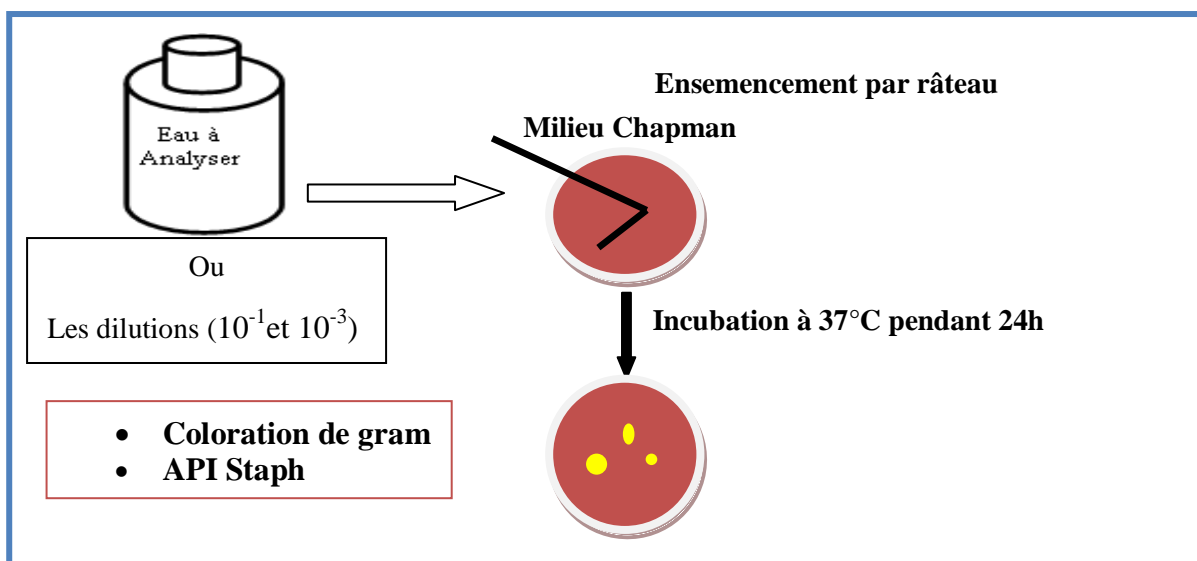


Figure 27 : Recherche des Staphylocoques.

3.4.3. Recherche des entérobactéries

A. Les salmonelles

Ce sont des bacilles à Gram (-), non sporulés, le plus souvent mobiles, elles fermentent le Glucose avec ou sans production de gaz et réduisent les nitrates en nitrites, elles sont oxydases (-), catalases (+) et aérobie-anaérobie facultative (Souana, 2011).

Parmi les entérobactéries on a choisis les Salmonelles pour les étudier. Ces dernières se présentent sous forme de bacilles à Gram (-), lactose(-), qui fermentent le glucose avec production de gaz et de H₂O (Aberkane et al., 2011).

Ce type de germes peut être recherché et dénombré dans le milieu de culture Hektoen, SS ou Mac-conkey.

❖ Mode opératoire

➤ Premier jour : Enrichissement

Introduire 1ml de l'échantillon de l'eau à analyser dans 10ml de SFB puis incuber à 37°C (Navoun, 2005).

✓ Deuxième jour : Isolement et identification

Trois géloses sélectives ont été utilisées : les géloses SS, Hektoen et Mac-conkey qui sont ensemencées par technique d'étalement en surface à raison de 0,2 ml puis incubées à 37°C (Navoun, 2005).

➤ Lecture

Après 24 heures, des salmonelles se présentent sous forme des colonies incolores à centre noir (H₂S positif) sur SS et colonies verdâtre ou bleuâtres à centre noir sur Hektoen (Fig.28) (Navoun, 2005).

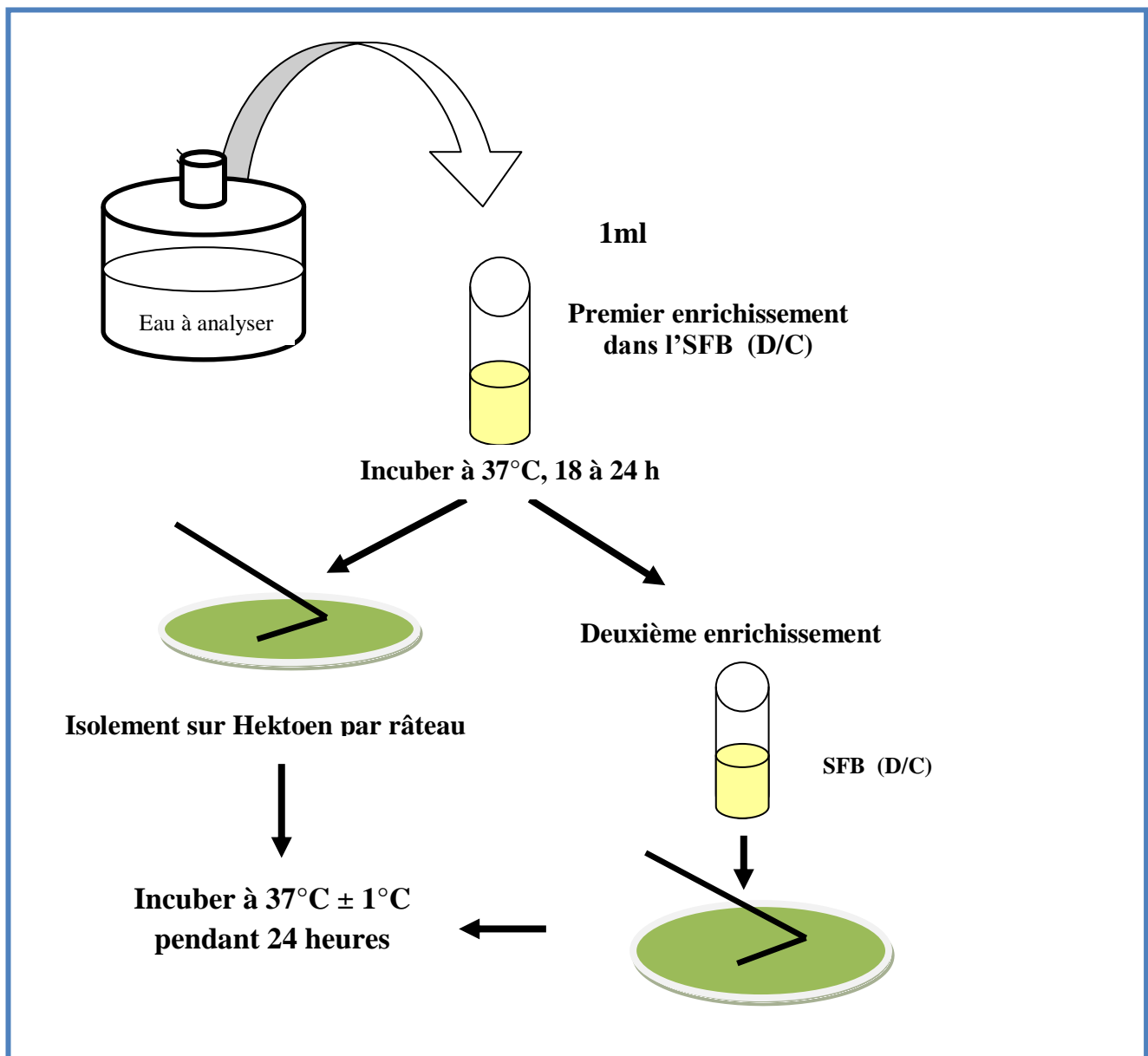


Figure 28 : Recherche des Salmonelles.

B. Les Shigelles

Les *Shigella* sont des entérobactéries immobiles à Gram (-) ne fermentent pas le lactose, elles n'ont pas d'uréase et ne produisent pas du gaz. Elles sont un parasite de l'homme (Rodier, 2009).

➤ Mode opératoire

À partir des dilutions décimales (10^{-1} et 10^{-3}), on ensemence 0.2 ml par râteau toute la surface des boîtes de pétri contenant le milieu SS. Par la suite, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24h (Fig.29) (Rodier, 2009).

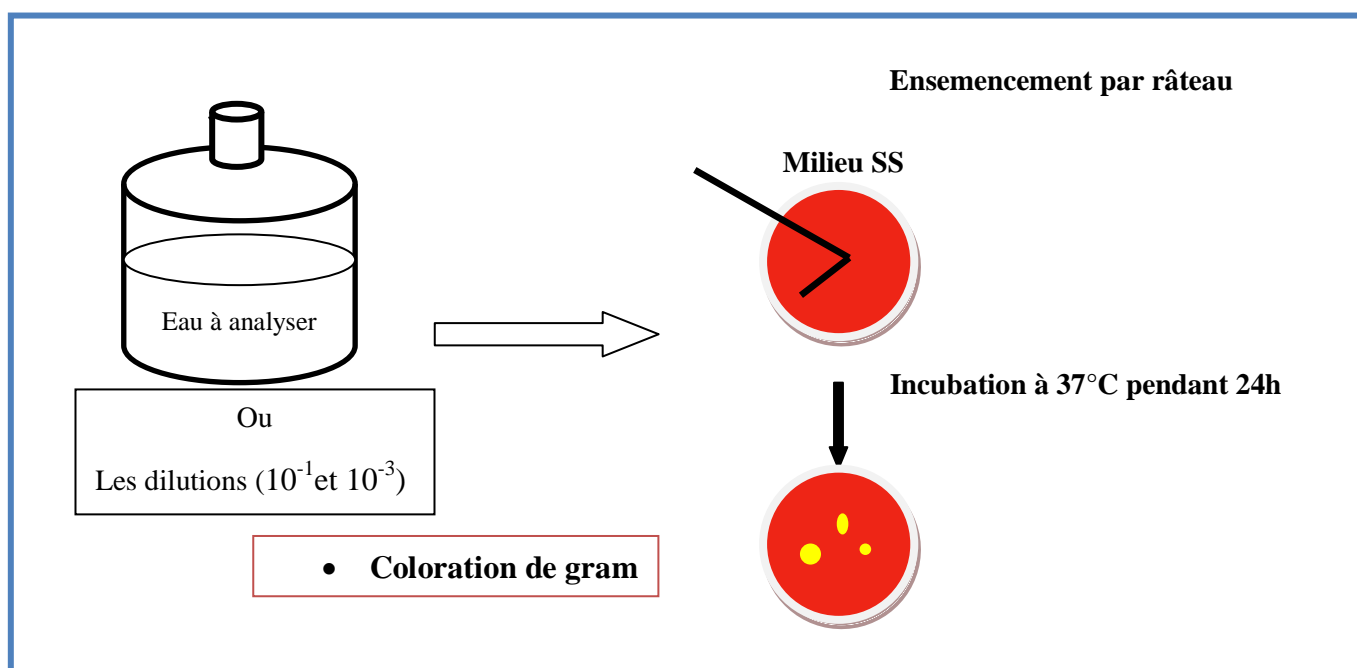


Figure 29 : Recherche des Shigelles (Zouaimia et Brahmia, 2013).

3.4.4. Recherche des Vibriion

Les *Vibrionaceae* présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d' H_2S (Bazine et Bourenane, 2011).

➤ **Mode opératoire**

C. Premier jour : Enrichissement primaire

L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu eau peptonée alcaline (EPA) en mettant une quantité d'eau à analyser dans un tube d'EPA. Ce dernier sera par la suite incubé à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 4 heures (**Lebres et al., 2008**).

D. Deuxième jour : enrichissement secondaire et Isolement

Après incubation, le tube constituant l'enrichissement primaire fera l'objet :

- D'un isolement sur gélose GNAB, l'incubation se fait à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 4 heures. D'un deuxième enrichissement en transmettant quelques gouttes de la surface dans un nouveau tube d'EPA (**Delarras, 2000**).
- D'autre part la boîte de gélose GNAB subira une lecture après 24 heures (**Fig.30**) en tenant compte de fait que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques (**Lebres, 2008**).

E. Identification

- ✓ Coloration de Gram (bacilles Gram -).
- ✓ oxydase (+).
- ✓ Identification par l'API 20 NE (**Délarras, 2000**)

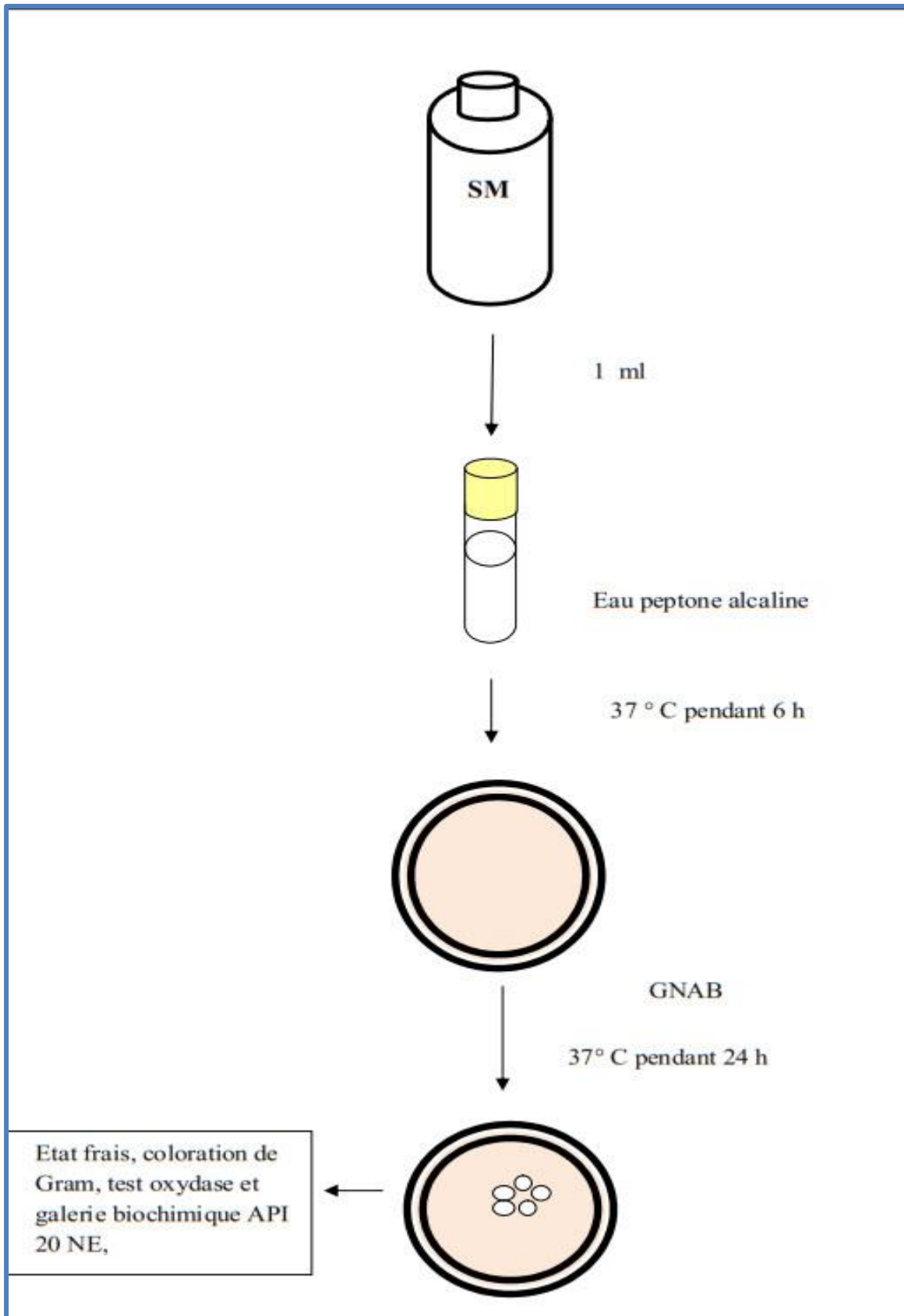


Figure 30 : Recherche des Vibrions (Aouissi , 2010).

3.4.5. Recherche des levures (*Candida albicans*)

L'isolement des levures peut être pratiqué sur le milieu Sabouraud qui constitue un milieu classique pour la culture et rendu sélectif par addition de chloramphénicol ou de gentamicine (Abessa et Tabet, 2014).

➤ Mode opératoire

Ensemencer 0.2 ml de la solution mère et des dilutions décimales (10^{-1} à 10^{-3}), à la surface du milieu Sabouraud. Incuber à 30°C pendant une semaine (Abessa et Tabet, 2014).

➤ Lecture

La lecture se fait après une semaine (Fig.31). Les colonies *Candida albicans* apparaissent bombées, crémeuses et blanchâtres. Elles sont lisses et peuvent se plisser en vieillissant (Abessa et Tabet, 2014).

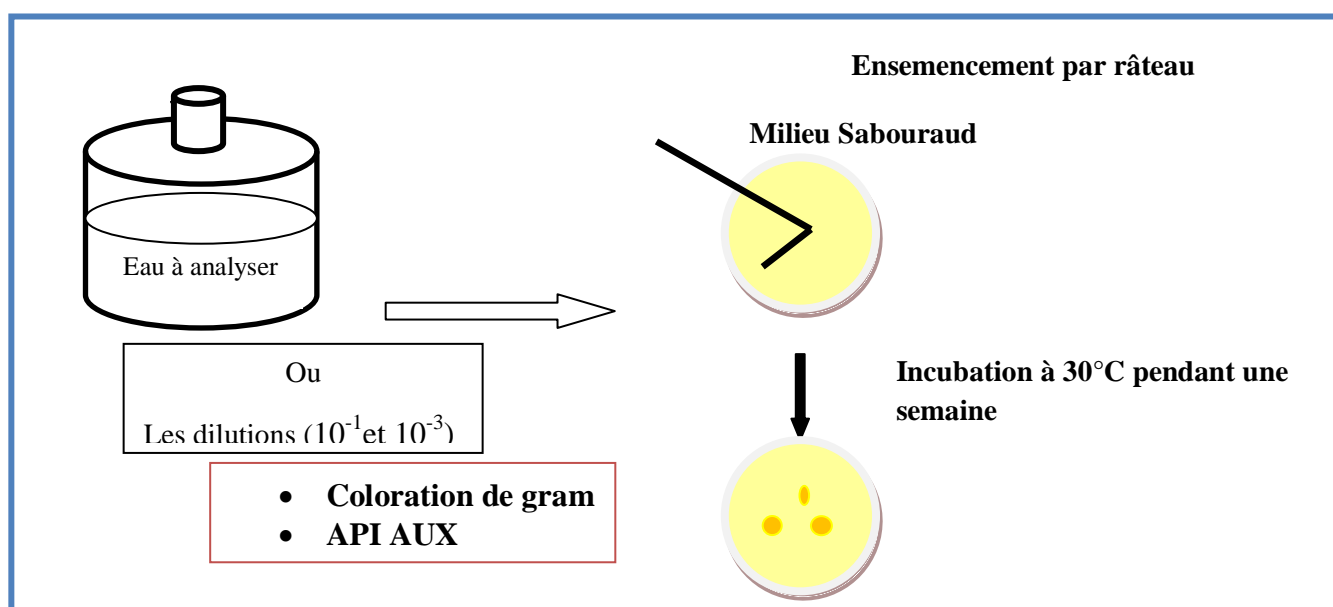


Figure 31 : Recherche des *Candida albicans* (Aouissi, 2010).

4. Identification des bactéries isolées

4.1. Examen macroscopique des caractères cultureux

L'aspect des colonies dépend du milieu, de la durée et la température d'incubation. Il ne pourra être décrit convenablement qu'à partir des colonies bien isolées.

La description des colonies doit mentionner plusieurs éléments :

- La taille.
- La forme : bombée, plate, ombiliquée, à centre surélevé.
- L'aspect de la surface : lisse, rugueux.
- L'opacité : opaque, translucide, transparent.
- La consistance : grasse, crémeuse, sèche, muqueuse.
- Pigmentation (**Delarras, 2003**).

4.2. Examen microscopique après coloration de Gram

✓ Les étapes de coloration de Gram

- À partir de la culture à étudier préparer un frottis.
- Réaliser une coloration simple au violet de Gentiane, laisser agir pendant 1 minute. Ajouter le Lugol et laisser agir pendant 1 minute.
- Laver à l'eau puis à l'alcool.
- Recolorer avec la Fuchsine, laissé agir pendant 30 secondes (**Delarras, 2003**).

✓ Lecture

Observer au microscope :

- Les bactéries Gram(-) sont roses.
- Les bactéries Gram(+) sont de coloration violette (**Delarras, 2003**).

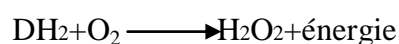
4.3. Examen lié aux caractères biochimiques

❖ Test d'oxydase

➤ Principe

L'oxydase est une enzyme catalysant une réaction d'oxydo-réduction impliquant une molécule de dioxygène (O₂) comme accepteur d'électron. Dans ces réactions, l'oxygène est réduit en eau (H₂O) ou en peroxyde d'hydrogène (H₂O₂).

Une bactérie possède l'enzyme respiratoire, appelée le cytochrome oxydase (dernière enzyme de la chaîne respiratoire, alors elle peut faire la réaction suivante :



➤ Technique

La technique consiste à utiliser des disques (OX) commercialisés par l'institut Pasteur, ces disques sont imprégnés de l'oxalate de diméthyle paraphénylène diamine, ce composé est oxydé par le système cytochrome C des bactéries dites positive en un composé violet. En pratique, le disque est imbibé avec une ou deux gouttes d'eau distillée stérile et une parcelle de culture prélevée à l'aide d'une anse de platine est alors étalée sur ce disque (Mechai, 2009).

➤ Lecture

La présence d'oxydase se manifeste alors par le développement d'une coloration violette (Fig.32) (Mechai, 2009).

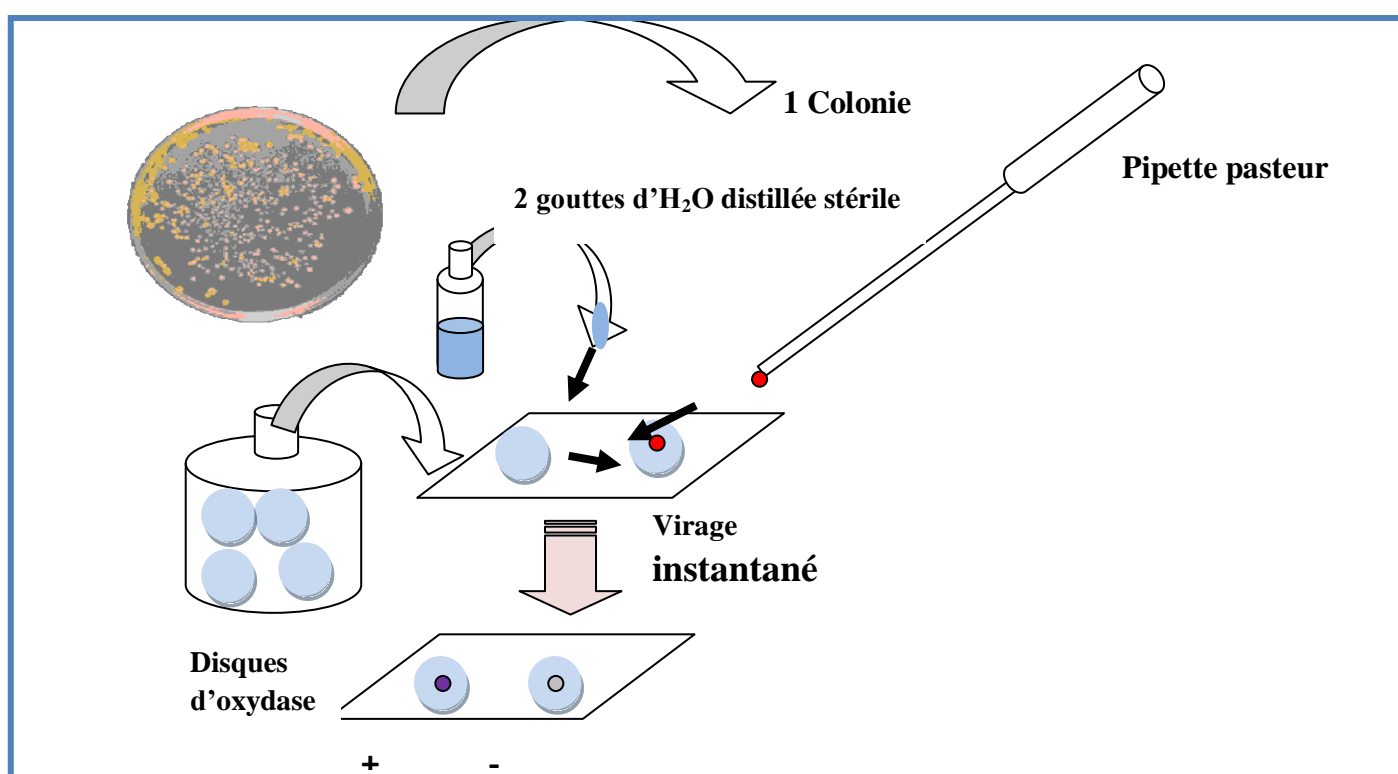
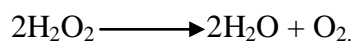


Figure 32 : Test d'oxydase (Laamaa, 2009).

❖ Test catalase

➤ Principe

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes et anaérobies facultatives. La catalase permet la dégradation de l' H_2O_2 oxygénée en eau et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante :



➤ Technique

La technique consiste à déposer une colonie de la culture à tester sur une goutte d'eau oxygénée (Delarras, 2003).

➤ Lecture

Si les bactéries examinées possèdent une catalase, on observe un dégagement immédiat de bulles gazeuses. Si un dégagement de bulles de gaz (oxygène) apparaît, le test est dit positif (Fig.33) (Delarras, 2003).

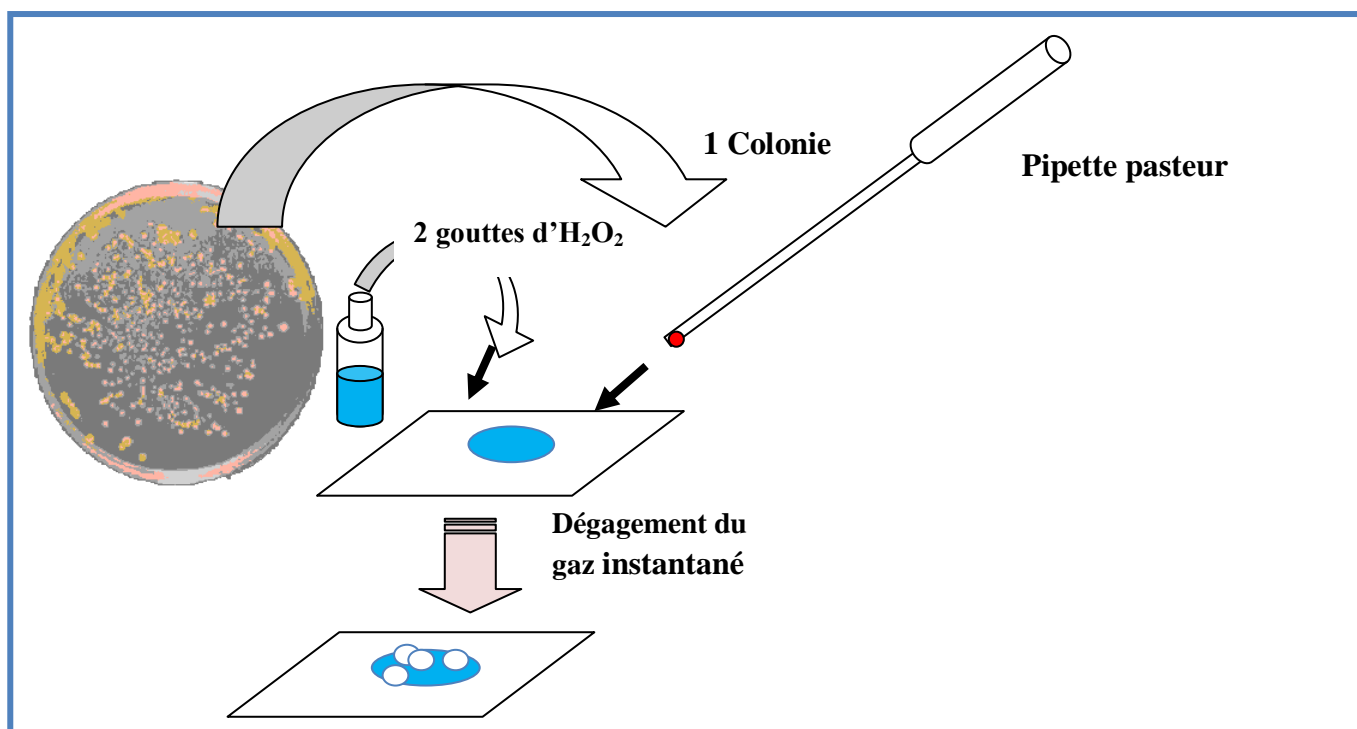


Figure 33 : Test catalase (Laamaa, 2009).

❖ Test Mannitol mobilité

➤ Principe

L'étude de la dégradation du mannitol et l'appréciation de la mobilité sont réalisés sur le milieu Mannitol-mobilité qui est un milieu semi solide (**Delarras, 2003**).

➤ Techniques

- Ensemencer le milieu par pique centrale à l'aide du fil droit de l'anse de platine qui doit être trop chargé par la suspension bactérienne préparée préalablement.
- Incuber à 37°C pendant 24h (**Guiraud, 1998**).

➤ Lecture

- Fermentation du Mannitol :
 - ✓ Virage de la couleur du milieu de rouge au jaune : test Mannitol (+).
 - ✓ Pas de la couleur du milieu : test Mannitol (-).
- La mobilité : se traduit par un envahissement plus ou moins grand à partir de la pique centrale (**Guiraud, 1998**).

❖ La Galerie API 20E

➤ Principe

La galerie API 20E est un système pour l'identification des Entérobactéries et autres bacilles Gram négatifs, utilisant 20 tests biochimiques standardisés et miniaturisés, ainsi qu'une base de données.

La galerie API 20E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats sous forme déshydratée. Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs (**Delarras, 2000**).

➤ Mode opératoire : L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- Remplir les tubes et les cupules des tests : |CIT|, |VP|, |GEL|, avec la suspension bactérienne.
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.

- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H₂S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine (**Fig.34**).
- incuber à 37 °C pendant 18-24 heures (**Delarras, 2000**).

➤ Lecture

Noter sur la fiche de résultat toutes réactions spontanées et révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs.

- Test VP : ajouter une goutte de réactifs VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive.
- Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA. Une couleur marron foncée indique une réaction positive.
- Test IND : ajouter une goutte de réactif de kovacks. Un anneau rouge obtenu en 2minutes indique une réaction positive.

La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20E (**Delarras, 2000**).

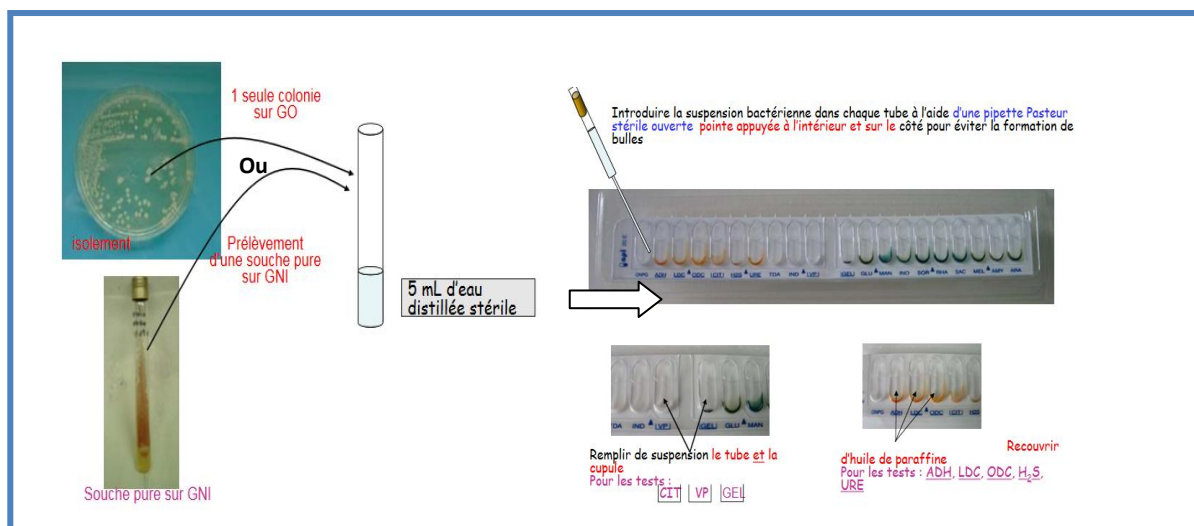


Figure 34 : Réalisation d'un API système 20E (Aouissi, 2010).

❖ La galerie API 20 NE

➤ Principe

C'est un système standardisé pour l'identification des bacilles à Gram négatif non entérobactéries et non fastidieux (exp : *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Vibrio*, *Aeromonas*.....etc).

La galerie API 20 NE comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Les tests conventionnels sont inoculés avec une suspension bactérienne saline qui reconstitue les milieux (Aouissi, 2010).

➤ Mode opératoire : L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

✓ Préparation de la galerie

- Inscrire la référence de la souche sur languette latérale du biote.
- Réunir fond et couvercle du biote d'incubation et répartir environ 5ml d'eau distillée pour créer une atmosphère humide.
- Sortir la galerie de son emballage individuel et la placer dans la boîte d'incubation (Aouissi, 2010).

✓ Préparation de l'inoculum

- À partir d'une culture jeune (18-24h), on réalise une suspension bactérienne dans l'eau distillée stérile.
- Mettre 0.2 ml de suspension bactérienne à l'aide d'une pipette dans l'API medium (Aouissi, 2010).

✓ L'inoculation de la galerie

- Remplir les tubes (et non les cupules) des tests NO₃ à PNPG.
- Les tests GLU, ADH, URE vont être complété avec l'huile de vaseline.
- Remplir les tubes et les cupules des tests de |GLU|à |PAC|.
- La boîte d'incubation est refermer et incuber à 37°C pendant 24h pour une première lecture et 48h pour une deuxième lecture (Aouissi, 2010).

➤ **Lecture et interprétation**

- * Les résultats doivent être notés sur la fiche de résultat.
- * La lecture se fait à l'aide d'un tableau de lecture et d'un logiciel d'identification (**Aouissi, 2010**).

❖ **La galerie API Staph**

➤ **Principe**

La galerie API Staph comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Les tests conventionnels sont inoculés avec une suspension bactérienne saline qui reconstitue les milieux (**Aouissi, 2010**).

➤ **Mode opératoire :** L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

✓ **préparation de la galerie**

- Inscrire la référence de la souche sur languette latérale du biote.
- Réunir fond et couvercle du biote d'incubation et répartir environ 5ml d'eau distillée pour créer une atmosphère humide.
- Sortir la galerie de son emballage individuel et la placer dans la boîte d'incubation (**Aouissi, 2010**).

✓ **Préparation de l'inoculum**

A l'aide d'une anse de platine on prélève 2 ou 3 colonies et les ensemence dans l'ampoule d'Api staph medium (**Aouissi, 2010**).

✓ **L'inoculation de la galerie**

- A l'aide d'une pipette remplir les tubes de la galerie avec API Staph Mediumensemencé des tests NO₃ à PNPG. Ne remplir que les tubes et non les cupules, sans dépasser le niveau du tube.
- Les tests ADH, URE vont être complété avec l'huile de vaseline.
- Renfermer la boîte d'incubation puis incubé à 37°C pendant 24 heures (**Aouissi, 2010**).

➤ **Lecture et interprétation**

*Les résultats doivent être notés sur la fiche de résultat.

*La lecture se fait à l'aide d'un tableau de lecture et d'un logiciel d'identification (**Aouissi, 2010**).

❖ **La galerie API C AUX**

➤ **Principe**

La galerie API C AUX comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Les tests conventionnels sont inoculés avec une suspension bactérienne saline qui reconstitue les milieux (**Aouissi, 2010**).

➤ **Mode opératoire** : L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

✓ **Préparation de la galerie**

- Inscrire la référence de la souche sur languette latérale du biote.
- Réunir fond et couvercle du biote d'incubation et répartir environ 5ml d'eau distillée pour créer une atmosphère humide.
- Sortir la galerie de son emballage individuel et la placer dans la boîte d'incubation (**Aouissi, 2010**).

✓ **Préparation de l'inoculum**

A l'aide d'une anse de platine on prélève 2 ou 3 colonies et les ensemence dans l'ampoule d'Api AUX medium (**Aouissi, 2010**).

✓ **L'inoculation de la galerie**

- A l'aide d'une pipette remplir tous les tubes de la galerie avec API AUX Mediumensemencé
- Renfermer la boîte d'incubation puis incubé à 29°C pendant 48 heures (**Aouissi, 2010**).

➤ **Lecture et interprétation**

* Les résultats doivent être notés sur la fiche de résultat.

* La lecture se fait à l'aide d'une comparaison par rapport au témoin **0** (présence de trouble= résultat + / absence de trouble= résultat -) et d'un logiciel d'identification (**Aouissi, 2010**).

Résultats

Et

Discussion

1. Analyses bactériologiques

Ce travail comporte d'une part une analyse quantitative qui comporte le dénombrement des germes, et d'autre part une analyse qualitative qui consiste à rechercher tous les germes présents.

Les analyses bactériologiques des boues de la STEP de Guelma ont montrés une grande variation des concentrations de bactéries. Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans le tableau 3 et dans les différents histogrammes suivis d'une interprétation.

Tableau 3 : Résultats des analyses bactériologiques des boues étudiées.

| Type de germes | Boues liquides | Boues solide (6mois) | Boues solide (1 an) | Boues solide (2 ans) |
|------------------------------------|------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Germes totaux (UFC/l) | 2843,5 | 290,91 | 520,91 | 504,18 |
| Coliformes totaux (CT/l) | 4600 | 11000 | 2100 | 11000 |
| Coliformes fécaux (CF/l) | 2400 | 11000 | 4600 | 1200 |
| Streptocoques fécaux (SF/l) | 15×10^5 | 45×10^6 | 11×10^6 | 14×10^7 |
| ASR (UFC/l) | 3631 | 1019 | 1474 | 1379 |
| Streptomyces (UFC/l) | 389,09 | 399,09 | 290 | 362,27 |
| Levures (UFC/l) | 358,64 | 537,09 | 422,18 | 517,27 |

1.1. Dénombrement des germes totaux

Les résultats de dénombrement de la flore mésophile totale sont représentés dans le tableau (Tab.3) et la figure (Fig.35) si dessous :

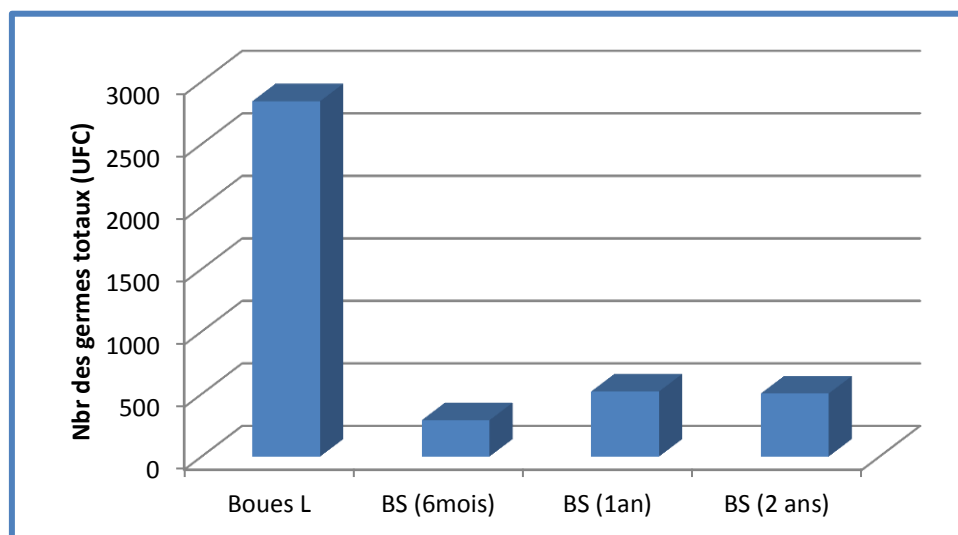


Figure 35 : Représentation graphique des germes totaux.

D'après le tableau et le graphe (**Fig.35**) La flore totale isolée présente une fluctuation considérable entre les différents échantillons, elle atteint son maximum au niveau des boues liquides par 2843,5 UFC/l, le minimum est dénombré au niveau des boues solides âgées de 6 mois 290,91UFC/l, ceci peut être expliqué par la sensibilité de ces germes aux conditions environnementales en dehors du tractus digestif de leur hôte et leur nombre décroît lors de l'exposition à la lumière dans les lits de séchage ceci est en conformité avec les travaux de **Abbasa et Tabet (2014)**.

1.2. Dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

1.2.1. Coliformes totaux et fécaux

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance (**Aberkane et al, 2011**).

La variation du nombre des bactéries dans les différents échantillons sont illustrés dans le tableau (**Tab.3**) et la figure (**Fig.36**).

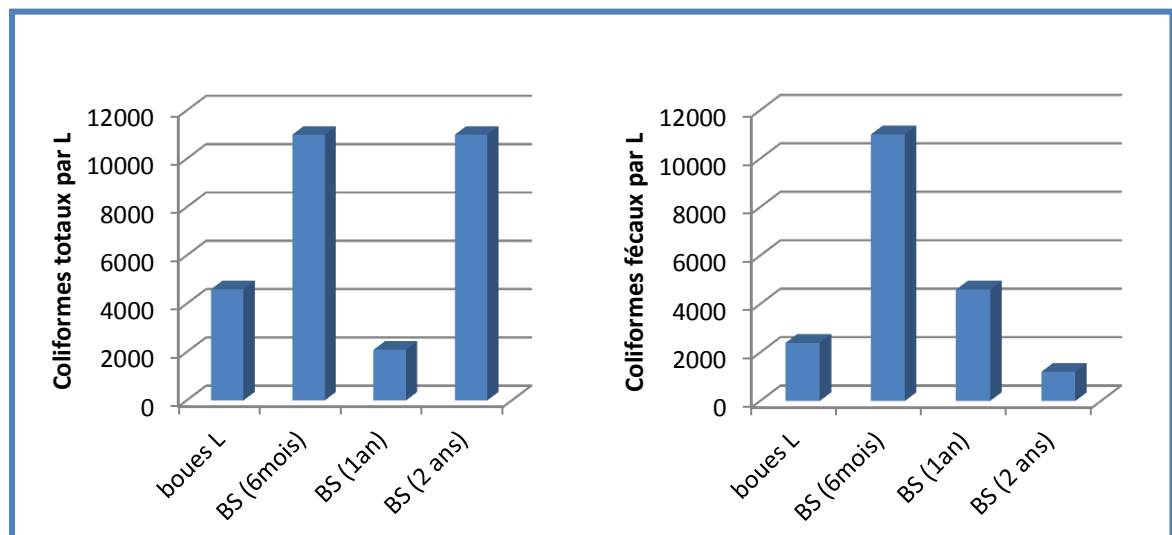


Figure 36 : Représentation graphique des coliformes (totaux et fécaux).

L'examen des graphiques illustrés dans la figure (**Fig.36**) nous montre que les concentrations des coliformes totaux extrêmement varient dans les différents échantillons, dont les valeurs maximales sont enregistrées au niveau des boues solides âgées de 6 mois et 2 ans par 11000 CT/l, et la valeur minimale est enregistrée au niveau des boues solides âgées d'un an par 2100 CT/l.

Pour les coliformes fécaux la valeur maximale est enregistrée au niveau des boues solides âgées de 6 mois par 1200 CF/l, et la valeur minimale est enregistrée au niveau des boues solides âgées de 2 ans par 2400 CF/l.

Selon **St Martin(1997)** La forte charge des coliformes dans les boues sèches peut être due à l'alimentation de celles-ci par des boues fraîches lors du traitement d'épuration ainsi que par la richesse de ces boues en matière organique, ce qui favorise le développement de ces germes de plus l'augmentation de la température dans les lits de séchage par rapport aux conditions des bassins de traitement et la réduction de la quantité d'oxygène, les travaux de **Jacob et al.,(2002)** ont montré que durant les premières semaines de stockage des boues, une activité microbienne a été observée en raison de la température modérée.

1.2.2. Les streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contamination récente par la matière fécale des animaux (**Rodier, 2009**).

Les résultats du dénombrement des Streptocoques fécaux sont présentés dans l'histogramme ci-dessous (**Fig.37**).

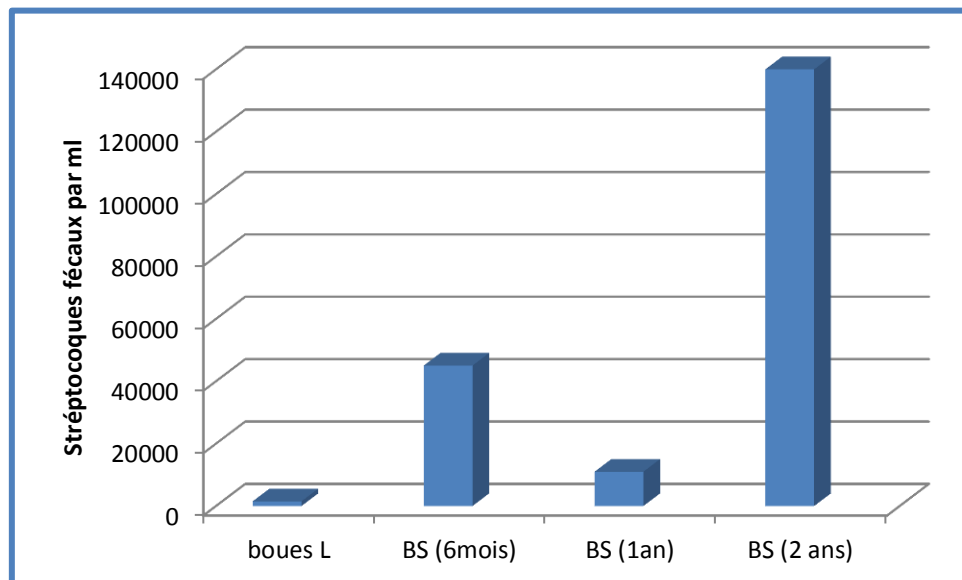


Figure 37 : Représentation graphique des streptocoques fécaux.

Le graphique des streptocoques D nous montre que l'effectif le plus élevé a été représenté par les boues solides âgées de 2 ans par 14×10^7 SF/l, tandis que la valeur minimale a été représentée par les boues liquides par 15×10^5 SF/l.

La diminution de la concentration en streptocoques fécaux est due au fait que pendant la période des pluies, le niveau d'eau augmente, provoquant une dilution du milieu. Durant cette période, la température s'abaisse et donc il y a une réduction du métabolisme et du nombre des bactéries (Zouaimia et Brahmia, 2013).

1.2.3. Les anaérobies sulfito-réducteurs

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont d'origine fécale et indiquent une contamination fécale ancienne.

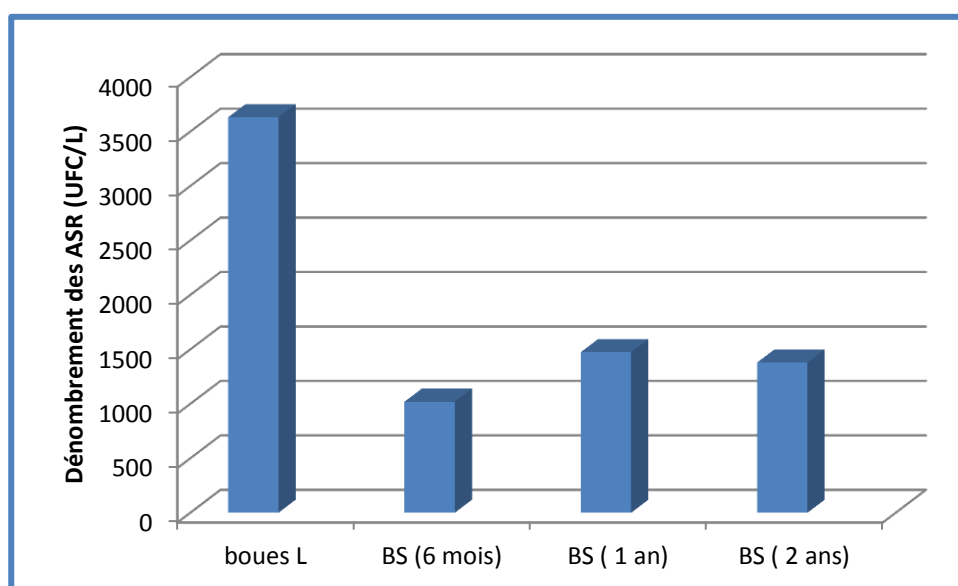


Figure 38 : Représentation graphique des ASR.

On a observé dans la figure (Fig.38) que le nombre le plus élevé est au niveau des boues liquides par 3631 UFC/l, alors que le nombre le plus faible est au niveau des boues solides âgées de 6 mois par 1019 UFC/l.

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des indices de contamination ancienne. La forme de spore sont beaucoup plus résistante que les formes de déceler une pollution fécale ancienne, bien que ça ne puisse pas être toujours le cas, car les clostridies sulfito-réductrices peuvent avoir une origine tellurique (Aberkane et al, 2011).

1.3. Dénombrement des levures et Streptomyces

Les résultats du dénombrement des levures et Streptomyces sont présentés dans l'histogramme ci-dessous (Fig. 39).

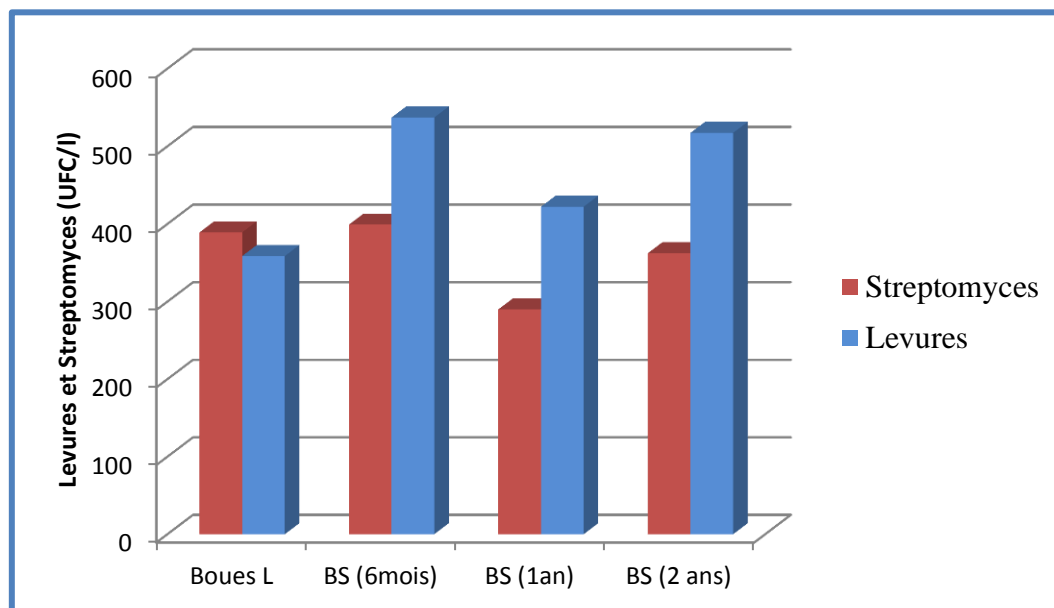


Figure 39 : Représentation graphique des levures et Streptomyces.

D'après le graphe on peut remarquer que les valeurs maximales se caractérisent au niveau des boues solides âgées de 6 mois par 399,09UFC/l pour les Streptomyces et 537,09 UFC/l pour les levures. La valeur minimale des Streptomyces se caractérise au niveau des boues solides âgées d'un an par 290 UFC/l et pour les levures la valeur minimale se caractérise au niveau des boues liquides par 358,64 UFC/l. Ceci peut être expliqué par la sensibilité de ces germes aux conditions environnementales.

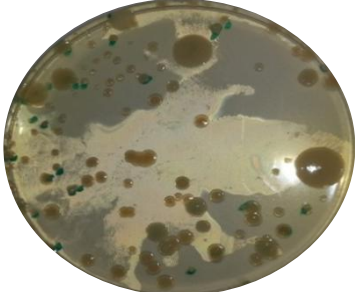


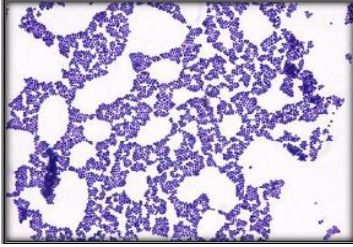

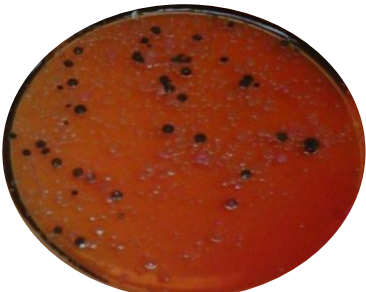
1.4. Recherche des bactéries pathogènes

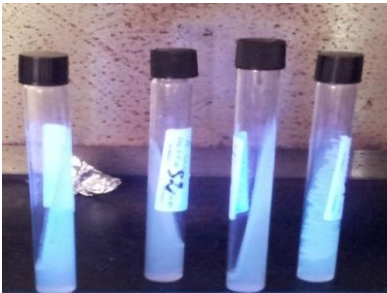

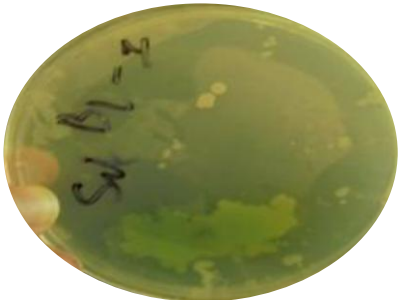
1.4.1. Identification des espèces bactériennes

A. Caractères morphologiques et coloration de Gram

Pour la recherche et l'identification des germes existants dans nos échantillons, on les a soumis à certains nombres de tests dont les résultats sont représentés dans le tableau qui suit.

Tableau 4 : Aspect macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées.

| Culture | Observation macroscopique des colonies | Observation microscopique des colonies |
|---|---|---|
| <p>GNAB</p>  | <p>-Petite colonie plate, lisse, circulaire, transparente ou blanche.</p> | <p>Bacille à Gram (-)</p>  |
| <p>Chapman</p>  | <p>-colonies Petites et moyennes, plus ou moins plates, lisses, opaques crémeuses, à contour régulier, de couleur blanche ou jaune.</p> | <p>Cocci à Gram (+) groupés en amas ou en chaînette.</p>  |
| <p>Hektoen</p>  | <p>-Colonies transparentes, plates, à contour régulier avec ou sans centre noir. -Petites colonies lisses, à contour régulier, pigmentées en vert ou en bleu vert avec ou sans centre noir.</p> | <p>Bacilles isolés, Gram (-)</p> |
| <p>SS</p>  | <p>-Colonies transparentes avec ou sans centre noir. -Petite et moyenne colonies, circulaires, bombées, muqueuse de couleur rose.</p> | <p>Bacilles à Gram (-)</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p>King A/ King B</p>  | <p>Colonies blanchâtres, bombées, rondes, lisses, à contour régulier.</p> | <p>Bâtonnets courts à Gram (+).</p>  |
| <p>Cétrimide</p>  | <p>Colonies moyennes, lisses et de couleur verte.</p> | <p>Bacilles isolés, Gram (-).</p> |

C. Identification de *Pseudomonas aeruginosa*

A partir du milieu de culture Cétrimide on a prélevé une colonie pour l'identifier par les tests suivants.

Tableau 5 : Résultats des tests d'identification de *Pseudomonas aeruginosa*.






| Test | Résultat |
|-------------------|-------------------------------|
| Oxydase | + |
| Catalase | + |
| Mannitol.M | + |
| King A | + |
| King B | + |
| Citrate.S | + |
| Bouillon nitraté | - |
| Espèce identifiée | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |





(-) : résultat négative ; (+) : résultat positive.

D. Identification biochimiques des espèces testées

L'utilisation des galeries biochimiques Api 20E, Api 20NE, Api Staph et Api AUX nous a permis d'identifier les germes pathogènes annoncées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Résultats de l'identification biochimique par les API systèmes des germes isolés.

| API système | Milieu de culture | Espèce identifiée |
|---------------------|-------------------|--|
| API 20 ^E | SS | <i>Salmonella arizonae</i>  |
| | Hektoen | <i>Escherichia coli</i>  |
| | Hektoen | <i>Vibrio cholerae</i>  |
| API 20NE | GNAB | <i>Burkholderia cepacia</i>  |
| | Cétrimide | <i>Pseudomonas fluorescens</i>  |

| | | |
|-----------|-----------|---|
| API Staph | Chapman | <p><i>Staphylococcus lentus</i></p>  |
| | Chapman | <p><i>Staphylococcus xylosus</i></p>  |
| API AUX | Sabouraud | <p><i>Candida parapsilosis</i></p>  |
| | Sabouraud | <p><i>Cryptococcus albidus</i></p>  |

L'utilisation des galeries biochimiques Api 20E, Api 20NE, Api c aux et Api staph nous a permis d'identifier les espèces suivantes : *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella arizonae*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus xylosus*, *Candida parapsilosis*, *Cryptococcus albidus*.

Ces germes sont pathogènes (Feix et Wiart, 1998) et représentent un risque majeure de santé publique (Altemeyer *et al.*, 1990) car elles causent les maladies suivant : Fièvre, hépatite épidémique, méningite, inflammation des voies respiratoires. Affections des membranes muqueuses, Colique, Diarrhée, Shigellose....etc .



Conclusion



Conclusion

Dans ce travail, nous avons étudié la qualité bactériologique des boues de la station de traitement des eaux usées de la ville de Guelma .les échantillons ont été prélevés à partir de la station d'épuration.

L'analyse bactériologique a porté principalement sur le dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et la recherche de bactéries pathogènes.

Les tests d'identification des bactéries isolées ont permis d'identifier les espèces suivantes : *Salmonella arizonea*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus xylosus*. *Candida parapsilosis*., *Cryptococcus albidus*. *Pseudomonas aeruginosa*.

L'étude microbiologique des boues liquides et solides nous indique l'inefficacité du traitement effectué au niveau de la STEP de Guelma, seulement par lit de séchage. Ce traitement conduit à l'augmentation de la flore contaminante (indicateurs de contamination fécale) et les bactéries pathogènes en dépit de la flore saprophyte (spécialement les Streptomyces) grâce à la température ambiante aux lits de séchage et aux conditions statiques en plus de la présence de charge organique importante dans les boues.

De ce fait on peut proposer à la STEP de changer le traitement actuel par un traitement à température plus élevée, d'augmenter la durée de stockage des boues (plus d'un mois) pour inactiver les germes pathogènes telles que les Salmonelles.



Références Bibliographiques

Bibliographie

- ❖ **Abessa R, Tabet S, (2014).** Étude microbiologique et génotoxique des boues des eaux usées de la ville de Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai de Guelma, 101p.
- ❖ **Aberkane M., harkat R., Mekhalfi M. (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un écosystème lacustre cas de Garaet Hadj Tahar (skikda). Mémoire de Master. Université 8 Mai de Guelma.76p.
- ❖ **Ennawaoui A., (2010).** Dimensionnement d'une STEP à Lits bactériens précédés d'étangs anaérobies et Gestion des sous-produits. Cas de la ville de Kalaa des Sraghna. Diplôme de Mastère. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II Rabat- MAROC.98p.
- ❖ **Boucheikh A ., Menouer A., (2014).** Étude et Caractérisation des boues huileuses au niveau RA1/Z. Mémoire de Master. Université Mohamed Boudiaf Oran.69p
- ❖ **Ait Ayane K .,Soufiya D., (2010).**Valorisation agricole et énergétique des boues issues de l'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech.83p.
- ❖ **Altmeyer A., Abadia G., Schmitt S., le prince A., (1990).** Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées. Midico technique, 384p.
- ❖ **Amir S., (2005).** Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse, 312p.
- ❖ **Anonyme, (2012).** Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination, Série Technique DT 51.36p.
- ❖ **Attab S., (2011).** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local. Mémoire de magister de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, 152p.
- ❖ **Aouadi H., Bensouilh M., Douakha R., (2007).** Le procédé de traitement biologique par boues activée. Mémoire de fin d'étude. Université 08 mai 1945, Guelma, 50p.
- ❖ **Aouissi A., (2010).** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie). Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister. Université. 8 Mai de Guelma.164p.
- ❖ **Aouissi A., Fouzari A., et Meziane N., (2007).** Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybouse. Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 Guelma. 57p.
- ❖ **Aoulmia S., Rouabhia A., (2011).** Suivi de la qualité de l'eau potable après traitement à la station de Hammam Debagh. Mémoire de Master. Université 8 Mai de Guelma.67p.

- ❖ **Bara M., Belhamra Z., Chettibi F., (2011).** Analyse bactériologique de l'eau des plages Du (Nord –Est Algérien) Cas D'Annaba et Tarf. Mémoire de. Université 08 mai Guelma 1945.80p.
- ❖ **Bassompierre C., (2007).** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Grenoble .232p.
- ❖ **Bazine N., Bourenane A., (2011).** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'Oued Messida. Mémoire de Master. Université 8 Mai de Guelma.98p.
- ❖ **Bedouh Y., (2014).** Evaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « Allium cepa ». These en vue de l'obtention d'un diplome de doctorat. Université Badji Mokhtar - Annaba .158p.
- ❖ **Berland J., Boutin C., (2001).** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées.44p.
- ❖ **Beskri S., Bouchkoura H., khaznadjji A., (2010).** Etude microbiologique et physicochimique de l'eau rejetée par la station d'épuration de la ville de Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai de Guelma.110p
- ❖ **Bouchaala L., (2010).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'Oued-Zénati(Guelma). Mémoire de magister. Université 8 Mai 1945 de Guelma, 135p.
- ❖ **Boucherite K., Kadi K., Dafri F., (2009).** Caractérisation microbiologique et physico-chimique de l'eau pendant son épuration au niveau de la STEP de la ville de Guelma Mémoire d'ingénieur. Université 8 Mai 1945 de Guelma.89p
- ❖ **Canler P., Perret M., (2013).** La réduction de boues par voie biologique par le procédé MycET : Document de Synthèse, Centre de Lyon.51p.
- ❖ **Cerra I., Desagnat M., (2014).**Traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités.38p.
- ❖ **Cherifi M., (2013).** Décontamination électrocinétique d'une boue d'eau potable contenant de l'aluminium, Thèse de doctorat. Université badji mokhtar.111p.
- ❖ **Délaras, (2000).** Microbiologie De L'environnement Avec Législation Gaëtan Morin Editeur.223p.
- ❖ **Délaras C., Trebaol B., (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux: Réglementation - prélèvements - analyses. TEC & DOC, 269p.

- ❖ **Elarfi A., Charchar N., Sabber I., (2007).**valorisation eaux usées in vitro des principaux rejets de la ville de Guelma par le procédé des phragmifiltre. Mémoire d'ingénieur. Université 8 Mai de Guelma. Université 8 Mai 1945 de Guelma.135p.
- ❖ **Feix I., Wiart J., (1998).** Connaissance et maitrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales, 67p.
- ❖ **Gillespie S. H., Hawkey P. M., (2006).** Principles and Practice of Clinical Bacteriology. 2^{ème} édition. John Wiley & Sons. England. 620 p.
- ❖ **Guenifi A ., Guemihi, (2008).** L'identification des microorganismes (streptomycetes). Mémoire de fin d'études. Université de Guelma, 45p.
- ❖ **Guergueb E., (2013).**Diversité microbiologique et étude physico-chimique de l'eau de la zone humide Garaet Timerganine Wilaya d'Oum El Bouaghi. Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma.61p.
- ❖ **Guiraud J.Pierre. (1998).** microbiologies alimentaire.RIA Dunod.696p.
- ❖ **Hatem D., (2008).**Traitement des eaux usées urbaines par les procédés biologiques d'épuration. Université Virtuelle De Tunis.34p.
- ❖ **Jacob B., Korsak N., Grooven B., Flament E., Daube G., (2002).** Incidence d'une station d'épuration biologique sur le niveau de contamination en salmonelles des eaux et des boues résiduaires. Méd. Vêt, 146, 303-310.
- ❖ **Karaali R., Khettal M., Reggam R., (2008).** Etude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées avant et après épuration : cas de la station d'épuration de la ville de Guelma (Nord-est Algérien). Mémoire d'ingénieur. Université 8 Mai de Guelma, 110p.
- ❖ **Karoune S., (2008).** Effets Des Boues Résiduaires Sur Le Développement Des Semis Du Chêne Liège (Quercus Suber L.). En Vue De L'obtention Du Diplôme De Magistère. Université Mentouri Constantine.244p.
- ❖ **Kéléké S., Julien H., Audrey L., Raber W., (2004).** Evaluation de la salubrité de l'eau des puits dans la ville de Pointe Noire étude bactériologique et chimique. Université Libre de Bruxelles.66p.
- ❖ **Koller M., (2009).** Traitement des pollutions industrielles, 2^{ème} édition Dunod.566 p.
- ❖ **Lebres E., (2002).** Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. 34 p.
- ❖ **Lebres E., (2005).** Manuel des travaux pratiques : analyse des eaux. Institut Pasteur d'Algérie.60 p.

- ❖ **Lebres E., (2006).** Cours D'hygiène et De Microbiologie Des Eaux (Manuel De Travaux Pratiques Des Eaux). Institut Pasteur d'Algérie. 60p.
- ❖ **Lebres et Mouffok F., (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.
- ❖ **St Martin M., (1997).** Impacts des boues d'épuration sur la microflore des sols, développement d'une méthode de détection microbienne pour des échantillons de sol. Mémoire de l'université de Sherbrooke, 184p.
- ❖ **Mechai A., (2009).** Isolement, caractérisation et purification de bactériocines produites par des bactéries lactiques autochtones: études physiologiques et biochimiques. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba, 160 p.
- ❖ **Morakchi H., (2002).** Caractéristique physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla avec un essai d'épuration biologique en vue de leur utilisation en irrigation. Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar, Annaba, 189 p.
- ❖ **Moulins., Rozen d., Milena S., (2013).** Traitement des eaux usées, 13p.
- ❖ **Moumene S., Djamame A., (2011).** Contribution à l'étude de traitement des eaux usées de la ville de Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai de Guelma, 101p.
- ❖ **Navoun S., (2005).** Thermorésistance de trois sérotypes de salmonella dans l'œuf et les gésiers de poulets. Université Cocody d'Abidjan. 87p.
- ❖ **Pilet C., Bourdon J. L., Toma B., Marchal N., Balbastre C., Person J. M., (1987).** Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne. Doin. France. 371 p.
- ❖ **Rejesk F., (2002).** « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358p.
- ❖ **Rodier J., (1996).** L'analyse De L'eau; eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p.
- ❖ **Rodier Jean et coll. (2009).** l'analyse de l'eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9^{ème} édition. Dunod. Paris. 1579p.
- ❖ **Roula S., (2005).** caractérisation physico-chimiques et valorisation des boues résiduaires urbaines pour la confection de substrats de culture en pépinière hors –sol. Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister. Université Colonel El Hadj Lakhdar Batna. 115p.
- ❖ **Souna D., (2011).** Epidémiologie de la résistance aux antibiotiques au niveau du C.H.U de sidi Bel Abbas. Université Abou bekr belkaid- Tlemcen. 148p.
- ❖ **Tefyeche L., (2014).** Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement. 70p.

- ❖ **Zouaimia et Brahmia, (2013)** .Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau de l'Oued-Zimba (Guelma). Mémoire De Master. UNIVERSITE 8 Mai 1945 de GUELMA.149 p.

Sites Web

1. http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0405/beiere/4/html/binome2/Dessablage_degraissage.html (consulté le 03.01.2015).
2. <http://www.bougepourtaplanete.fr/schema-installation-bac-degraisseur.html> (consulté le 15.01.2015).
3. <http://www.environnement.pf/spip.php?rubrique110> (consulté le 20.02.2015).
4. <http://www.google.dz/m%C3%A9moire%20master2/Traitement%20des%20eaux%20us%C3%A9es.html> (consulté le 04.03.2015).
5. <https://www.google.dz/m%C3%A9moire%20master2/Centre%20d'information%20sur%20l'eau%20-%20Eau%20et%20eau%20du%20robinet.html> (consulté le 19.03.2015).
6. <http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/origine-nature-boues.php4> (consulté le 23.03.2015).
7. http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0405/beiere/4/html/binome2/Dessablage_degraissage.html (consulté le 06.04.2015).



Annece

Annexe 1

Tab1 : le taux d'épuration de chaque étape du traitement des eaux usées.

| | Virus entérique | Salmonella | Giardia | Cryptosporidium |
|--------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------|------------------------|
| [C] des eaux brutes (unit/ml) | 100000 à 1000000 | 5000 à 80000 | 9000 à 200000 | 1 à 3960 |
| Elimination par : | | | | |
| Traitement primaire (a) | | | | |
| Taux d'élimination (%) | 50 à 98.3 | 95.5 à 99.8 | 27 à 64 | 0.7 |
| Nbr restant (unité/l) | 1700 à 500000 | 160 à 3360 | 72000 à 146000 | / |
| Traitement secondaire (b) | | | | |
| Taux d'élimination (%) | 53 à 99.92 | 98.65 à 99.996 | 45 à 96.7 | / |
| Nbr restant (unité/l) | 80 à 470000 | 3 à 1075 | 6480 à 109500 | / |
| Traitement tertiaire (c) | | | | |
| Taux d'élimination (%) | 99.983 à 99.998 | 99.99 à 99.995 | 98.5 à 99.995 | 2 à 7 |
| Nbr restant (unité/l) | 0.007 à 170 | 0.0000004 à 7 | 0.099 à 2951 | / |

Tab2 : les avantages et les inconvénients de chaque étape du traitement tertiaire.

| Procédé | Avantages | Inconvénient |
|---------------------|--|---|
| Chloration (chlore) | <ul style="list-style-type: none"> - acide puissant sous sa forme d'acide hypochloreux. - Efficace contre les entérovirus pathogènes. | <ul style="list-style-type: none"> - Nécessite une faible concentration en matière organique et en ammoniac et un temps de contact de 30 mn. - Eviter les rejets trop chargées en chloramines et en chlore résiduel pour préserver l'environnement récepteur. |
| Rayonnement (UV) | <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'utilisation des produits chimiques, toxiques, néfastes à l'environnement. - Efficace contre la majorité des micro-organismes. | <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'effets rémanents. - Présence de MES peut constituer un écran entre les rayons UV et les micro-organismes. - Nécessite une turbidité inférieure à 1. - Vieillesse rapide des lampes. - Déconseille pour des eaux chargées en matières organiques, en Fe, en Mn ou trop carbonate (car dépôts importants sur les lampes limitant le rayonnement). - Nettoyage périodique des lampes indispensable. |

Tab3 : la composition des boues.

| Composition en matière organique | | | |
|---|-----------|---------------|--------|
| Protéine | | 30% | |
| Graisse | | 13% | |
| Matière fibreuse | | 33% | |
| Hydrate de carbone non fibreux | | 24% | |
| Eléments fertilisants et amendements | | | |
| Carbone | | 53% | |
| Hydrogène | | 7.7% | |
| Oxygène | | 33.5% | |
| Azote | | 5% | |
| Soufre | | 8% | |
| Contaminants toxiques | | | |
| Zn | 500 ppm** | Ni* | 30 ppm |
| Cu* | 400 ppm | Cd* | 5 ppm |
| Fe | 200 ppm | Mo | 4 ppm |
| Pb* | 120 ppm | As | 3 ppm |
| B | 50 ppm | Hg | 2 ppm |
| Cr* | 50 ppm | Se | 2 ppm |
| Contaminants organiques | | | |
| Ester phtaliques | | 1 à 100 ppm | |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques | | 0.01 à 50 ppm | |
| Diphényles polychlorés (dioxines) | | 0.15 à 9 ppm | |
| Pesticides (DDT, lindane,..) | | 0.1 à 5 ppm | |

* principaux métaux lourds.

** partie par million en masse, soit 1 ppm= 0.0001% en masse .

Tab4: origine et composition de chaque type des boues.

| Type de boue | Boues primaires | Boues biologiques (secondaire ou activées) | Boues mixtes | Boues physico-chimiques |
|-------------------------------|-----------------------------|---|--|--|
| Origine | Matière inorganique | Traitement biologique secondaire | Traitement primaire et secondaire | Décantation après traitement avec un réactif |
| Composition et siccité | Matière inorganique | Composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques | Mélange de boues primaires et biologique | / |
| | Couleur grise Siccité 5% | Boue granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile siccité 1-2% | Siccité 5% | Siccité 4-5% |

Annexe 2

Tab1 : Matériels utilisés

| Verrerie | Appareillage | Autre matériel | Matériel de prélèvement |
|---|--|---|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tube à essai. | <input type="checkbox"/> Etuve. | <input type="checkbox"/> Bec Bunsen. | <input type="checkbox"/> Plongeur. |
| <input type="checkbox"/> Béchers. | <input type="checkbox"/> Autoclave. | <input type="checkbox"/> Anse de platine. | <input type="checkbox"/> Canne à |
| <input type="checkbox"/> Pipettes graduées. | <input type="checkbox"/> Réfrigérateur. | <input type="checkbox"/> Boite de pétri. | prélèvement. |
| <input type="checkbox"/> Pipettes Pasteur. | <input type="checkbox"/> Bain marie. | <input type="checkbox"/> Portoirs. | |
| <input type="checkbox"/> Flacons. | <input type="checkbox"/> Microscope | <input type="checkbox"/> Four Pasteur. | |
| <input type="checkbox"/> Lames. | <input type="checkbox"/> optique (objectif à | <input type="checkbox"/> Balance. | |
| | immersion). | <input type="checkbox"/> Agitateur et | |
| | <input type="checkbox"/> Anse de platine. | barreau magnétique. | |

Annexe 3

Tab1 : Table de NNP.

| Nombre caractéristique | Nombre de micro-organisme |
|------------------------|---------------------------|
| 000 | 0,0 |
| 001 | 0,3 |
| 010 | 0,3 |
| 011 | 0,6 |
| 020 | 0,6 |
| 100 | 0,4 |
| 101 | 0,7 |
| 102 | 1,1 |
| 110 | 0,7 |
| 111 | 1,1 |
| 120 | 1,1 |
| 121 | 1,5 |
| 130 | 1,6 |
| 200 | 0,9 |
| 201 | 1,4 |
| 202 | 2,0 |
| 210 | 1,5 |
| 211 | 2,0 |
| 212 | 3,0 |
| 220 | 2,0 |
| 221 | 3,0 |
| 222 | 3,5 |
| 223 | 4,0 |
| 230 | 3,0 |
| 231 | 3,5 |
| 232 | 4,0 |
| 300 | 2,5 |
| 301 | 4,0 |
| 302 | 6,5 |
| 310 | 4,5 |
| 311 | 7,5 |
| 312 | 11,5 |
| 313 | 16,0 |
| 320 | 9,5 |
| 321 | 15,0 |
| 322 | 20,0 |
| 323 | 30,0 |
| 330 | 25,0 |
| 331 | 45,0 |
| 332 | 110,0 |
| 333 | 140,0 |

Tab3 : Tableau de lecture de l'API20E.

| Tests | Composants | QTE (mg/cup) | Réactifs / Enzymes | Résultats | |
|-----------------------|---|---------------------|---|-------------------------------|---------------------------|
| | | | | Négatif | Positif |
| ONP G | 2-nitrophényl- β Dgalactopyranoside | 0,223 | β -galactosidase (Ortho NitroPhényl- β DGalactopyranosidase) | incoloré | Jaune |
| ADH | L-arginine | 1,9 | Arginine DiHydrolase | jaune | rouge / orangé |
| LDC | L-lysine | 1,9 | Lysine DéCarboxylase | jaune | rouge / orangé |
| ODC | L-ornithine | 1,9 | Ornithine DéCarboxylase | jaune | rouge / orangé |
| CIT | trisodium citrate | 0,756 | utilisation du CITrate | vert pâle / jaune | bleu-vert / bleu |
| H₂S | sodium thiosulfate | 0,075 | production d'H ₂ S | incoloré / grisâtre | dépôt noir / fin liseré |
| URE | urée | 0,76 | UREase | jaune | rouge / orangé |
| TDA | L-tryptophane | 0,38 | Tryptophane DésAminase | TDA / immédiat | |
| | | | | jaune | marron-rougeâtre |
| IND | L-tryptophane | 0,19 | production d'INDole | JAMES / immédiat | |
| | | | | incoloré vert pâle / jaune | Rose |
| VP | sodium pyruvate | 1,9 | production d'acétoïne (Voges Proskauer) | VP 1 + VP 2 / 10 min | |
| | | | | incoloré / rose pâle | rose / rouge |
| GEL | gélatine (origine bovine) | 0,6 | Gélatinase (GELatine) | non diffusion | diffusion du pigment noir |
| GLU | D-glucose | 1,9 | Fermentation oxydation (GLUcose) | bleu / bleu-vert | jaune / jaune gris |
| MAN | D-mannitol | 1,9 | fermentation / oxydation (MANnitol) | bleu / bleu-vert | Jaune |
| INO | inositol | 1,9 | fermentation / oxydation (INOsitol) | bleu / bleu-vert | Jaune |
| SOR | D-sorbitol | 1,9 | fermentation / oxydation (SORbitol) | bleu / bleu-vert | Jaune |
| RHA | L-rhamnose | 1,9 | fermentation / oxydation (RHAmmose) | bleu / bleu-vert | Jaune |
| SAC | D-saccharose | 1,9 | fermentation / oxydation (SACcharose) | bleu / bleu-vert | Jaune |
| MEL | D-melibiose | 1,9 | fermentation / oxydation (MELibiose) | bleu / bleu-vert | Jaune |
| AMY | amygdaline | 0,57 | fermentation / oxydation (AMYgdaline) | bleu / bleu-vert | Jaune |
| ARA | L-arabinose | 1,9 | fermentation / oxydation | bleu / bleu-vert | jaune |

Annexe

| | | | |
|-----------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | (ARAbinose) | |
| OX | (voir notice du test oxydase) | cytochrome-Oxydase | (voir notice du test oxydase) |

Tab4 : Tableau de lecture de l'API20NE.

| Tests | Substrat | Enzymes/Réactions | Résultats | |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | | | Négatif | Positif |
| NO₃ | Nitrate de potassium | Réduction des nitrates en nitrites | NIT 1 + NIT 2 / 5 mn | |
| | | | Incolore | Rose-rouge |
| | | Réduction des nitrates en azote | ZN / 5 mn | |
| | | | Rose | Incolore |
| TRP | Tryptophane | Formation d'indole | TRP / 3-5 mn | |
| | | | Incolore | Goutte rouge |
| GLU | Glucose Fermentation | Fermentation | Bleu à vert | Jaune |
| ADH | Arginine | Arginine dihydrolase | Jaune | Orange/rose/Rouge |
| URE | Urée | Uréase | Jaune | Orange/rose/Rouge |
| ESC | Esculine | Hydrolyse | Jaune | Gris/marron/Noir |
| GEL | Gélatine | Hydrolyse | Pas de diffusion du pigment | Diffusion du pigment noir |
| PNPG | p-nitro-phényl-βDgalactopyranoside | β-galactosidase | Incolore | Jaune |
| GLU | Glucose | Assimilation | Transparence | Trouble |
| ARA | Arabinose | | | |
| MNE | Mannose | | | |
| MAN | Mannitol | | | |
| NAG | N-acétylglucosamine | | | |
| MAL | Maltose | | | |
| GNT | Gluconate | | | |
| CAP | Caprate | | | |
| ADI | Adipate | | | |

Annexe

| | | | | |
|------------|---------------------------------------|--------------------|----------|--------|
| MLT | Malate | | | |
| CIT | Citrate | | | |
| PAC | Phényl-acétate | | | |
| OX | Tetraméthyl- pphenylène diamine | Cytochrome oxydase | Incolore | Violet |

Tab5 : Tableau de lecture de l'API20Staph.

| TESTS | COMPOSANTS ACTIFS | QTE (mg/cup.) | REACTIONS / ENZYMES | RESULTAT | |
|------------|-------------------------------|------------------|---|-------------------------------|-------------|
| | | | | Négatif | Positif |
| 0 | Aucun | | Témoin négatif | rouge | — |
| GLU | D-glucose | 1,56 | (Témoin positif) (D-GLUcose) | rouge | jaune |
| FRU | D-fructose | 1,4 | acidification (D-FRUctose) | | |
| MNE | D-mannose | 1,4 | acidification (D-ManNosE) | | |
| MAL | D-maltose | 1,4 | acidification (MALtose) | | |
| LAC | D-lactose (origine bovine) | 1,4 | acidification (LACtose) | | |
| TRE | D-tréhalose | 1,32 | acidification (D-TREhalose) | | |
| MAN | D-mannitol | 1,36 | acidification (D-MANnitol) | | |
| XLT | Xylitol | 1,4 | acidification (XyLiTol) | | |
| MEL | D-mélibiose | 1,32 | acidification (D-MELibiose) | | |
| NIT | nitrate de potassium | 0,08 | Réduction des NITrates en nitrites | | |
| | | | | incoloro-rose pâle | rouge |
| PAL | β-naphtyl phosphate | 0,0244 | Phosphatase ALcaline | ZYM A + ZYM B / 10 min | |
| | | | | Jaune | violet |
| VP | sodium pyruvate | 1,904 | production d'acétyl méthyl-carbinol (Voges Proskauer) | VP 1 + VP 2 / 10 min | |
| | | | | incoloro-rose pâle | violet-rose |
| RAF | D-raffinose | 1,56 | acidification (RAFFinose) | | |
| XYL | D-xylose | 1,4 | acidification (XYLose) | | |
| SAC | D-saccharose | 1,32 | acidification (SACcharose) | | |

Annexe

| | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|-------|---|-------|--------------|
| MDG | méthyl- α Dglucopyranoside | 1,28 | acidification (Méthyl- α DGlucopyranoside | Rouge | jaune |
| NAG | N-acétyl- glucosamine | 1,28 | acidification (N-Acétyl- Glucosamine) | | |
| <u>ADH</u> | L-arginine | 1,904 | Arginine DiHydrolase | Jaune | orange-rouge |
| <u>URE</u> | urée | 0,76 | UREase | Jaune | rouge-violet |

Annexe 4 (composition des milieux de culture utilisés)**Les milieux liquides****Milieu de Rothe**

| <i>Composition</i> | <i>S/C g/l</i> | <i>D/C g/l</i> |
|-------------------------------------|----------------|----------------|
| Poptone | 20 | 40 |
| Glucose | 5 | 10 |
| NaCl | 5 | 10 |
| Monohydrogenophosphate de potassium | 2.7 | 5.4 |
| Dihydrogenophosphate de potassium | 2.7 | 5.4 |
| Azide de sodium | 0.2 | 0.4 |
| Eau distillées stérile | 11 | 11 |

Milieu de BCPL

| <i>Composition</i> | <i>S/C g/l</i> | <i>D/C g/l</i> |
|----------------------|----------------|----------------|
| Poptone | 5 | 10 |
| Extrait de viande | 3 | 6 |
| Lactose | 5 | 10 |
| Bromocrésolé pourpre | 0.025 | 0.05 |

pH final : 6.9, autoclaver à 120C° pendant 20 minutes

Milieu d'Eva Litsky

| <i>Composition</i> | <i>g/l</i> |
|-------------------------------------|------------|
| Peptone | 20 |
| Glucose | 5 |
| NaCl | 5 |
| Monohydrogenophosphate de potassium | 2.7 |
| Dihydrogenophosphate de potassium | 2.7 |
| Azide de sodium | 0.3 |
| Ethyl violet | 0.0005 |
| Eau distillée stérile | 1000ml |

Eau peptonée exempte d'indole

| <i>Composition</i> | <i>g/l</i> |
|--------------------------|------------|
| Peptone exempte d'indole | 10 |
| Chlorure de sodium | 5 |

pH final = 7.2.

Bouillon Nitrate réductase

| Composition | g/l |
|------------------------|------------|
| Infusion cœur-cervelle | 25 |
| Nitrate de sodium | 10 |
| Eau distillée stérile | 1L |

Les milieux solides (gélés)

Gélose Salmonella-Shigella (SS)

| Composition | g/l |
|---------------------------------|------------|
| peptone pancréatique de caséine | 10g |
| Lactose | 10g |
| sels biliaires | 6g |
| extrait de viande | 5g |
| citrate de sodium | 8,5g |
| citrate de fer ammoniacal | 1g |
| thiosulfate de sodium | 8,5g |
| rouge neutre | 0,0025g |
| vert brillant | 0,00033g |
| eau distillée stérile | 1000ml |

Gélose Chapman

| Composition | g/l |
|---------------------|------------|
| extrait de viande | 5g |
| Peptone | 10g |
| extrait de levure | 6g |
| Lactose | 20g |
| bleu de bromothymol | 0,05g |
| Agar | 20g |

Gélose TGEA

| Composition | g/l |
|--------------------|------------|
| Poptone de caséine | 5 |
| Extrait de viande | 3 |
| Extrait de levure | 1 |
| Glucose | 1 |
| Agar | 18 |

Gélose GELM

| Composition | g/l |
|-------------------------|------------|
| Agar | 4 |
| Extrait de malt | 0.20 |
| Extrait de levure | 1 |
| Glucose | 1 |
| L'eau distillée stérile | 0.21 |

pH final : 7, l'autoclavage à 120C° pendant 20 minutes

King A

| Composition | g/l |
|--------------------------------|------------|
| Peptone bactériologique A | 20 |
| Glycérol | 10 |
| K ₂ SO ₄ | 10 |
| MgCl ₂ | 1.4 |
| Agar purifié | 12 |

King B

| Composition | g/l |
|-------------------------------------|------------|
| Peptone bactériologique A | 20 |
| Glycérol | 10 |
| K ₂ HO ₄ | 1.5 |
| MgSO ₄ 7H ₂ O | 1.5 |
| Agar purifié | 12 |

Gélose Hektoen

| Composition | g/l |
|-----------------------------|------------|
| Protéase Peptone | 12 |
| Extrait de levure | 3 |
| Saccharose | 12 |
| Lactose | 2 |
| Solicine | 2 |
| Chlorure de sodium | 5 |
| Thio sulfate de sodium | 5 |
| Citrate ferrique ammoniacal | 5 |
| Sels biliaires | 9.0 |
| Bleu de bromothynol | 0.064 |

Annexe

| | |
|-----------------------|------|
| Fuchsine acide | 0.04 |
| Eau distillée stérile | 1L |

Gélose VF (Viande foie)

| Composition | g/l |
|-----------------------|-----|
| Base viande foie | 30 |
| Glucose | 2 |
| Amidon | 2 |
| Agar | 1 |
| Eau distillée stérile | 1L |

Gélose Sabouraud

| Composition | g/l |
|-------------------------------------|-----|
| Peptone | 10 |
| Glucose massé | 20 |
| Eau distillée stérile | 1L |
| Agar | 15 |
| vitamines et facteurs de croissance | |

Milieu manitol – mobilité

| Composition | g/l |
|----------------------------------|-----|
| peptone pancréatique de viande | 20 |
| Mannitol | 2 |
| Nitrate de potassium | 1 |
| Rouge de phénol en solution à 1% | 4ml |
| Eau distillée stérile | 1L |

Citrate de simmons

| Composition | g/l |
|--------------------------------------|-----|
| Chlorure de sodium | 5 |
| Sulfate de magnésium 7420 | 0.2 |
| Phosphate dipotassique PO_4HK_2 | 2 |
| Citrate trisodique | 2 |
| Solution de bleub bromothymol | 8 |
| Agar | 15 |
| Eau distillée stérile | 1L |

Résumé

Les analyses bactériologiques de ces boues nous ont montré une contamination fécale avec une forte concentration en coliformes totaux et fécaux, en streptocoques fécaux et en anaérobies sulfite-réducteurs au niveau des boues solides supérieure à celle dénombrés en boues liquides. Durant cette étude, on a pu également identifier les bactéries, *Salmonella arizona*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa*...etc. On peut déduire que ces boues représentent un risque majeur sur la santé publique lors de leur utilisation pour une valorisation agricole ainsi que pour le personnel de la station de traitement des eaux usées.

Les mots clés : Boues, Eaux Usées, STEP, Contamination Fécale, Traitement.

Abstract

Bacteriological analyzes of sludge showed us fecal contamination with a high concentration of total and fecal coliforms, fecal streptococci and in sulphite-reducing anaerobes in solid sludge than that counted in liquid sludge. During this study, it was also able to identify the bacteria, *Salmonella arizona*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa* ... etc. So we can deduce that this sludge represent a major risk to public health when it is used for an agricultural recovery and for the workers in the Waste Water Treatment Plant.

Key words: Sludge, Pollutants, Fecal Contamination, Bacteria, Agricultural Recovery.

ملخص

أظهرت نتائج التحاليل البكتريولوجية للحمأة وجود تلوث برازي مع تركيز عال من القولونيات البرازية، المكورات العقدية البرازية والبكتيريا اللاهوائية في الحمأة الصلبة أكثر منها في الحمأة السائلة. خلال هذه الدراسة، تمكنا من التعرف على أنواع البكتيريا التالية ... *Salmonella arizona*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa* . الخ لذلك يمكننا أن نستنتج أن هذه الحمأة تمثل خطرا كبيرا على الصحة العامة عند استخدامها لتحقيق انتعاش زراعي وكذلك موظفي محطة معالجة المياه المستعملة.

الكلمات المفتاحية: الملوثات العضوية، محطة معالجة المياه المستعملة، انتعاش زراعي، القولونيات البرازية، حمأة.

