

N° d'ordre:

N° d'ordre:

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah- Ouargla
Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière

Département de Chimie



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de:

Master Académique

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Pollution chimique et Gestion de l'environnement

Thème :

**L'ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES
POLLUANTS ORGANIQUES ET MICROBIENS DANS LA
STATION D'EPURATION DES EAUX USEES : VALORISATION
DE LA BIOMASSE POUR PRODUCTION DU BIOGAZ**

Présenté par:

Nabil MOHALBI et Saïd BENCHEHEM

Soutenu publiquement le 02 JUIN 2016

Devant le jury composé de :

Boubaker ZINNE

Saad ZOGHDI

Yacine MOUSSAOUI

Maître Assistante Classe A

Maître Assistante Classe A

Maître Assistante Classe A

Président

Examineur

Rapporteur

UKMO

UKMO

UKMO

Année universitaire 2015/2016

Sommaire

Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Remerciement	
Dédicace	
Introduction.....	01
Chapitre I	
I. Définition.....	02
I.2. Types des eaux usées.....	02
I.2.1. Eaux usées domestiques	02
I.2.2. Eaux usées industrielles.....	02
I.2.3. Eaux usées pluviales.....	02
I.2.4. Eaux usées urbaines.....	03
I.2.5. Eaux de drainage.....	03
I.3. Pollution des eaux.....	03
I.3.1. Définition de la pollution.....	03
I.3.2. Principaux types de pollutions.....	03
I.3.2.1. Pollution minérale.....	04
I.3.2.2. Pollution microbiologique.....	04
I.3.2.3. Pollution organique.....	04
I.4. Les étapes de traitement.....	04
I.4.1. Les prétraitements.....	04
I.4.1.1. Dégrillage.....	04
I.4.1.2. Dessablage.....	05
I.4.1.3. Dégraissage-déshuilage.....	05
I.4.2. Traitement primaire.....	05
I.4.3. Traitement secondaire.....	06
I.4.4. Le traitement biologique.....	06
I.4.5. Traitement tertiaire.....	08
I.4.6. Traitement des boues.....	08

Sommaire

I.5. Paramètres physiques.....	09
I.5.1. Température.....	09
I.5.2. Odeur.....	09
I.5.3. Couleur.....	09
I.5.4. Les matières en suspension et les colloïdes.....	09
I.5.5. Turbidité.....	09
I.5.6. Potentiel hydrogène (pH).....	09
I.5.7. Conductivité.....	09
I.5. Paramètres physiques.....	09

Chapitre II

II.1 Introduction.....	11
II.2. Les Boues.....	11
II.2.1. Définition.....	12
II.2.2. Classification des boues.....	12
II.2.3. Les différents types de boues d'épuration.....	12
II.2.3.1. Boues de traitement primaire.....	12
II.2.3.2. Boues de traitement physico-chimiques.....	13
II.2.3.3. Boues de traitement biologique.....	13
II.3. Caractéristiques des boues.....	13
II.4. Origine et Composition des boues résiduaires.....	14
II.4.1. Matière organique.....	14
II.4.2. Éléments fertilisants et amendements.....	15
II.4.3. Contaminants chimiques, organiques et inorganiques.....	15
II.4.4. Les micro-organismes pathogènes.....	15
II.5. Propriétés des boues.....	16
II.5.1. Propriétés physiques des boues.....	16
II.5.1.1. La teneur en matière sèche.....	16
II.5.1.2. La teneur en matière volatile.....	16
II.5.1.3. La teneur en eau.....	16
II.5.1.4. La viscosité.....	17
II.5.1.5. La charge spécifique.....	17
II.5.1.6. La résistance spécifique.....	17
II.5.1.7. La compressibilité.....	17

Sommaire

II.5.1.8. Le pouvoir calorifique.....	17
II.5.2 Propriétés chimiques des boues.....	17
II.5.3. Propriétés biologiques des boues.....	18
II.6. Filière de traitement des boues résiduaire.....	18
II.6.1. Définition.....	19
II.6.2. Objectifs.....	19
II.6.3.Procédés de traitement.....	19
II.6.3.1. Epaissement.....	20
II.6.3.2. Stabilisation.....	20
II.6.3.3. Conditionnement.....	20
II.6.3.4. Déshydratation.....	21
II.6.3.5. Destination finale.....	21
II.6.4. La méthanisation: définition et principes.....	22
II.6.4.1. Le procédé.....	22
II.6.4.2. Paramètres intervenant dans la biométhanisation.....	23
II.6.4.3. Valorisation des produits de la méthanisation.....	25

Chapitre III

III. Méthode d'analyse des boues.....	26
III.1.Objectif de l'analyse de la boue.....	26
III.2. Echantillonnage.....	26
III.2.1. Description du site.....	26
III.2.2. Point de prélèvement.....	26
III.2.3. Matériel et le mode de prélèvement.....	27
III.2.4. Etude climatique.....	27
III.2.4.1. La pluviométrie.....	27
III.2.4.2. La température.....	28
III.2.4.3. Synthèse climatique.....	29
III.2.4.3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	29
III.2.4.3.2. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	29
III.3. Préparation de la poudre de boue pour les différentes analyses.....	31
III.4. Analyse physico-chimique de la poudre de boue	32
III.4.1. Le but de l'analyse.....	32
III.4.2. Calcul de l'humidité.....	32

Sommaire

III.4.3. Détermination de la perte au feu (PAF).....	33
III.4.4. Détermination de la composition chimique de la boue.....	33
III.4.4.1. Préparation des solutions pour les différentes analyses.....	33
III.4.4.2. Détermination du taux de la silice.....	34
III.4.4.2. Silice soluble).....	34
III.4.4.3. Détermination du taux Fe_2O_3	35
III.4.4.4. Détermination de CaO	35
III.4.4.5. Détermination de la MgO	36
III.4.4.6. Détermination de l'azote kjeldahl.....	36
III.4.4.6.1.Principe du dosage de l'azote kjeldahl par minéralisation au sélénium	37
III.4.4.6.2. Mode opératoire.....	37
III.4.4.6.3. Echantillonnage.....	37
III.4.4.6.4. Minéralisation.....	37
III.4.4.6.5. Réactifs et appareillage.....	37
III.4.4.7. Analyses des traces.....	37
III.4.4.7.1. Détermination du Cuivre en mg/l	37
III.4.4.7.2. Détermination du Fer en mg/l.....	37
III.4.4.7.3. Détermination du l'ammonium en mg/l	38
III.4.8. La demande biochimique en oxygène DBO_5	38
III.4.8.1. Matériel.....	39
III.4.8.2. Protocole opératoire.....	39
III.4.8.3. Préparation des flacons de mesure.....	39
III.4.9. Les matières en suspension MES.....	39
III.4.9.1. Principe d'analyse.....	40
III.4.9.2. Matériels.....	40
III.4.9.2. Protocole opératoire.....	40
III.4.10. La demande chimique en oxygène DCO.....	41
III.4.10.1. Principe.....	41
III.4.10.2. Domaine d'application.....	41
III.4.10.3. Matériel.....	41
III.4.10.4. Mode opératoire.....	42
III.4.10.5. Expression des résultats.....	42
III.4.11. L'Orthophosphate $O-PO_4$	43

Sommaire

III.4.11.1 Principe.....	43
III.4.11.3 Mode opératoire.....	43
III.5. Méthode d'analyse bactériologique.....	43
III.5.1. Germes totaux.....	43
III.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et identification (Dénombrement en milieu liquide, NPP)	43
III.5.2.1. Principe.....	43
III.5.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux: Test présomptif....	45
III.5.3. Recherche et dénombrement des E. coli: Test confirmatif.....	46
III.5.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	46
III.5.4.1. Test de présomption.....	46
III.5.4.2. Test de confirmation.....	50

Chapitre IV

IV-1- Résultats et discussion.....	51
IV. 1. Introduction.....	51
IV.2. Analyses physico-chimiques.....	51
IV2.1. Couleur.....	51
IV.2.2. La température.....	51
IV.2.3. pH	52
IV2.4. La conductivité électrique.....	52
IV.2.5 La pollution azotée.....	52
IV.2.6. La demande chimique en oxygène.....	52
IV.2.7. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	52
IV.3. Caractéristiques bactériologiques.....	53
IV.4. Détermination de la teneur en métaux lourds.....	53
IV.5. La production de biogaz digesteur.....	53
Conclusion.....	63

Annex

Bibliographie

Liste des Figures

- Figure 1** : Epuration biologique aérobie
- Figure II.1**: Boue de STEP du Guelma
- Figure II.2** : Différentes filières de traitement des boues résiduelles.
- Figure II.3**: Les principales phases du processus de méthanisation
- Figure III.1** : Schéma de la STEP de Guelma
- Figure III.2** : Evolution des précipitations moyennes annuelles (1994-2008)
- Figure III.3** : Evolution des températures maximales annuelles (1994-2008)
- Figure III.4** : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN
- Figure III.5** : Climagramme d'Emberger
- Figure III.6**: Boue dans l'étuve
- Figure III.7**: Boue dans un mortier à agat
- Figure III.8**: Tamisage de la poudre
- Figure III.9**: La masse de l'échantillon
- Figure III.10**: Préparation de la solution
- Figure III.11**: Filtration de la solution
- Figure III.12** : analyse su silice
- Figure III.13**: Analyse du cuivre
- Figure III.14**: Analyse du fer
- Figure III.15** : Analyse de l'ammonium
- Figure III.16** : Equipement de mesure de la DBO₅.
- Figure III.17a** : Dessicateur
- Figure III.17b** : Filtre à pompe
- Figure III.18** : Equipement pour mesurer la DCO.
- Figure III. 19** : Dénombrement des germes totaux.
- Figure III.20** : Recherche et dénombrement des coliformes totaux (test de présomption)
- Figure III.21** : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (test confirmatif).
- Figure III.22**:Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux
- Figure IV.1**: Cuve de fermentation
- Figure IV.2**: Cuve de séparation
- Figure IV.3**: Point d'échantillon du biogaz
- Figure IV.4**: Digesteur pédagogique du biogas
- Figure IV.5 et 6** :Digesteur on d'autre face

Liste des Figures

Figure IV.7:Le rapport k (DCO/DBO)

Figure IV.8:graphique pH

Liste des Tableaux

Tableau III.1. Données climatiques de la station météo de Guelma (de 1994à 2008)

Tableau IV.1: Résultats des analyses physico-chimiques pour Janvier 2016

Tableau IV.2: Résultats des analyses physico-chimiques pour Février 2016

Tableau IV.3: Résultats des analyses physico-chimiques pour Mars 2016

Tableau IV.4 : Récapitulatif des analyses physico-chimiques pour les trois mois Janvier-Février-Mars 2016

Tableau IV.5: Analyses microbiologiques

Tableau IV.6 : Concentration en ppm des métaux lourds dans la boue sèche

Tableau IV.7: Concentration en ppm des métaux lourds dans la boue sèche

Tableau IV.8 : Concentration en ppm des métaux lourds dans la boue hydratée

Tableau IV.9: Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées.

Tableau IV.10:Les Normes européennes des rejets des eaux usée

TableauIV.11: Les Normes Algériennes des rejets des eaux uses

Tableau IV.12: table de MAC-GRADY (Franck, 2002)

Liste des abréviations

Liste des abréviations

abréviations	Signification
STEP	Station d'épuration
NPP	Nombre le Plus Probable
DBO ₅	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
pH	Potentiel d'hydrogène
MES	Matières en suspension
EH	Equivalent Habitant
ADE	Algérienne Des Eaux
CE	La conductivité électrique
NO ₂ ⁻	Nitrites
NO ₃ ⁻	Nitrates
PO ₄	Phosphores
NH ₄ ⁺	Ammoniaque



REMERCIEMENTS

Dieu merci d'avoir terminé ce travail

*Tout d'abord nous tenons à remercier Notre encadreur Monsieur le docteur **MOUSSAOUI Yacine** pour l'effort qu' il a déployé pour que ce travail a pu voir le jour.*

Nous tenons aussi à remercier tous les enseignants de department de chimie qui nous ont aidé et qui ont contribué à notre formation durant la période de nos études universitaires.

Nous remercions les honorables membres du jury qui nous ont font l'honneur de corriger et juger notre travail

A tous les enseignants, à toute la Promotion De 2eme Annee Mastère en pollution chimique et gestion de l'Environnement, amis et tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire.





dédicace

Grace a dieu tous puissant et en signe de reconnaissance à tous les sacrifices consentis pour ma réussite et la volonté pour mener a bien ce travail que je dédie :

Aux personnes les plus chères a mon cœur et qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation, à mes chers défunts parents.

A celui que j'aime beaucoup, mes sœurs Taous, Saida, Fouzia et ma sœur défunte l'ainée Koukha que dieu l'accueille au sein de son vaste paradis, mes frères Hmimi, Hocine et Rabah.

A toute ma famille, mes amies.

A mon binôme Said et toute la famille MOHALBI, KHEDDOUSSI, BEKRI, SEHABI, AIT SOUKI et BACHIRI, spécialement SONIA.

A mes chers amis de village d'Igheldanne , mes amis d'Ouargla et Guelma.

Au personne qui m'ont toujours aidé et encouragé, qu'étaient toujours à mes cotés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemins d'études supérieures, mes aimables ames, collègues d'études frères de cœur.

Et à tous ce qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, je vous dis merci.



dédicace

Grace a dieu tous puissant et en signe de reconnaissance à tous les sacrifices consentis pour ma réussite et la volonté pour mener a bien ce travail que je dédie :

Aux personnes les plus chères a mon cœur et qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation, à mes chers parents.

A celui que j'aime beaucoup, ma femme,mes enfants, et mes frères

A toute ma famille, mes amis.

A mon binôme Nabil et toute la famille BENCHEHEM entière.

A mes chers amis .

Au personne qui m'ont toujours aidé et encouragé, qu'étaient toujours à mes cotés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemins d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'études et frères de cœur.

Et à tous ce qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, je vous dis merci.

Introduction

Introduction:

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un petit volume de résidu, les boues, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques.

Le traitement biologique à boues activées utilise les bactéries qui représentent la biomasse afin de dégrader la pollution présente dans le substrat. Ces réactions fonctionnent en aérobie, elles nécessitent pas donc de l'oxygène. L'épuration est une synergie entre la présence d'oxygène dans le bassin d'aération, et l'apport constant de pollution carbonée, « nourriture » des bactéries, via les effluents et à un brassage optimum (mise en contact de la biologie avec le substrat).

la méthanisation est une fermentation de la matière organique des boues en l'absence d'oxygène. Cette technique permet une réduction supplémentaire (jusqu'à la moitié) du volume des boues, ce qui rend le stockage et le transport plus aisés et moins onéreux. La digestion anaérobie produit d'une part un digestat pouvant être valorisé en agriculture et, d'autre part, du biogaz principalement constitué de méthane (environ 65 %) et de dioxyde de carbone (environ 35%). Depuis quelques dizaines d'années, la méthanisation est également considérée comme une voie de valorisation énergétique efficace si le biogaz produit est récupéré et réutilisé.

Le but recherché par ce travail est d'étudier la qualité des eaux usées de la station d'épuration avant et après traitement et par conséquent de voir la fiabilité des procédés utilisés dans cette station qui fonctionne avec procédé de boues activées.

Pour cela, nous avons structuré ce travail en quatre chapitres :

- Le premier est consacré à donner des idées générales sur les eaux usées, les modes de leur épuration .
- Au deuxième chapitre, nous présentons les matériels et méthodes utilisés pour la réalisation du présent travail.

Introduction Général

- Le troisième chapitre, nous l'avons réservé à la présentation du site d'étude avec un bref aperçu sur le climat de la région, on a mis les différentes méthodes d'analyses utilisées.
- Le dernier chapitre, constitue l'essentiel de ce mémoire, lequel porte résultats et discussions et le montage de digesteur.

Chapitre I

Traitement des eaux usées

I. Définition

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources. Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. L'eau de pluie, ainsi que les différents polluants qui s'écoulent dans les égouts, aboutissent dans les établissements de traitement des eaux usées. Les eaux usées peuvent aussi provenir de sources agricoles et industrielles. Certaines eaux usées sont plus difficiles à traiter que d'autres, par exemple; les eaux usées industrielles sont difficiles à traiter, tandis que les eaux usées domestiques sont relativement faciles à traiter.

Une eau est considérée comme « eau usée » lorsque son état, sa composition sont modifiés par les actions anthropiques dans une mesure telle qu'elle se prête moins facilement à toutes ou certaines des utilisations auxquelles elle peut servir à l'état naturel. Aujourd'hui, on parle de plus en plus des notions d'eaux claires [1].

I.1. Pollution

La pollution est la dégradation d'un milieu naturel par des substances extérieures, introduites de manière directe ou indirecte, qui affecte et modifie parfois de façon durable la santé humaine, la qualité des écosystèmes et la biodiversité aquatiques ou terrestres.

On considère ainsi une pollution lorsqu'un écosystème ne peut pas ou plus dégrader les substances introduites dans son milieu par conséquent le seuil critique de sa capacité à éliminer naturellement les substances est dépassé : l'équilibre de l'écosystème est dit brisé. En outre, une définition contemporaine du terme pollution le désigne comme étant un phénomène ou élément perturbateur d'un équilibre établi et plus particulièrement si cet élément est nuisible à la vie. [1]

I.1.1. Définition de la pollution

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentation, inconforts divers, risques sanitaires, etc.) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons [2]

La pollution des eaux résiduaires urbaines et industrielles peut se caractériser selon son état (solide, colloïdal ou en suspension) et sa nature (minérale ou organique).

I.1.2. Principaux types de pollutions

Il existe trois types de pollution

I.1.2.1. Pollution minérale

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais, ex (plomb, du cuivre, du fer, du zinc et du mercure). [3]

I.1.2.2. Pollution microbiologique

C'est une pollution d'origine humaine ou animale. [2]

I.1.2.3. Pollution organique

La pollution elle organique constitue la partie la plus importante et comprend essentiellement des composés biodégradables.

Ces composés sont :

- * **Les protides**
- * **Les lipides**
- * **Les glucides**

I.2. Types des eaux usées

Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants provenant de différents usages domestiques, des activités industrielles, agricoles et les eaux de ruissellement [4].

Les eaux usées sont réparties en 5 catégories :

I.2.1. Eaux usées domestiques

Ces eaux sont constituées par les eaux usées ménagères provenant des usages domestiques (eaux de bain et de lessive) et les eaux vannes (urines et fèces).

En général, ces eaux sont chargées en matières organiques, graisses et produit d'entretiens ménagers. Elles présentent une bonne biodégradabilité [5].

I.2.2. Eaux usées industrielles

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi-industrielles (station de lavage et graissage, station d'essences, etc.) qui sont caractérisés par une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution [4].

I.2.3. Eaux usées pluviales

Ces eaux proviennent des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de pluie par deux mécanismes:

- ✚ Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées,
- ✚ La remise en suspension des dépôts des collecteurs [5].

I.2.4. Eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines sont d'abord formées par un mélange d'eau usées domestiques et d'eaux usées industrielles. Il s'y ajoute une troisième composante formée par les eaux de pluie et les effluents des installations collectives (hôpitaux, commerces, casernes, etc.) [6].

I.2.5. Eaux de drainage

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à un système de drainage.

Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- ✚ Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisées comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissent la teneur en oxygène des eaux courantes compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.

- ✚ Apport des pesticides chlorés ou phosphores de désherbants et d'insecticides.
- ✚ En région viticole, apport du sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes [7].
- ✚ En région désertique, c'est particulièrement le problème de salinité des eaux de drainage qui se pose.

Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants provenant de différents usages domestiques, des activités industrielles et agricoles et les eaux de ruissellement.

I.3. Les étapes de traitement

Il existe trois types de trait

I.3.1. Les prétraitements

Les dispositifs de prétraitement sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval [8].

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements [9].

I.3.1.1. Dégrillage

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet [10]:

- De protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution.

L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre barreaux de grille; on peut distinguer :

- Dégrillage fin, pour écartement inférieur à 10 mm.
- Dégrillage moyen, pour écartement de 10 à 40 mm.
- Pré-dégrillage, pour écartement supérieur à 40 mm.

I.3.1.2. Dessablage

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 μ m [11]. La vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). On calcule la section du dessableur de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,20 à 0,30 m/s, on évite ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables.

Les ouvrages à prévoir pour obtenir une vitesse d'écoulement de 0,30 m/s sont, par ordre d'importance :

- Les dessableurs couloirs (écoulement rectiligne), dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante.
- Les dessableurs circulaires à alimentation tangentielle ou à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter le dépôt de matières organiques, en heures creuses, avec faible débit).
- Les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air. On insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit, laquelle, beaucoup plus faible, peut alors être variable sans inconvénient. Le

sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant.

I.3.1.3. Dégraissage-déshuilage

L'opération dégraissage-déshuilage consiste à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graissages par flottation. Souvent ces opérations sont combinées dans un même ouvrage ou la réduction de vitesse dépose les sables et laisse flotter les graisses. On enlève ainsi de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimension supérieure à 200 microns ainsi que 80 à 90% des graisses et matières flottantes (soit 30 à 40 % des graisses totales) [12].

I.4.2. Traitement primaire

Le traitement primaire consiste à réaliser l'étape de décantation qui élimine jusqu'à 60 % des matières en suspension (MES), et environ le tiers de la DBO₅ entrante. Les boues produites fortement organiques et fermentescibles sont acheminées vers l'unité de traitement boues. La phase aqueuse résultante, non-conforme aux seuils de rejet, est acheminée vers le traitement secondaire [16]. Si le traitement secondaire n'existe pas, comme c'est le cas dans de nombreuses villes côtières ou riveraines d'un grand fleuve, la décantation est optimisée par ajout de coagulant et de floculant qui améliorent notablement l'épuration.

La décantation a lieu dans des décanteurs circulaires racles ou dans des décanteurs lamellaires. Le traitement primaire est une étape facultative. Dans de nombreuses stations, le flux prétraité est directement envoyé vers la phase de traitement secondaire.

I.4.3. Traitement secondaire

À l'issue des traitements précédents, la majorité des polluants est présente à l'état dissous [13]. Le traitement secondaire de nature biologique a pour but d'éliminer la pollution carbone, azote et phosphore. Il utilise la capacité auto-épuratrice de microorganismes dont l'activité est améliorée en les plaçant dans des conditions optimales. De nombreux procédés peuvent être utilisés [12]:

- boues activées.
- Lit bactérien.
- Lagunage.
- Biofiltration.
- Disques biologiques.

-Méthode de traitement par plantes.

I.4.4. Le traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser systématiquement cette microflore dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des eaux résiduaires. L'élimination de la pollution organique sous forme finement colloïdale ou en solution, est essentiellement le fait de procédés d'épuration biologiques. Dans l'état actuel de nos connaissances, la voie biologique constitue, en raison de son efficacité et de sa rusticité, le mode le plus utilisé d'épuration secondaire des eaux résiduaires urbaines et de certaines eaux industrielles.

Son principe est de provoquer en présence ou non d'oxygène une prolifération plus ou moins contrôlée de micro-organismes capables de dégrader les matières organiques apportées par l'effluent. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non accessible de la pollution (matières colloïdales et dissoutes) en une forme manipulable (suspension de microorganismes). Les micro-organismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de flocs et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes (Figure 1). Une partie des éléments polluants qui n'est pas dégradée biologiquement peut être adsorbée et incorporée aux flocs de boues.

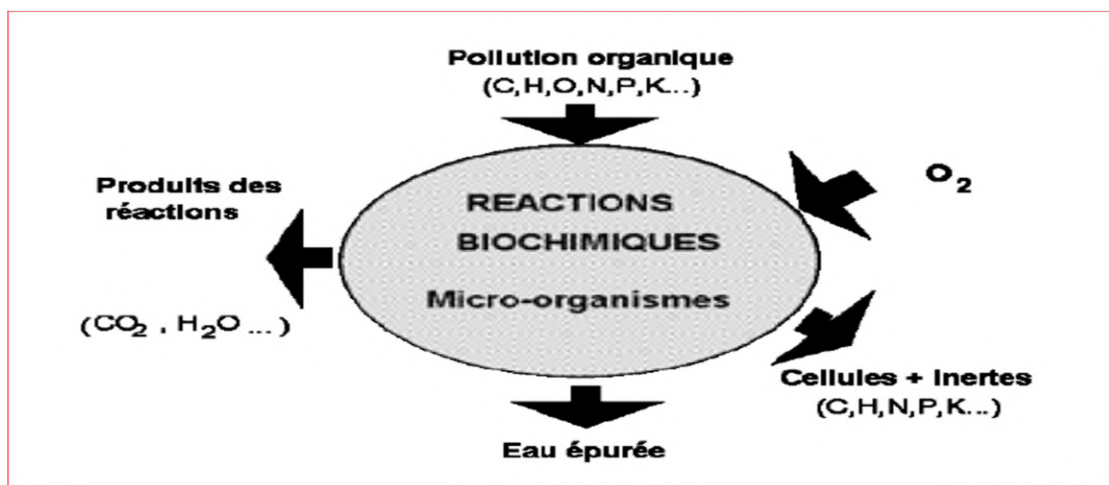


Figure 1 :Epurationbiologiqueaérobie

De nombreux micro-organismes ayant différentes vitesses de croissance, tels que les bactéries, les algues, les champignons et les protozoaires sont associés à ce processus de dégradation. Les bactéries restent cependant les micro-organismes les plus impliqués dans ce processus (environ 95 % des micro-organismes présents dans une boue activée).

L'épuration biologique peut s'effectuer par voie aérobie ou anaérobie. Dans les deux cas ce sont des micro-organismes adaptés au procédé qui se multiplient en absorbant la pollution organique (bactéries hétérotrophes assimilant les matières organiques).

I.4.5. Traitement tertiaire

Ce type de traitement a pour but d'améliorer certains paramètres spécifiques de la qualité des rejets dans un milieu naturel vulnérable. Parmi ces traitements, les plus importants sont les suivants [14]:

- Désinfection lorsque le rejet a lieu dans un milieu aquatique à usage balnéaire, pour diminuer les risques de contamination (eau potable, conchyliculture...) ou pour réduire les risques liés aux perturbateurs endocriniens. L'oxydation par les UV ou par l'ozone est la plus utilisée actuellement.
- Traitement de finition afin de diminuer au maximum les MES, la DBO₅, la DCO (filtre sable), les teneurs en phosphore (précipitation chimique).
- Traitement sur charbon actif utilisé pour éliminer par adsorption les molécules résistantes aux traitements biologiques (c'est le cas lorsque les STEP recueillent des eaux usées industrielles). Ce traitement élimine également les couleurs et les odeurs des rejets.

I.4.6. Traitement des boues

Les boues à traiter sont constituées de la pollution particulaire provenant du décanteur Primaire et des boues biologiques en excès provenant du clarificateur [16-15].

Différentes étapes sont alors nécessaires afin de les éliminer ou éventuellement de les valoriser :

- Réduction de volume: épaissement gravitaire ou dynamique, déshydratation (filtration, centrifugation), digestion anaérobie ou aérobie, séchage thermique.
- Réduction des nuisances olfactives: compostage.
- Réduction des germes pathogènes: chaulage, digestion aérobie ou anaérobie.
- Incinération.

I.5. Paramètres physico-chimiques

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son alternation, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimique du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des STEP de traitement et dans les milieux naturels.

I.5.1. Température

La température régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau : quand la température augmente, l'oxygène dissous diminue.

Elle influe également sur la décomposition de la matière organique le développement des parasites responsables de certaines maladies et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxiques [17].

I.5.2. Odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde [8].

I.5.3. Couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution (composés organiques colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul du domaine du visible [9].

I.5.4. Les matières en suspension et les colloïdes

Elles sont caractérisées par leurs natures de composition, elles sont toutes matières minérale ou organique représentées par les éléments suivants :

-La silice, le tartre provenant des canalisations, la poussière et les matières organiques non dissoutes.

-Les matières en suspension présente dans l'eau usées ou naturelle peuvent être estimée grâce à des quantités de matières en suspension totales (MST).

I.5.5. Turbidité

La turbidité est liée à la présence plus ou moins importante de matière en suspension d'origine minérale ou organique [15, 16].

I.5.6. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 et 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle [18].

I.5.7. Conductivité

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées [14].

Chapitre II
Traitement des boues et processus de
méthanisation

II.1 Introduction

On doit considérer que le terme générique de « boues » désigne le résidu issu de la séparation liquides-solides, à la sortie immédiate des unités de décantation et de clarification du traitement de l'eau. Leur extrême diversité va de pair avec une composition très hétérogène. Pour des raisons voisines de celles expliquant leur hétérogénéité de composition, leur bilan volumineux et massique est très variable d'une boue à l'autre.

Les quantités de boues produites dépendent de la nature et des caractéristiques physico-chimiques des eaux résiduaires, du conditionnement chimique appliqué dans le cadre d'une épuration physico-chimique, du type de traitement selon des procédés à haute, moyenne ou faible charge), de la stabilisation (chimique ou biologique) utilisée des boues et du type d'appareil de séparation (décantation statique, lamellaire ou aéroflottation) utilisé [19].

II.2. Les Boues

Les boues épuratrices se présentent sous forme d'amas formés de microorganismes (bactéries, champignons, protozoaires, métazoaires), de débris minéraux, de végétaux, et d'animaux divers . Cet ensemble forme un écosystème où bactéries et champignons consomment la « pollution » avant d'être consommés eux-mêmes par les protozoaires et métazoaires .

II.2.1. Définition

Les boues sont définies comme «un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent» [20].

Elles sont les sédiments résiduaires issus du traitement des eaux usées ; les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un pré-traitement obligatoire.

Les eaux usées sont collectées puis acheminées vers les stations d'épuration où elles sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée vers le milieu naturel et il reste les boues résiduaires qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques [21].

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) [22].



FIGURE II.1: BOUE DE STEP DU GUELMA

II.2.2. Classification des boues

- **Boues de procédé**

Déchets généralement pâteux issus de la chaîne de fabrication, non rejetées avec les eaux industrielles compte tenu de leurs propriétés (concentration élevée, toxicité pour le traitement chimique des eaux, etc.) ;

- **Boues d'épuration**

Elles désignent l'ensemble des phases concentrées issues des opérations de séparation de phase (décantation, filtration...) du traitement des eaux industrielles.

Un bon traitement des boues, c'est d'abord bien le connaître dans leur aspects qualitatifs et quantitatifs, mais aussi s'avoir apprécié l'ensemble des contraintes pesant sur le traitement et la dévolution des boues.

II.2.3. Les différents types de boues d'épuration:

Selon le type de traitement des eaux usées, une station d'épuration peut produire, à l'origine, trois grandes catégories de boues [23].

II.2.3.1. 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.

II.2.3.2. Boues de traitement physico-chimiques

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 et séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant. Les boues physico-chimiques sont surtout produites dans des stations balnéaires ou touristiques, aux variations de populations très grandes sur une courte période

II.2.3.3. Boues de traitement biologique

Ces boues sont essentiellement formées par les résidus de bactéries cultivées dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries se sont nourries des matières organiques contenues dans les eaux usées dont elles les ont digérées.

Pour maintenir l'activité biologique de la station à un bon niveau, une partie de la masse des bactéries ou "biomasse en excès" doit être prélevée soutirée régulièrement, entretenant ainsi la dynamique de reproduction bactérienne.

Tableau II.1: Différents types de boues de STEP

Type de boue	Boues primaires	Boues biologiques (boues secondaire ou boues activées)	Boues mixtes	Boues physico- chimiques
Origine	traitement primaire par décantation	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 de boues biologiques	
	couleur grise siccité 5%	boue granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile siccité 1-2%	siccité 5%	siccité 4-5%

II.3. Caractéristiques des boues

Une boue est aussi représentée par plusieurs données numériques qui permettent de la caractériser [24] :

- **Siccité**

La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %.

- **Taux de matières volatiles sèches (MVS)**

La matière sèche est constituée de matières minérales et de matières organiques qui sont appelées matières volatiles sèches. La concentration en MVS est un taux par rapport à la matière sèche totale. Le suivi de ce taux permet de connaître la stabilité d'une boue.

- **Consistance**

La consistance est un état physique dépendant de la siccité.

- ✓ Boues liquides / siccité de 0 à 10 %
- ✓ Boues pâteuses / siccité de 10 à 25 %
- ✓ Boues solides / siccité de 25 à 85 %
- ✓ Boues sèche / siccité supérieure à 85 %

La diversification des modes de valorisation des boues est souhaitable vu le taux élevé de production de celles ci.

II.4. Origine et Composition des boues résiduaires

Le terme générique de boues désigne le résidu issu de la séparation solide liquide, à la sortie des unités de décantation et de la clarification de traitement des eaux.

Pour les différentes provenances possibles des boues de traitement de l'eau deux grands réseaux peuvent être retenus :

- ❖ Le réseau urbain avec la production de boues résiduaires urbaines et de boues d'eau d'adduction ou d'eau potable.
- ❖ Le réseau industriel avec la production de boues issues de traitement de l'eau avant utilisation et des boues résiduaires [25].

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) [26].

II.4.1. 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) [27].

II.4.2. 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. 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 [28].

II.4.3. Contaminants chimiques, organiques et inorganiques

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, zinc, chrome et nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses. D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels. Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues, une multitude des polluants organiques peut se trouver en concentration en général de l'ordre de $\mu\text{g}/\text{kg}$. La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants, déchets de bricolage...). Du fait de la décantation lors du traitement, ces contaminants chimiques se retrouvent dans les boues à des très grandes concentrations par rapport aux eaux usées [28].

II.4.4. Les micro-organismes pathogènes

Les boues contiennent des milliards des 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 [28].

II.5. Propriétés des boues

II.5.1. Propriétés physiques des boues

Les boues d'origine primaire ou secondaire se présentent sous forme d'un liquide contenant des particules homogènes en suspension, leur volume représente de 0.05 à 0.5% du volume d'eau traitée pour les boues fraîches alors qu'il est légèrement inférieur pour les boues activées et autres procédés biologique, la floculation de l'eau augmente le volume des boues surtout leur poids de 10% environ. La couleur de boues varie entre le brun et le gris et leur odeur et souvent très désagréable car ce sont des produits facilement fermentescibles et il y a un début de décomposition. Pour leur traitement ultérieur, on a besoin de connaître plusieurs paramètres qui définiront leur aptitude à la déshydratation et à la filtration [29].

II.5.1.1. La teneur en matière sèche

Il s'agit de mesurer le poids du résidu sec après chauffage à (105 °C) jusqu'au poids constant, on l'exprime généralement en pourcentage, celui-ci varie de 3 à 8 % de matière sèche [29].

II.5.1.2. La teneur en matière volatile

On mesure cette teneur par la différence entre le poids de boues sèches (105 °C) et celui de cette même boue après chauffage jusqu'au poids constant à 550 °C, cette teneur varie de 60 à 85% des matières sèches [30].

II.5.1.3. La teneur en eau

L'eau contenue dans les boues se présente sous quatre grandes classes : l'eau libre, l'eau interstitielle, l'eau vicinale et l'eau d'hydratation.

- L'eau libre qui s'élimine facilement par filtration ou décantation ;

- L'eau interstitielle : C'est l'eau prisonnière des enchevêtrements des polymères ou enfermée dans les pores des floes suite à l'agglomération des particules. Cette fraction est liée à la surface des particules solides par des liaisons hydrogènes fortes ;
- L'eau vicinale représente une épaisseur équivalente à une dizaine de molécules d'eau autour des particules. Elle est éliminée par séchage thermique à plus de 65°C ;
- L'eau d'hydratation : C'est la fraction d'eau chimiquement liée aux particules, elle ne peut être éliminée que par des dépenses très importantes d'énergie thermique [30].

II.5.1.4. La viscosité

Les boues ne sont pas des liquides newtoniens, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, cette viscosité permet de définir leurs caractères thixotropiques (aptitude à se prendre en masse au repos et devenir fluide après brassage) qui est important pour leur transport [31].

II.5.1.5. La charge spécifique

Ce paramètre permet de mesurer l'aptitude à la décantation des boues, il est exprimé en (Kg/m²/j).c'est la quantité de la matière sèche décantée sur l'unité de surface, cette charge dépend de la teneur en matière volatile [31].

II.5.1.6. La résistance spécifique

Il s'agit de mesurer l'aptitude à la filtration des boues sous une pression donnée, cette résistance s'exprime en m/kg [31].

II.5.1.7. La compressibilité

Lorsqu'on fait croître la pression au dessus d'un filtre, on obtient une augmentation de la résistance à la filtration, la représentation logarithmique de la résistance spécifique en fonction de la pression augmente et atteint des valeurs de l'ordre de 10 bars, la filtration de l'eau contenue dans les boues est pratiquement bloquée, on atteint alors la siccité limite [32].

II.5.1.8. Le pouvoir calorifique

Les teneurs en matières organiques des boues leur donne une aptitude à la combustion non négligeable qui permet de les incinérer [13]. (A.F.E.E ,1974).

II.5.2 Propriétés chimiques des boues

Les boues contiennent (N, P₂O₅, K₂O, Mg), ce sont des substances qui favorisent la croissance des plantes et donc qui ont une très grande importance pour l'utilisation agricole des boues. Ainsi ; elles possèdent en faible quantité, de nombreux produits qui peuvent être soit toxiques pour les plantes (le bore, par exemple), soit présentés des inconvénients ou même des dangers pour l'homme [30].

II.5.3. Propriétés biologiques des boues

On dénombre de très nombreux types de bactéries dans les boues. Une partie de celle-ci est d'origine fécale et certaines proviennent de porteurs de germe, elles peuvent donc être pathogènes. Ce qui concerne les virus, on trouve des entérovirus, des adénovirus et des rétrovirus sur les matières organiques des boues. Dans les boues primaire et secondaire on trouve des algues, par contre dans le lagunage naturel, une grande partie de boues est constituée de détritres d'algues. Dans les boues activées on trouve des larves, des insectes, des crustacés et même par fois de petites araignées [30].

II.6. FILIERE DE TRAITEMENT DES BOUES RESIDUAIRES

II.6.1. Définition

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 [30].

II.6.2. Objectifs

Le traitement des boues doit répondre à au moins l'un des objectifs suivants :

- ✚ la réduction du volume des boues, afin de faciliter leur manutention et diminuer leurs frais d'élimination finale ;
- ✚ La réduction des nuisances olfactives, ce qui implique évidemment, la stabilisation des boues riches en matières organiques fermentescibles ;
 - Valoriser le mieux possible les boues produites [33].

II.6.3. Procédés de traitement

L'épuration des eaux, plus ou moins polluées, qu'il s'agisse de la production d'eau d'adduction, d'eau pour l'industrie ou d'épuration d'eau résiduaires, consiste à extraire, en

général par décantation, les éléments polluants, qui sont soit sédimentables initialement, soit transformés en matières sédimentables par un traitement approprié (traitement biologique secondaire - traitement physicochimique de coagulation - floculation).

La qualité et les caractéristiques des boues produites dépendent non seulement des caractéristiques de l'effluent à traiter mais encore du procédé de traitement choisi [34].

Les boues issues de traitement secondaire subissent plusieurs étapes de traitement avant d'être rejeté dans le milieu naturel ou d'être réutilisé à des fins agricoles.

La Figure (II.2) regroupe les différentes filières de traitements possibles des boues.

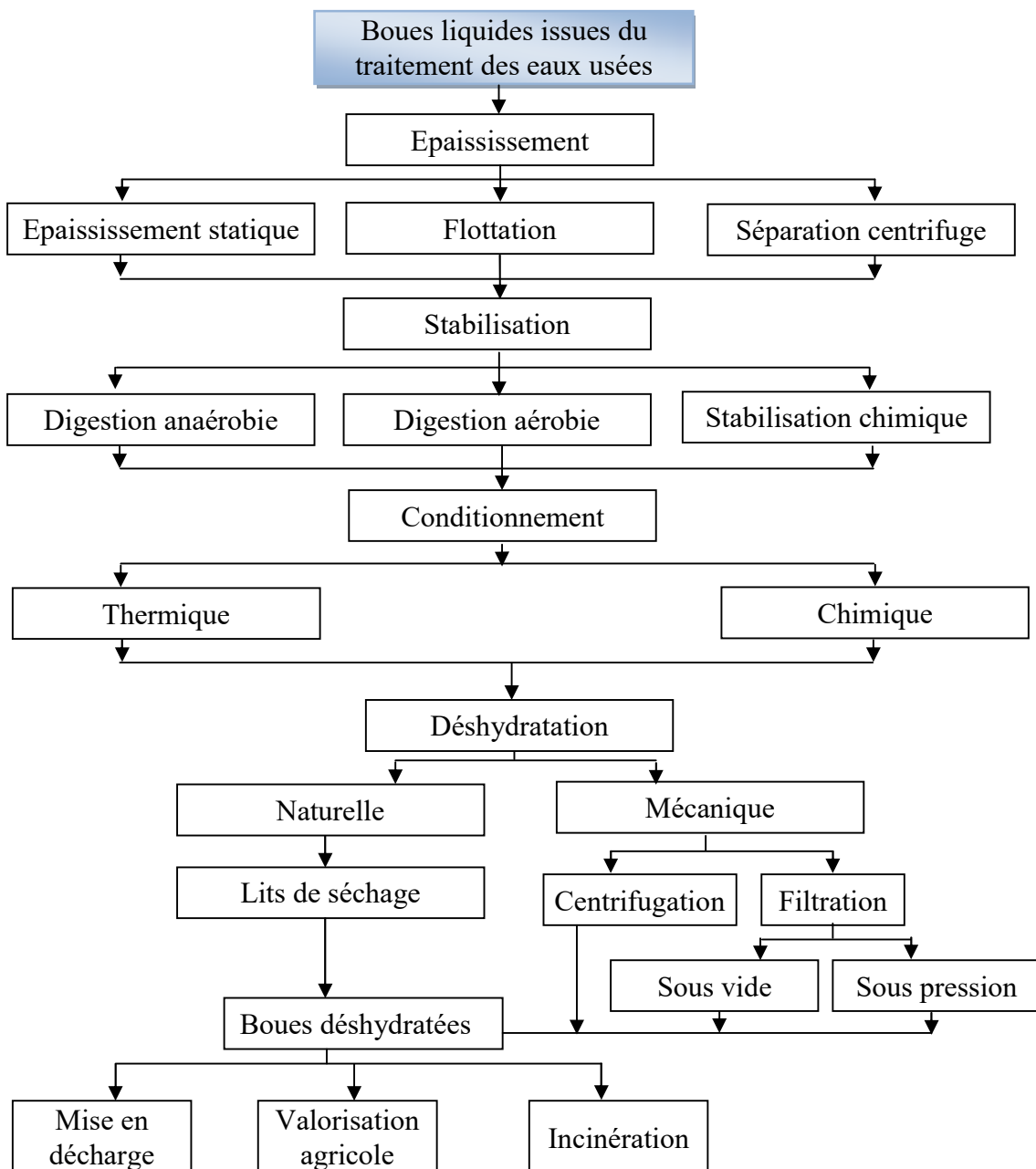


Figure II.2 : Différentes filières de traitement des boues résiduairees.

II.6.3.1. Epaissement

C'est le premier stade de réduction du volume des boues à traiter avant de les rejeter dans le milieu naturel ou éventuellement les réutiliser.

Cette phase correspond à une sédimentation et une compression des particules, c'est-à-dire que chaque particule continue de décanter, mais elle est gênée dans son mouvement par des particules environnantes. Les vitesses de décantation sont alors très faibles (quelques cm/h), ce qui impose un temps de séjours relativement important (Notice d'exploitation ONA).

L'épaissement peut se faire de 4 manières : par épaissement gravitaire ; par flottation ; par centrifugation et par égouttage [25].

Le Tableau 1 (annexe I) situe les performances et les coûts d'exploitation en énergie, des différentes techniques d'épaissement des boues biologiques, citées ci-haut.

II.6.3.2. Stabilisation

Les traitements utilisés sont de types biologiques, chimiques ou thermiques. Ils s'appliquent aux boues fraîches issues des traitements primaires, aux boues issues des traitements secondaires, ou à l'ensemble des boues.

- La stabilisation biologique réduit la teneur des boues en matières fermentescibles. Elle se fait soit par voie aérobie (en présence d'oxygène) dans les bassins d'aération ou dans des bassins de stabilisation aérobie, soit par voie anaérobie (absence d'oxygène) dans des digesteurs avec production de biogaz riche en méthane.
- La deuxième technique de stabilisation utilisée est le compostage qui est un procédé particulier de stabilisation biologique aérobie. Il se réalise de préférence sur des boues déjà déshydratées de façon à économiser l'approvisionnement en support de compostage.
- La troisième voie possible est la stabilisation chimique qui bloque simplement l'activité biologique et donc l'évolution de la boue, par adjonction d'une quantité importante de chaux, élevant le pH au-delà de 12. Le chaulage suppose généralement une déshydratation préalable des boues [35].

II.6.3.3. Conditionnement

C'est un procédé permettant de rompre la stabilité colloïdale des boues et par conséquent d'assurer leur floculation, de faciliter le drainage, la filtration ou la centrifugation lors de la déshydratation ultérieure [36].

On distingue principalement deux types de conditionnement :

- **Conditionnement chimique** : C'est le procédé le plus utilisé pour la déshydratation des boues organocolloïdales par filtration sous vide ou sous pression ; il peut être réalisé par l'adjonction de réactifs minéraux (sels ferriques et d'aluminium, utilisés conjointement avec de la chaux) conduisant à la formation de floccs relativement stables.

Le conditionnement chimique peut aussi se faire par l'adjonction de polymères de synthèse [37].

- **Conditionnement thermique** : a pour but de rompre les liaisons entre l'eau et les matières colloïdales de la boue à traiter, afin d'en faciliter la déshydratation. Ce procédé consiste à faire augmenter la température de la suspension boueuse au-delà de 180 °C pendant un temps déterminé, sous une pression légèrement supérieure à la pression de vapeur saturante pour la température choisie, afin d'éviter la vaporisation de l'eau de constitution et l'émission consécutive d'odeurs nauséabondes [32].

II.6.3.4. Déshydratation

La déshydratation des boues constitue la deuxième étape de réduction du volume des boues. Elle s'opère sur des boues épaissies, stabilisées ou non, en vue d'une élimination plus ou moins poussée de leur humidité résiduelle de manière à les rendre soit pelletables (siccité de 16-30%), soit solides (siccité supérieure à 30%) [15]. On peut avoir recours pour cela à :

- **Une déshydratation par drainage naturel** à l'air libre sur des lits de sable drainés. Pour des raisons d'hygiène, cette déshydratation naturelle n'est à retenir que sur des boues bien stabilisées et non putrescibles, elle se fait par l'infiltration de l'eau à travers le milieu et par évaporation [38].

- **Une déshydratation mécanique** repose sur deux principes :

1. **Déshydratation par filtration** grâce à des matériaux filtrant par une simple action gravitaire ou une différence de pression, par exemple filtration sous vide, filtration sous pression, déshydratation sous pression progressive [25].

2. **Déshydratation par centrifugation** dont le principe, qui relève de la loi de la pesanteur, peut être assimilée à une sédimentation accélérée en raison de l'augmentation artificielle du champ de la gravitation par l'action de la force centrifuge [30].

II.6.3.5. Destination finale

Actuellement trois destinations ultimes sont possibles et pratiquées à l'échelle industrielle :

- **La valorisation** : Quand elle est possible des boues :
 - **Réutilisation agricole** par épandage des boues liquides, après compostage ou après séchage thermique sous forme de granulés. Cette voie d'élimination des boues est intéressante et doit être prioritaire chaque fois qu'elle est réglementairement, techniquement et économiquement possible.
- **La mise en décharge** : cette voie s'accompagne de phénomènes complexes relevant des interactions entre les constituants des boues. En effet, ce mode d'élimination entraîne des risques de lixiviation par les eaux de ruissellement [34].
- **L'incinération des boues** : c'est-à-dire transformer par oxydation les constituants organiques en composés stables (CO_2 , H_2O , NO_2 , SO_2 , etc...) et évaporer l'eau contenue dans les boues. Il ne reste, après passage au four, que des cendres inertes ne contenant que les matières minérales présentes dans les boues de départ [35].

II.6.4. La méthanisation: définition et principes.

La méthanisation est le procédé biologique qui permet de produire du méthane à partir de déchets organiques (et quelques fois minéraux). Au cours de sa production, le méthane est la plupart du temps mélangé à du gaz carbonique et d'autres gaz en petites quantités, ce mélange est appelé le Biogaz. Le méthane est riche en énergie : 35 MJ/m^3 (10 kWh/m^3).

Le pourcentage de méthane peut varier de 40 à plus de 80%, le reste étant principalement du CO_2 (20 à 60%), de l' H_2S (env. 1%) et de la vapeur d'eau.

Le biogaz produit par les boues est particulièrement riche en méthane et le pourcentage volumique atteint généralement 75 à 80%.

La production de méthane correspond toujours à 350 litres par kg de DCO dégradée (Demande Chimique en Oxygène (mesurant les quantités de matière dégradable chimiquement)).

Le procédé biologique se déroule dans des réacteurs (digesteurs), dans des bassins ou lagunes en l'absence d'air : le processus est la digestion anaérobie.

Les matières organiques fermentent grâce à des ensembles de bactéries en trois étapes : hydrolyse, acidogenèse et méthanogenèse.

II.6.4.1. Le procédé

Comme il s'agit d'un procédé de fermentation en absence d'oxygène, il doit être réalisé à l'intérieur d'un réacteur, appelé biodigesteur, qui contient les différents microorganismes nécessaires au déroulement de la réaction biochimique. Généralement, quatre phases impliquant des microorganismes spécifiques sont requises pour réaliser une méthanisation :

Phase 1 – Hydrolyse

Cette première phase consiste à dégrader les molécules organiques complexes telles que glucides, lipides et protéines à l'aide d'enzymes en molécules simples : sucres, acides aminés et acides gras. L'hydrolyse de la cellulose et des lipides est parfois lente et peut limiter le taux global de dégradation par le procédé de méthanisation.

Phase 2 – Fermentation (Acidogénèse)

La fermentation de ces molécules simples génère des alcools et des acides organiques, ainsi que de l'hydrogène et du dioxyde de carbone.

Phase 3 – Acétogénèse

L'étape d'acétogénèse permet la transformation des divers composés issus de la phase précédente en précurseurs directs du méthane : l'acétate d'une part, et le dioxyde de carbone ainsi que l'hydrogène, d'autre part. Cette phase permet une croissance rapide des bactéries spécifiques et n'est pas limitative pour le taux de dégradation.

Phase 4 – Méthanogénèse

La méthanogénèse conduit à la formation de méthane par deux voies distinctes : la voie de l'hydrogène combiné et du dioxyde de carbone ainsi que celle de l'acétate. Cette phase est anaérobie stricte et requiert une faible agitation de l'effluent. Les bactéries qui procèdent à cette phase ont une croissance plus lente que les bactéries acidogènes et sont sensibles à la température de fonctionnement et au pH.

Aussi, ce processus se déroule naturellement dans des milieux anaérobies :

- dans les marécages, dans les panses des bovins,...
- dans les décharges d'ordures,
- dans les lagunes d'eaux usées suffisamment profondes (> 3m).

II.6.4.2. Paramètres intervenant dans la biométhanisation

La méthanisation est employée à grande échelle dans les stations d'eaux usées des pays industriels.

Le méthane a un 'effet de serre' 21 fois plus important que le gaz carbonique. Sa combustion contribuera à réduire l'effet de serre et les odeurs (oxydation de l' H₂S malodorant). Ainsi, le biogaz collecté est brûlé en torchères ou valorisé (production d'électricité et de chaleur). Le CO₂ rejoint le cycle naturel du carbone et le biogaz ne contribue pas ainsi à l'effet de serre.

La digestion anaérobie se déroule à différentes températures (de env. 10 à 55°C) avec toutefois deux optimums :

- la fermentation mésophile à 35°C,
- la fermentation thermophile à 55°C.

On parle de fermentation psychrophile pour les températures inférieures à env. 20°C.

Tous les substrats ne sont pas méthanisables, le pH doit se maintenir (naturellement ou par l'ajout de 'neutralisants') entre 6,5 et 7,5 dans le digesteur. Dans les bassins ou lagunes d'eaux usées, le pH se stabilise généralement et naturellement aux environs de 7.

Dans les procédés traditionnels (digesteur complètement mélangés), les substrats doivent séjourner assez longtemps dans le digesteur pour que les bactéries puissent se multiplier et digérer la matière organique :

- à 55°C, il ne faut que quelques jours (< 20) pour assurer une fermentation suffisante,
- 35°C, un temps de séjour de 30 jours est suffisant,
- en dessous, les temps de séjour peuvent atteindre 60 à 100 jours.

Le temps de séjour sera fonction du substrat et de la température, mais aussi du procédé mis en œuvre.

Les eaux usées peuvent être fermentées dans des digesteurs spéciaux, tels que le filtre anaérobie, les lits fluidisés et l'UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

Ces méthaniseurs ont pour principe de piéger les bactéries qui se fixent sur les particules ou les supports (plastique, PE, polyuréthane,... 'soufflé' ou en anneaux, ..à grande surface spécifique) ajoutés dans le digesteur. Le contact bactéries-matière à fermenter est optimisé par la répartition des liquides et des supports. La vitesse de fermentation est beaucoup plus élevée et le temps de séjour peut être réduit à quelques heures au lieu de plusieurs semaines. Les productions atteignent de 4 à 10 m³ de biogaz par m³ de digesteur au lieu de 1 m³/m³ dans les digesteurs classiques. Les volumes des digesteurs sont réduits.

Dans les bassins ou lagunes, les boues décantées séjournent en général plusieurs mois durant lesquels la fraction organique sera fortement dégradée.

Dans certains cas et pour des substrats particuliers (eaux usées industrielles,...), le processus peut être séparé en deux étapes dans deux cuves différentes : l'une pour l'acidification et l'autre pour la méthanisation.

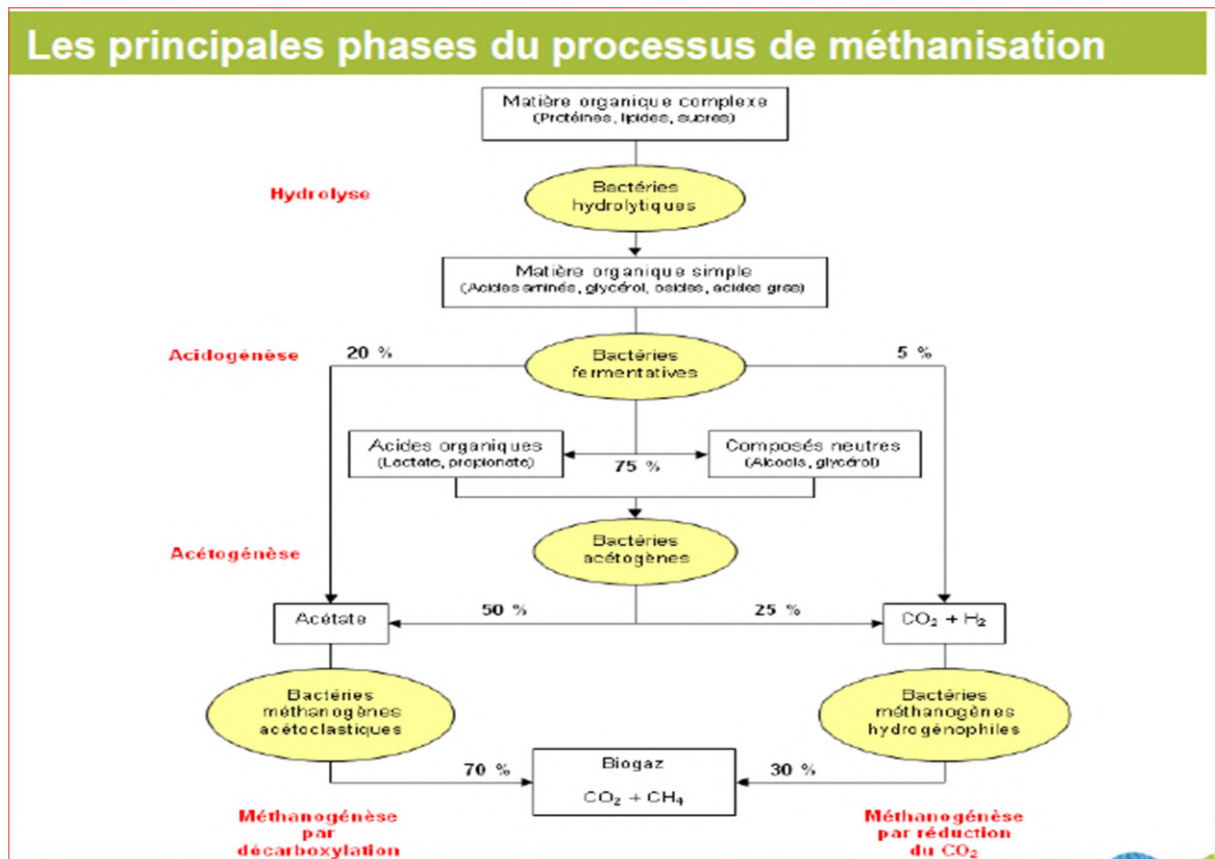


Figure II.3: Les principales phases du processus de méthanisation

II.6.4.3. Valorisation des produits de la méthanisation

Les boues fermentées, lorsqu'elles ne présentent pas de risques (présence excessive de métaux lourds, de germes pathogènes,...) peuvent être utilement valorisées en agriculture car elles n'ont rien perdu de leur valeur agronomique. Seules les teneurs en carbone et en soufre ont diminué, mais tous les autres éléments sont intégralement conservés dans les boues.

Pour réduire les germes pathogènes, les boues seront séchées et compostées avant leur utilisation.

Dans les pays industrialisés, les boues contiennent souvent des taux élevés en dioxine et en métaux lourds. Après le traitement anaérobie, elles sont compressées pour réduire leur volume et sont ensuite soit valorisées en agriculture, soit déposées dans les décharges.

Le biogaz est utilisé en tant que combustible ou carburant, il peut produire de la chaleur ou de l'électricité ou les deux à la fois (co-génération). Il peut aussi être injecté dans les réseaux locaux de gaz.

Son utilisation va surtout dépendre des conditions locales, techniques et socio-économiques et des besoins.

Elle peut être très locale s'il y a un besoin d'énergie sur place (chauffage du digesteur, de locaux, électrification du site) ou à proximité (usines, réseau, habitations,...). Si le site de production est isolé, le biogaz servira à la production d'électricité qui sera revendue.

Selon le mode de valorisation, le biogaz devra être épuré ; dans tous les cas, il est préférable d'enlever l'eau (condensation dans les conduites et purges, déshydrateur, dévésiculateur et séparateur diphasique, tamis moléculaires,...). Pour les moteurs, le biogaz sera en plus épuré de son H₂S corrosif (par de l'oxyde de fer (fer rouillé), du charbon actif ou lavage à l'eau sous pression) et quelque fois de son CO₂ (lavage à l'eau sous pression, tamis moléculaire,...).

Pour le réseau de gaz naturel, l'eau, l'H₂S, les organo-halogénés (par charbon actif), le CO₂, les métaux (charbon actif) et l'oxygène (par traitement thermique catalytique) doivent être enlevés.

Dans les cas les plus simples, le biogaz est utilisé directement dans des appareils résistants à l'H₂S (brûleurs, moteurs robustes, ...).

Les appareils utilisant le biogaz sont :

- les brûleurs, cuisinières, chauffe-eau, réfrigérateurs, fours et chaudières,
- les moteurs diesels ou à essence fixes ou de véhicules, les groupes électrogènes, les moteurs spécialement conçus pour le biogaz, des moteurs à co-génération (produisant de l'énergie électrique et calorifique),
- chaudière à vapeur pour la production d'électricité par des turbines.



Chapitre III
Méthodologie Expérimentale

III.1. Méthode d'analyse des boues

La connaissance des composés chimiques existants dans la boue afin de déterminer le type de ce déchet, pour sa valorisation en fabrication des engrais.

III.2. Echantillonnage

III.2.1. Description du site

La Station d'épuration des eaux usées de la wilaya de Guelma est fonctionnelle depuis le 28 Février 2008. (Figure III.1)



Figure III.1 : Schéma de la STEP de Guelma

La station est implantée sur un terrain agricole de 08 Hectares à (01) kilomètre environ au nord de la ville de Guelma, sur le flanc droit de la vallée développée par oued Seybouse, et sans habitations existantes à la proximité.

Elle est alimentée par 02 conduites de refoulement, l'une en diamètre 700 en provenance du premier poste de refoulement SP1 (Oued Maiz) avec un débit de $1575\text{m}^3/\text{h}$, l'autre en diamètre 500 en provenance du second poste de refoulement SP2 (Oued Skhoune) son débit est de $1125\text{m}^3/\text{h}$. et l'emplacement de ces 02 postes était également pris en considération. (STEP Guelma, 2003)

Compte tenu de la qualité des effluents à traiter et du niveau de rejet requis, la filière de traitement est du type boues activées à moyenne charge.

III.2.2. Point de prélèvement

L'échantillonnage a été prélevé au niveau des sacs où le liquide est drainé à travers un dispositif de drainage situé en bas du « Draimad ». de la station d'épuration des eaux usées de Guelma de la face final de traitement de la boue.

III.2.3. Matériel et le mode de prélèvement

L'échantillonnage a été effectué manuellement à l'aide d'une pelle et un récipient en Plastique

III.2.4. Etude climatique

Les caractéristiques climatiques influencent les variations de la qualité des eaux de surface et par conséquent les eaux usées. De ce fait il est impératif de connaître leurs évolutions dans le temps et dans l'espace. Aujourd'hui de nombreuses questions se posent concernant l'avenir de la planète terre vis-à-vis des changements des caractéristiques climatiques.

Dans cette partie nous avons procédé à une étude des variations des paramètres influençant directement la qualité des eaux usées de la station d'épuration de Guelma (Tableau III.1).

Tableau III.1. Données climatiques de la station météo de Guelma (de 1994 à 2008) :

		Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aôu.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
T (°C)	Mini	4,67	4,94	5,92	8.27	12.17	15.97	17.90	19.97	17.29	13.76	9.13	6.27
	Max	20,52	16,00	19.68	22.02	25.33	32.72	36.07	36.24	31.32	25.78	20.62	16.62
	Moy	12,59	10,47	12.80	15.14	18.75	24.34	26.98	28.10	24.30	19.77	14.87	11.44
Précipitation		102,27	62,77	60.12	67.71	48.17	16.45	2.96	11.86	45.74	37.05	71.66	81.94

III.2.4.1. La pluviométrie

Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau, leur distribution dans le temps et dans l'espace conditionne la forme des écoulements et les apports aux nappes.

La précipitation annuelle dans la région de Guelma équivaut à : 635mm. D'après les données climatiques, le mois de janvier est le mois le plus pluvieux avec une précipitation moyenne de 102.03 mm, par contre le mois de juillet est le mois le plus sec avec une précipitation moyenne de 2,96mm. (Figure III.2)

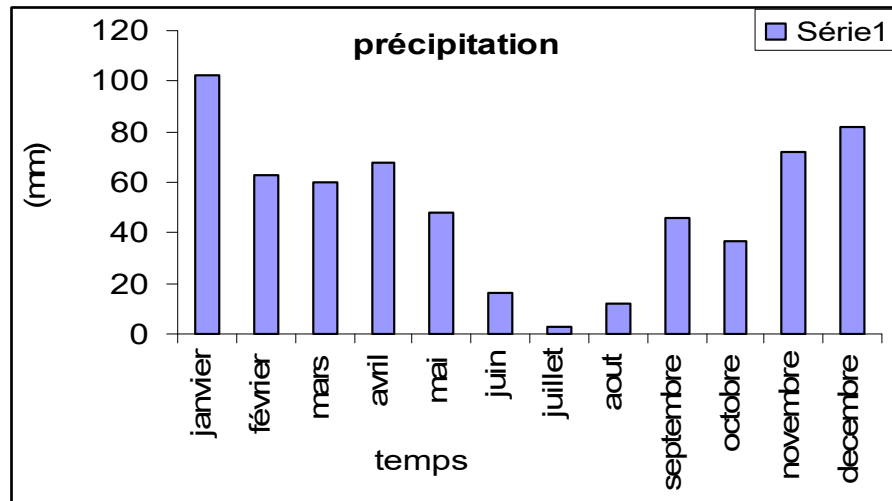


Figure III.2 : Evolution des précipitations moyennes annuelles (1994-2008)

III.2.4.2. La température

La température est le deuxième élément important dans l'étude du climat, elle joue un rôle important dans la détermination des paramètres climatiques particulièrement la détermination du bilan hydrologique.

À partir de ces données nous constatons que le mois d'août est le mois le plus chaud avec une température maximale de 36,34 °C et que janvier est le mois le plus froid avec une température minimale de 15,64 °C. (Figure III.3)

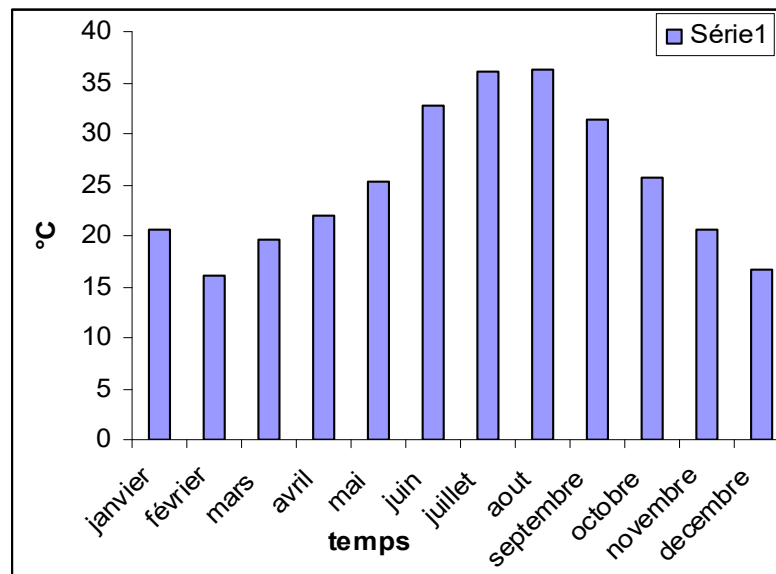


Figure III.3 : Evolution des températures maximales annuelles (1994-2008).

III.2.4.3. Synthèse climatique

III.2.4.3.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN nous permet de mettre en évidence la répartition des périodes sèche et humide de notre zone d'étude. Il est tracé avec deux axes d'ordonnées où les valeurs de la pluviométrie sont portées à une échelle double de celle des températures [39]. Ce dernier montre la succession de deux saisons l'une sèche et l'autre humides. La première s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'octobre la seconde va du mois de Novembre jusqu'au mois d'avril compris. (Figure III.4)

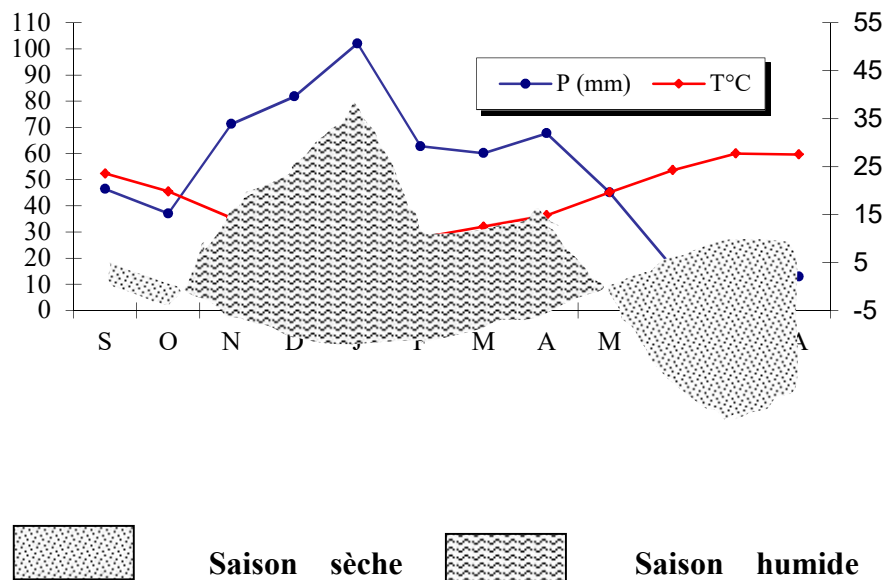


Figure III.4 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.

III.2.4.3.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne [40]. Il se base sur le régime des précipitations et des températures et il s'exprime selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{\left[\frac{M+m}{2}\right] \times (M - m)}$$

Q_2 : quotient pluviométrique d'EMBERGER

P = Précipitation annuelle moyenne (mm)

M = Températures des maxima du mois le plus chaud (°K).

m = Températures des minima du mois le plus froid (°K).

$\Rightarrow Q_2=65,70$

D'après cette valeur on peut dire que la région de Guelma possède un climat de type semi-aride.

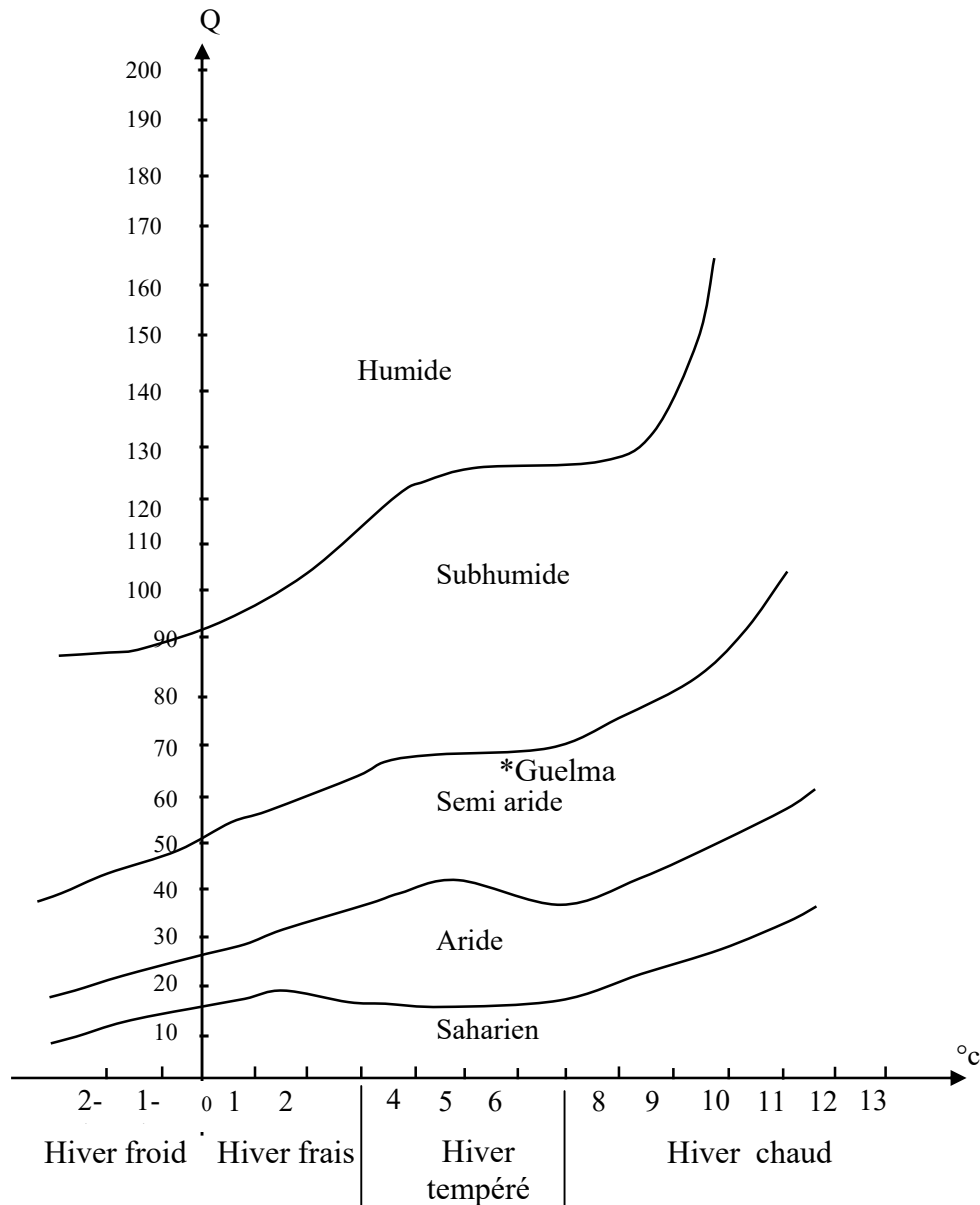


Figure III.5 : Climagramme d'Emberger

III.3. Préparation de la poudre de boue pour les différentes analyses

Au niveau du laboratoire, nous avons préparé la poudre de boue par la manière suivante:

- ☞ Séchage : dans une étuve à 105°C pendant 24h jusqu'à élimination total de l'humidité (Figure III.6)



Figure III.6: Boue dans l'étuve

- ✚ Broyage de la boue séchée dans un mortier à agat puis le Tamisage de la poudre afin d'éliminer les grosses particules (Figure III.7-8)

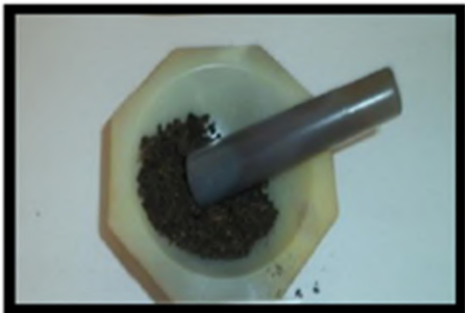


Figure III.7: Boue dans un mortier à agat

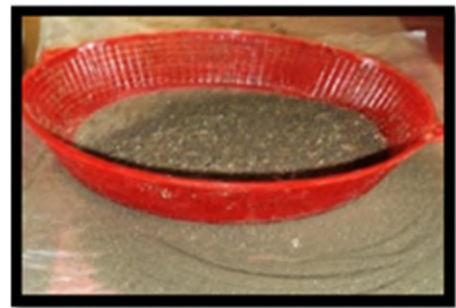


Figure III.8: Tamisage de la poudre

Cette poudre sera utilisée pour les différentes analyses chimiques :

- Détermination le taux d'humidité et la perte au feu
- Analyse bactériologique
- Détermination des métaux lourds

III.4. Analyse physico-chimique de la poudre de boue [41]

III.4.1. Le but de l'analyse

Détermination des caractéristiques physiques et chimiques de la poudre de boue.

III.4.2. Calcul de l'humidité

L'analyse se fait au niveau du Laboratoire A.O.A. pour ce faire, il faut (Figure III.9):

- Peser 1 creuset en platine vide, on obtient une masse m_0
- Peser 2g d'échantillon puis mettre dans le creuset en platine puis sécher à nouveau, on obtient une masse m_1 .
- Prendre le creuset de masse m_1 et le sécher pendant 2 heures à 150 °C

-Refroidir et peser, on obtient une masse m_2

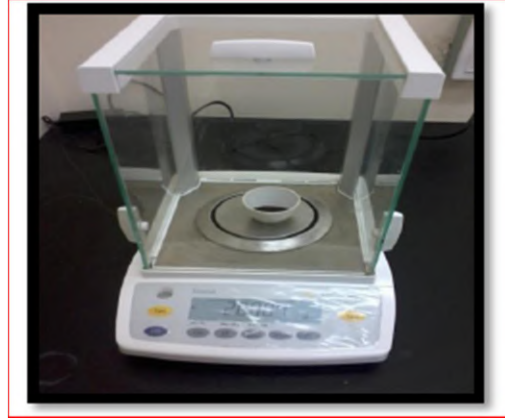


Figure III.9: La masse de l'échantillon

Le taux de l'humidité est donné par l'équation suivante : $H\% = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_0} \right) \times 100$

III.4.3. Détermination de la perte au feu (PAF)

- Nous avons pris le creuset de masse m_2 puis, on brûle au four à $900\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 2 heures
- Refroidir et le mettre au dessiccateur pendant 15 mn
- Peser le creuset, on obtient une masse m_3

$$\text{PAF}\% = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_0} \right) \times 100$$

III.4.4. Détermination de la composition chimique de la boue

Avant de procéder à l'analyse chimique de la boue afin de déterminer les différents oxydes à savoir : SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , nous devons passer par la préparation de l'eau régale de la manière suivante :

III.4.4.1. Préparation des solutions pour les différentes analyses

Nous avons pris 1g de la boue poudre dans un bécher, nous avons ajouté 60 ml de HCl et nous avons chauffé ce mélange sur la plaque chauffante pendant une demi-heure avec une température de $200\text{ }^\circ\text{C}$ (Figure III.10)



Figure III.10: Préparation de la solution

Verser le mélange dans une fiole de 1000 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée (pure).

Filtrer le liquide avec un papier filtre dans une fiole de 200 ml qui servira à la détermination des quatre oxydes (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO). Le résidu récupéré La quantité de la matière restante est la masse de silice non pure SiO_2 (Figure III.11).



Figure III.11: Filtration de la solution

III.4.4.2. Détermination du taux de la silice

- Peser le creuset en platine vide, obtient une masse m_0
- prend le papier filtre contenant le filtré et le sèche puis on le met dans le creuset pour le brûler au four pendant 2 heures
- Refroidir et peser, obtient une masse m_4
- Le Filtré appelé l'acide insoluble représente le taux de la silice :

$$\text{SiO}_2\% = \left(\frac{m_3 - m_4}{m_0} \right) \times 100$$

III.4.4.2. Silice soluble en mg/l (Figure III.12)

III.4.4.2.1. Réactif

- Prise d'échantillons 50 ml
- 1 ml d'acide chlorhydrique (agiter et attendre 5 min)
- 1,5 ml de molybdate d'ammonium à 10% (agite et attendre 2 min)
- 1,5 ml de l'acide oxalique (agite et attendre 2 min)
- 4 ml de l'acide aminonaphtole sulfonique
- Durée d'attente : 20 minutes
- Puis cette solution sera passer dans appareil d'analyse « photomètre de flamme »



Figure III.12: analyse su silice

III.4.4.3. Détermination du taux Fe_2O_3

- On ajoute au filtrat obtenu deux réactifs, l'hydroxyde d'ammonium et le chlorure d'ammonium produisant un complexe
- Ce complexe est filtré
- Peser le creuset en platine vide, on obtient une masse m_c
- On prend le filtré et on le met à l'intérieur du creuset puis on le brule au four à $900\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 2 heures
- Refroidir le creuset puis le mettre au dessiccateur pendant 15 mn
- Peser le creuset, on obtient une masse m_5

Le taux de Fe_2O_3 est donné par l'équation suivante : $\text{Fe}_2\text{O}_3\% = (m_5 - m_c) \times 100$

III.4.4.4. Détermination de CaO

- Prendre une de 10 ml dans un erlen
- Ajouter 100 ml d'eau déminéralisée

- Ajouter NaOH 1N jusqu'à pH= 12
- Ajouter quelques gouttes de mirixdes
- Titrer avec EDTA 0.02 N (V_1)

III.4.4.5. Détermination de la MgO

- Prendre une deuxième de 10 ml dans un erlan et ajouter 100 ml d'eau
- Ajouter la solution tampon (pH 10) jusqu' au pH= 10
- Introduire quelques gouttes de NET (environ 5)
- Titrée avec EDTA 0.02 N (V_2)

Entrer (V_1) et (V_2) dans le programme EXCEL existant au sein de la société qui nous donne directement le taux des deux composés

III.4.4.6. Détermination de l'azote kjeldahl

III.4.4.6.1.Principe du dosage de l'azote kjeldahl par minéralisation au sélénium

Dans un premier temps l'azote organique est minéralisé par de l'acide sulfurique à ébullition, en présence d'une concentration élevée de sulfate de potassium (qui permet d'élever le point d'ébullition du mélange) et de sélénium comme catalyseur.

L'azote ammoniacal formé en milieu acide sulfurique se trouve sous forme de sulfate d'ammonium qui s'ajoute à l'azote ammoniacal présent dans l'eau à analyser.

Après la minéralisation, le minéralisât contient uniquement des ions NH_4^+ .

La suite du principe est le dosage direct de l'ion NH_4^+ dans le minéralisât par spectrophotométrie à 655 nm [42].

III.4.4.6.2. Mode opératoire

III.4.4.6.3. Echantillonnage

Les échantillons doivent être prélevés dans des bouteilles en polyéthylène ou en verre et être analysés le plus rapidement possible.

Pour la conservation, une acidification avec de l'acide sulfurique concentré peut être effectuée à un pH 2 et les flacons sont placés entre 2°C et 5°C jusqu'à leur analyse.

III.4.4.6.4. Minéralisation

- Dans une fiole de kjeldahl, introduire :
- La prise d'essai en ml

- 10 ml H_2SO_4 concentré, à l'éprouvette graduée
- 0,5g du mélange catalyseur
- 4 à 5 granules régulateurs d'ébullition

Placer la fiole dans une rampe de minéralisation et faire bouillir rapidement le contenu du ballon, sous une hotte d'aspiration.

Le volume du contenu décroît au cours de l'ébullition jusqu'à apparition de fumées blanches pendant 60 minutes

III.4.4.6.5. Réactifs et appareillage

- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré
- Hydroxyde de sodium (NaOH) à environ $500g.l^{-1}$
- Acide chlorhydrique (HCL) à $0,02 mol.l^{-1}$
- Spectrophotomètre à 655 nm

Cette solution peut être préparée avec HCL concentré puis titrée par dosage acide-base

III.4.4.7. Analyses des traces

Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire chimique de la société de fabrication des engrais (FERTIAL) pour la disponibilité des appareils et les réactifs [43].

III.4.4.7.1. Détermination du Cuivre en mg/l (Figure III.13)

Réactif

- Prise d'échantillons 50ml de l'eau régale
- 2,5ml d'acide citrique
- 8 ml d'ammoniaque à 25%
- 10 ml de solution acétaldéhyde
- 10 ml de solution oxalyldihydrazide
- Durée d'attente : 30 minutes



Figure III.13: Analyse du cuivre

III.4.4.7.2. Détermination du Fer en mg/l (Figure III.14)

Réactif :

- Prise d'échantions 50 ml
- 1 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine
- 2 ml d'orthophénantroline
- 5 ml de tampon acétate d'ammonium
- Durée d'attente : 15minutes

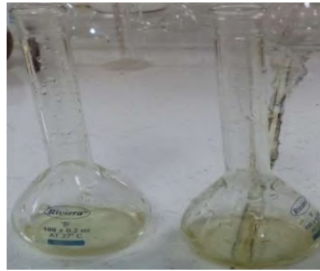


Figure III.14: Analyse du fer

III.4.4.7.3. Détermination de l'ammonium en mg/l (Figure III.15)

Réactif :

- Prise d'échantions 25 ml
- 2 ml de sel de seignette
- 2 ml de réactif de Nessler
- Durée d'attente : 10 minutes

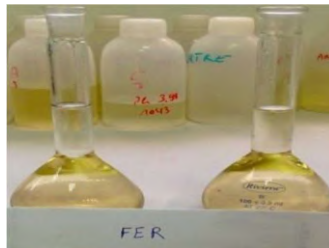


Figure III.15: Analyse de l'ammonium

III.4.8. La demande biochimique en oxygène DBO₅

La demande biochimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau par les micro-organismes du milieu.

La DBO est mesurée au bout de 5 jours à 20°C (T° favorable à l'activité des microorganismes consommateurs d'oxygène) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

-deux échantillons sont nécessaires; le 1^{er} sert à la mesure de la concentration initiale en O₂, et le second à la mesure de la concentration résiduaire en O₂ au bout de 5 jours.

-la DBO₅ est la différence entre les deux concentrations.

Les mesures seront effectuées sur un même volume et le second échantillon sera conservé 5 jours à l'obscurité et à 20°C.

III.4.8.1. Matériel:

-oxymètre

-agitateur magnétique.

-aérateur.

Flacon-

Eau ultra pure pour la dilution (Figure III.16).



Figure III.16 : Equipement de mesure de la DBO₅.

III.4.8.2. Protocole opératoire

Mettre la vielle de prélèvement, dans un récipient de 10l de l'eau du robinet dans laquelle on plonge pendant 24h un aérateur pour la saturation en O₂ laisser reposer 12h. Le facteur de dilution pour une eau usée et de 50 à 100 (DBO moyen = 300mg/l pour un effluent domestique [44]).

III.4.8.3. Préparation des flacons de mesure

-Verser dans le flacon un peu d'eau de dilution puis la quantité prévue d'échantillon puis remplir le reste du flacon avec de l'eau de dilution.

-Fermer le flacon sans y laisser d'air pénétrer.

- Faire ainsi 2 flacons identiques.

✚ Mesure de temps

Doser l'O₂ dissous dans 1 flacon d'échantillon dilué (T° en mg/l).

✚ Incubation

Placer les O₂ flacons restant à l'étuve 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours.

✚ Mesure au temps 5 jours

Doser l'O₂ dans le flacon d'échantillon dilué restant (T₅ en mg/l) [44].

✚ Résultat

La lecture se fait comme suit: $DBO = F (T_0 - T_5)$.

III.4.9. Les matières en suspension MES

La mesure des MES permet d'apprécier la charge solide en suspension d'une eau naturelle ou résiduaire [44].

III.4.9.1. Principe d'analyse

On évalue le poids sec du résidu, obtenu par filtration de l'échantillon d'eau après passage à l'étuve à 105°C.

III.4.9.2. Matériels (Figure III.17a-b)

-dispositif de filtration (trompe à eau, fiole et entonnoir de filtration).

-disque filtrant en fibre.

-Etuve à 105°C.

-balance de précision.

-dessiccateur.



Figure III.17a : Dessiccateur



Figure III.17b : Filtre à pompe

III.4.9.2. Protocole opératoire

📌 préparation des filtres

On lave les filtres à l'eau distillée, et après on les sèche à l'étuve (pendant une heure à 105°C), ensuite on les place en attente dans le dessiccateur [45].

📌 La méthode

- On prend le filtre et on le pèse et on marque le poids comme M_0 (mg).
- Ensuite on place le disque dans l'appareil de filtration et on met en route le système d'aspiration.
- On verse progressivement le volume d'eau (1000ml) à analyser sur le disque filtrant.
- On met le disque dans l'étuve pendant 1h à 105°C.
- On laisse le filtre refroidir au dessiccateur.
- Après on pèse le filtre et on marque le poids comme M_1 [44].

📌 Résultat

La lecture se fait comme suit: $MES = \frac{(M_1 - M_0)}{1000} (mg/l)$ [46].

III.4.10. La demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène qui correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans l'eau. La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel [46].

III.4.10.1. Principe

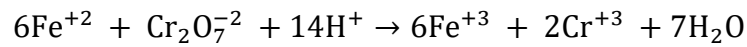
Cette détermination comprend deux étapes:

- **étape 1:** oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau, par excès de dichromate de potassium. Cette oxydation se réalise en milieu sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) à ébullition à reflux pendant 2h dans un ballon ou dans un tube muni d'un réfrigérant.

Les conditions d'oxydation à chaud et en milieu sulfurique permettent également d'oxyder de nombreux constituants organiques. et elle permet aussi l'oxydation de constituants minéraux réduits comme les sulfures, les sulfites, chlorures et...etc. Dans le cas de chlorures: $6Cl^- + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 3Cl_2 + 2Cr^{+3} + 7H_2O$

- **étape 2:** dosage de l'excès de dichromate de potassium par le sel de Mohr après refroidissement. La fin du dosage est détectée par la ferroïne indicateur redox. sa forme

oxydée est de couleur bleu-vert en présence de l'oxydant et la première goutte de sel de mohr en excès entraîne un changement de coloration de la ferroïne qui devient rouge brique (forme réduite) [46], Selon la réaction suivante:



III.4.10.2. Domaine d'application

Cette norme est applicable pour toutes les eaux dont la DCO est supérieure à 30mg/l et la valeur maximale de la DCO pouvant être déterminée dans les conditions de la norme et sans dilution est de 700mg/l [44].

III.4.10.3. Matériel (Figure 18)

- réacteur DCO.
- flacon DCO + réfrigérant.
- pipettes : 5ml, 10ml
- pipetern.



Figure III.18 : Equipement pour mesurer la DCO.

III.4.10.4. Mode opératoire

- Etalonnage de la solution de sel de mohr a environ 0.12mol/l :
La solution de sel de mohr s'oxyde facilement d'où la nécessité de la titrer quotidiennement.
 - prélever 5ml de solution de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ à 0.040mol/l et diluer à 100ml avec H_2SO_4 à 4mol/l.
 - titrer avec la solution de sel de mohr en présence de 2à3 gouttes de ferroïne.
 - déterminer la concentration molaire du sel de mohr à partir des équations des réactions.
- Préparation de l'essai:
 - Avant le prélèvement de la prise d'essai .l'échantillon doit être soigneusement homogénéisé par agitation du flacon.Dans un tube à fond plat de DCO introduire:
 - 10ml d'eau à analyser.

-5ml de $K_2Cr_2O_7$.

-si la valeur de la DCO est supposée excéder 700mg/l, procéder à une dilution de manière à obtenir une valeur comprise entre 350 et 700mg/l.

-ajouter quelques granules régulateurs d'ébullition et homogénéiser.

-ajouter lentement et avec précaution 15ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent en agitant soigneusement le tube et en le refroidissant sous un courant d'eau froid ou dans un bain de glace de façon à éviter toute perte de substance organique volatiles [44].

III.4.10.5. Expression des résultats

La demande chimique en oxygène DCO exprimé en mg d' O_2/l , est donnée par la formule de

$$\text{la norme : DCO} = \frac{8000 \times C_{fe} (V_T - V_e)}{E}$$

C_{fe} : c'est la concentration exprimée en mole par litre de la solution de sel de mohr déterminée par étalonnage.

E : volume prise d'essai en ml [44].

III.4.11. L'Orthophosphate O- PO_4

III.4.11.1 Principe

Le phosphore peut être présent dans l'eau sous la forme ionisée (orthophosphates) ou plus ou moins polymérisé (polyphosphates minéraux et/ou organiques). Il n'est pas directement toxique pour les poissons et le milieu aquatique, mais il est généralement responsable de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation.

Les phosphates ont une origine principalement domestique (contamination fécale et détergents) mais aussi agricole (engrais) et industrielle (industrie chimique) [47].

III.4.11.2. Réactifs

-L'eau a analysée après filtration.

-1 ml d'acide Ascorbique.

-4 ml du réactif O- PO_4

III.4.11.3 Mode opératoire

-Ajouter 1 ml d'acide ascorbique a notre échantillon d'eau filtrée et prête à analyser.

-Ajouter a cette préparation 4ml du réactif **O- PO_4** .

-Laisser réagir 30 minutes du temps.

-Réaliser la lecture au Spectrophotomètre en le réglant sur une longueur d'onde 700 nm.

- exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage [46].

III.5. Méthode d'analyse bactériologique

III.5.1. Germes totaux

C'est une estimation du nombre total de germes présents dans 1ml d'eau. Lorsque des ensemencements avec 1ml d'eau non diluée sont à pratiquer nous agitions soigneusement et de façon prolongée l'échantillon pour remettre en suspension d'une façon homogène les bactéries. Nous prélevons ensuite 1ml de cette eau que nous déposons dans une boîte de Pétri stérile.

Si la lecture doit porter sur l'eau diluée, nous introduisons dans une série de tubes stériles correspondant au nombre de dilutions à utiliser, 9ml d'eau stérile. Nous prélevons 1ml de l'échantillon avec une pipette stérile et nous l'ajoutons au premier tube, ensuite nous prélevons de la même façon avec une pipette 1ml et nous le déposons dans une boîte de Pétri stérile.

Ensuite nous agitions soigneusement le tube de dilution au 1/10 ainsi préparé; prélever à l'aide d'une nouvelle pipette stérile 1ml d'eau diluée au 1/10 et nous le déposons dans le deuxième tube, réalisant ainsi la dilution 1/100.

Une fois la gélose est fondue, il faut la refroidir à 45-48°C et la maintenir au bain-Marie à cette température. Nous coulons aseptiquement la gélose dans la boîte de Pétri, agitions doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire de bulles et sans mouillir les bords de la boîte. Nous laissons refroidir sur une surface parfaitement horizontale et fraîche.

Les boîtes sont incubées après solidification dans une étuve à 37°C durant 48h [48]. On prend en compte les boîtes de deux dilutions successives, à la condition qu'elles contiennent moins de 300 colonies et qu'une boîte au moins de la dilution la plus forte contienne au moins 15 colonies. Dans cette méthode, si l'on nomme:

- ΣC : somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues.

- n_1 : nombre de boîtes retenues à la première dilution.

- n_2 : nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution.

- d : taux de dilution de la première dilution.

$$\text{Alors } N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + n_2 + 0,1) \times d}$$

Les résultats sont exprimés en nombre total de bactérie aérobies mésophiles revivifiables dans 1ml de l'échantillon [49]. (Figure III.19).

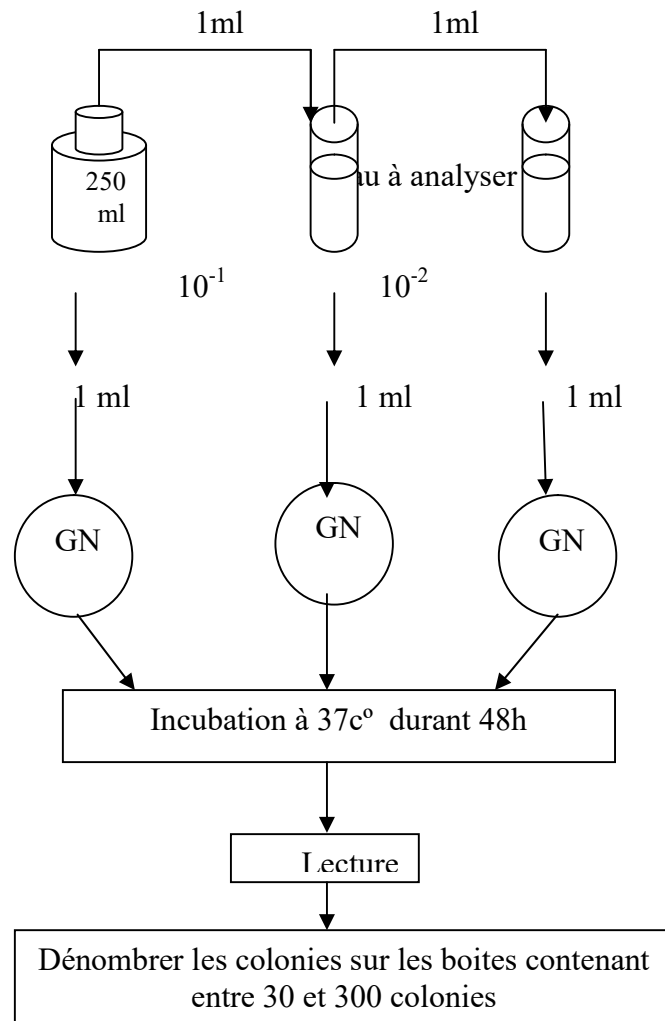


Figure III. 19 : Dénombrement des germes totaux.

III.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et identification (Dénombrement en milieu liquide, NPP)

III.5.2.1. Principe

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (loi de Poisson). Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide inoculé qui vire à la "positive" (trouble ou virage de l'indicateur). Un jugement quantitatif est possible en jouant sur les volumes de la prise d'essai.

La précision s'accroît avec le nombre de replicats par dilution. Celle-ci permet, en fonction du nombre de tubes "positifs" dans chaque série, d'indiquer la valeur statistique la plus probable "nombre le plus probable NPP" [46].

III.5.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux: Test présomptif

On fait une dilution de 1/100 de notre eau à analyser ensuite on prend 6 tubes de BCPL (Bouillons Lactosé au Pourpre Bromocrésol) simple concentration, munis d'une cloche de Durham, à raison de 09ml par tube, pour chaque série de dilution. Après l'avoir homogénéiser soigneusement, prélever 1ml d'eau à analysé à l'aide d'une pipette Pasteur et la porter dans le premier tube de la série de dilution (10^{-3}).

La pipette ne doit entrer en contact ni avec les parois des tubes, ni avec le liquide diluant. Avec une nouvelle pipette Pasteur, homogénéisée par aspiration et soufflage le contenu de ce tube (10^{-3}), prélever 1ml et ensemercer le tube (10^{-4}), et ainsi de suite jusqu'au tube (10^{-8}), changer à, chaque fois de pipette et incubé à 37°C pendant 48h [50] (Figure III.20).

III.5.3. Recherche et dénombrement des *E. coli*: Test confirmatif

Ce test fait suite à un dénombrement en milieu liquide des coliformes. Il utilise la propriété d'*E coli* de produire l'indole à 44°C et de fermenter le lactose à 44°C . Pour chaque tube positif, on prélève une anse de culture que l'on reporte dans un BLVB (Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant) et une eau peptonée. Incuber 24 h à 44°C . Dans les tubes montrant un trouble, ajouter quelques gouttes de réactif Kowacs. Une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge, témoigne de la production d'indole, donc la présence d'*Escherichia coli*[50].

Nous notons le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous reportant aux tables de NPP. Pour obtenir le nombre de coliformes fécaux présent dans 100ml de l'échantillon. (Figure III.21).

III.5.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Elle comporte une phase présomptive et une phase confirmative (Figure III.22)

III.5.4.1. Test de présomption

La recherche se fait en bouillon à l'azide de sodium (bouillon de Rothe), en utilisant des milieux à simple concentration et on réalise le même procédé utilisait pour la recherche des coliformes totaux autrement dit la méthode classique de dilution de 03 séries. On incube les tubes à 37°C et on les examine après 24 et 48heures. Les tubes présentant un trouble

microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif.

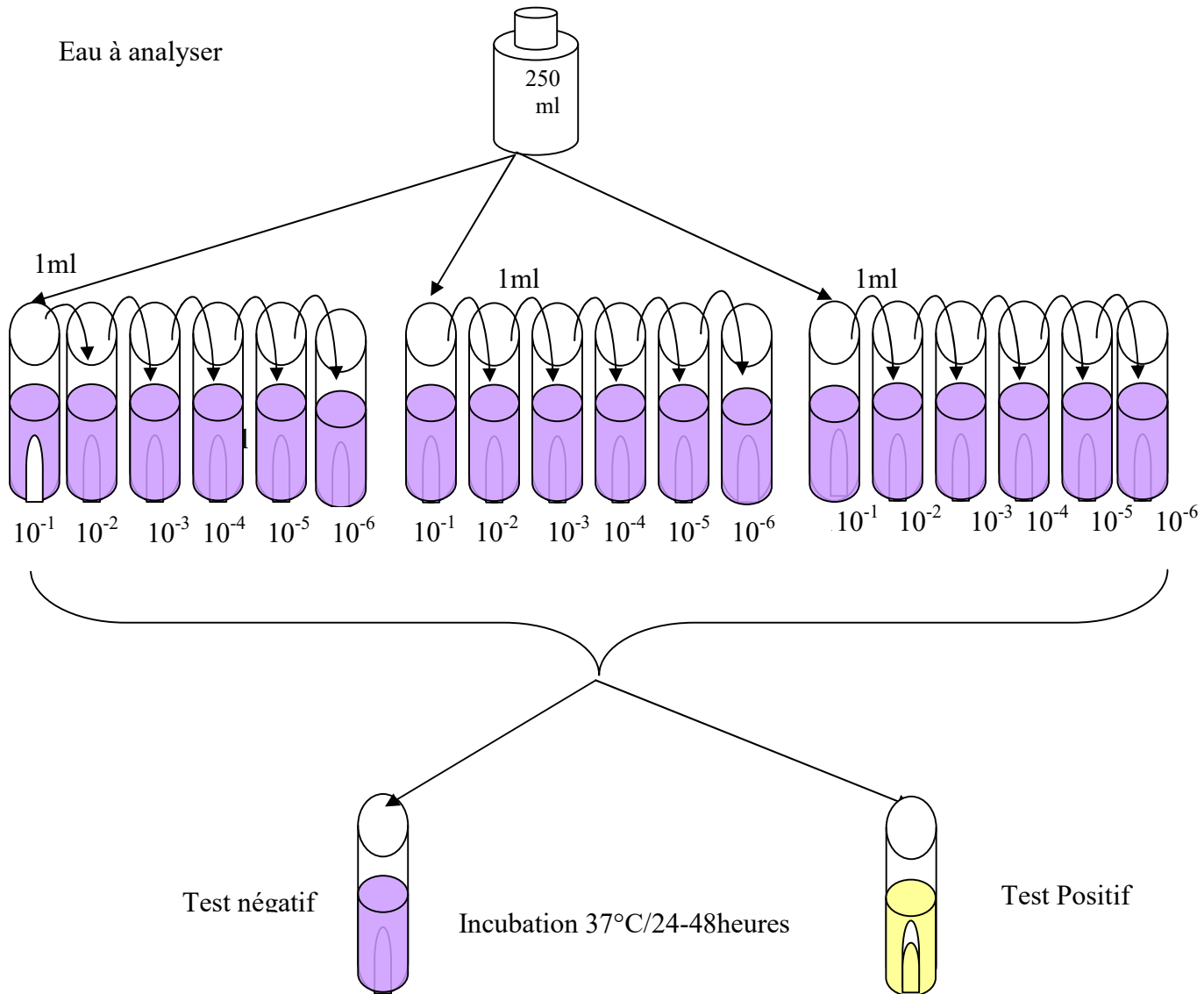


Figure III.20 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux (test de présomption)

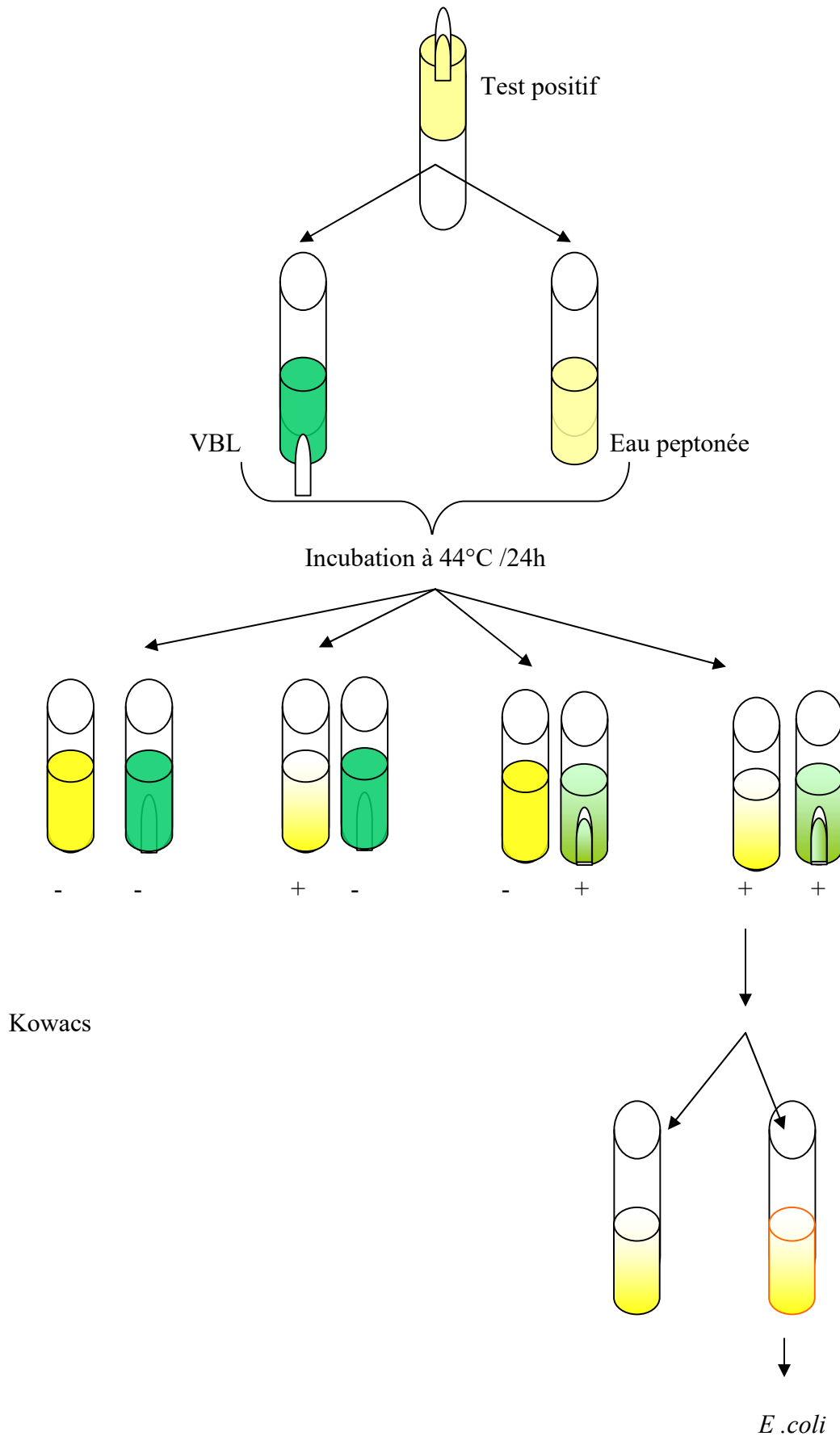


Figure III.21 :Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (test confirmatif).

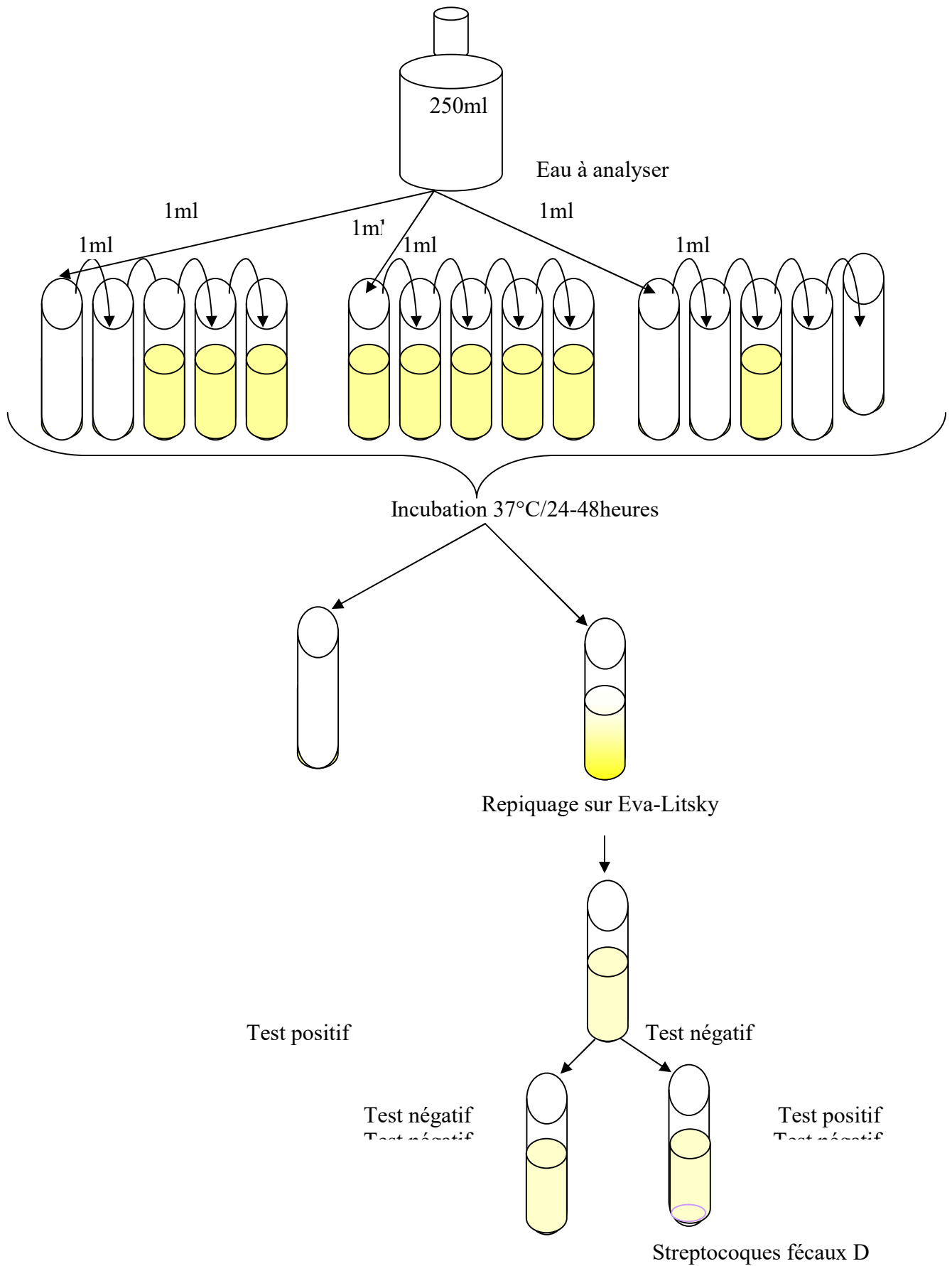


Figure III.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

III.5.4.2. Test de confirmation

Après agitation des tubes positifs, on prélève sur chacun d'eux successivement quelques gouttes de pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes de Litsky à l'éthyle violet et azide de sodium.

Après incubation à 37°C pendant 24 h, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement seront considérés comme positif. On note généralement la présence dans le fond des tubes d'une pastille blanche ou violette.

Nous notons le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporté aux tables de NPP pour connaître le nombre de streptocoques fécaux présent dans 100ml de l'échantillon [51].

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV-1- Résultats et discussion

IV.2. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont regroupés dans les Tableaux IV.1-4, le Tableau IV.1 est relatif au résultat de l'analyse physico-chimique du mois de Janvier, le tableau IV.2, concerne le mois de Février, tandis que le Tableau IV.3 est pour le mois de Mars, le Tableau IV.4 récapitule les résultats d'analyse physico-chimique pour les trois mois (Janvier-Février-Mars 2016).

IV2.1. Couleur

D'après une simple observation d'œil, il est remarqué que l'eau à la sortie est plus claire, elle est moins claire au milieu et plus turbide (noire) à l'entrée. Ces observations indiquent la diminution des MES au niveau du bassin, ils sont conformes aux normes algériennes de rejet (couleur claire) [52], ce qui confirme l'efficacité du traitement dans l'élimination de la pollution particulaire

IV.2.2. La température

La température des eaux usées constitue un des paramètres influençant leur composition (effet sur la solubilité des sels). Elle favorise aussi la formation d'une biomasse bactérienne importante. La température élevée, freine également la vie de la flore et de la faune aquatique et beaucoup d'organismes dépourvus de mécanismes de régulation thermique, verront leurs activités vitales ralenties [53-54].

Les valeurs de température durant notre expérimentation, ont tendance à baisser en s'orientant vers la sortie de la station. Les moyennes de température des différents points de prélèvement, diminuent de la fosse septique vers le boîtier de contrôle.

Les températures de l'eau est 12,5 °C au mois de janvier et 15,2°C de mois mars. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de rejet (30°C) [52]. Cette variation est en relation avec la température de l'atmosphère.

IV.2.3. pH

Le pH sert à quantifier la concentration en ions H⁺ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Cette mesure peut apporter des renseignements sur la qualité d'une eau [55].

D'après les Tableaux IV.1-3, les valeurs de pH des eaux usées de la station oscillent entre 7.3 et 7.5. Ces valeurs sont conformes aux normes de rejet Algériennes ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) (Figure IV.8) [52].

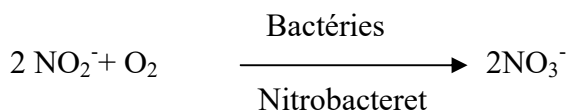
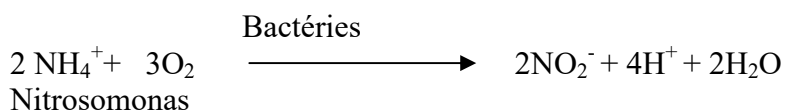
IV.2.4. La conductivité électrique

La conductivité électrique est exprimée en mS/cm, mesurée à 25 °C. C'est un des paramètres généralement le plus mesuré, en particulier dans les régions arides et semi-arides, pour estimer la valeur totale en sels solubles dans l'eau. La salinité est probablement le paramètre simple le plus important, qui détermine le système de culture et la gestion des terres irriguées avec l'eau usée [56].

D'après les Tableaux IV.1-3, la valeur maximale 1,26 mS /cm mois Janvier, la valeur minimale 1,1 mS /cm

IV.2.5 La pollution azotée

L'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes : Minérale, principalement sous forme d'ions ammoniums (NH_4^+), d'ions nitrites (NO_2^-), et d'ions nitrates (NO_3^-) d'ions nitrates (NO_3^-). Les nitrates (NO_3^-), sont des ions minéraux nutritifs, fortement solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes, et que l'on retrouve souvent en grande quantité dans les eaux des nappes souterraines [57].



Sous cette forme, l'azote est peut être absorbé toutes les plantes [58].

IV.2.6. La demande chimique en oxygène

La DCO s'exprime en mg/l d'oxygène et correspond à la quantité effective d'oxygène nécessaire pour oxyder dans les conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné [59].

D'après les Tableaux IV.1-3, la valeur maximale 383 mg /l d'oxygène dans la fosse septique, et la valeur minimale 53 mg /l enregistrées sortie de la station. Ces valeurs sont inférieures aux normes Algériennes admises aux rejets (120 mg/l) [52].

IV.2.7. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

L'effet principal d'un rejet de matières organiques biodégradables dans le milieu naturel correspond à la consommation d'oxygène qui en résulte. La détermination de la DBO₅ a donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'en estimer les effets [55].

Le rapport DCO /DBO₅ est compris entre 1,7 et 1,9 indiquant une biodégradabilité facile. Ce rapport indique également que cette eau est une eau usée domestique où ce rapport est généralement compris entre 1,5 et 2, pouvant atteindre 2,5 à 3 sans inconvénient sensible (Figure IV.7)[58].

IV.3. Caractéristiques bactériologiques

D'après les valeurs du Tableau IV.5, au niveau de la fosse septique, le nombre de la plupart des bactéries recherchées (les coliformes totaux et fécaux, streptocoques totaux et fécaux et *Escherichia coli*) est très élevé : >1100/100 ml durant le mois Janvier. Pour le mois de Mars le nombre devient inférieur pour les streptocoques fécaux et totaux (93 germes par 100 ml) avec absence d'*Escherichia coli*. et pour les coliformes fécaux et totaux le nombre des germes est resté constant.

À la sortie de la station, nous avons constaté une diminution du nombre de tous les germes, ce qui indique l'efficacité du traitement, notamment durant la période où la température est très élevée (mois de Mars très chaud). Le temps de séjour de l'eau dans le système est également un paramètre essentiel comme l'ont démontré [59]: le rendement d'élimination de coliformes fécaux passent de 58% à plus de 99% pour des temps de séjour moyen respectifs de 1,5 et 6 jours. En effet, les bactéries d'origine humaine sont placées dans un milieu très différent de celui dans lequel elles prolifèrent normalement, et un séjour prolongé dans des conditions "inadaptées" limite les chances de survie.

IV.4. Détermination de la teneur en métaux lourds

Les résultats de l'analyse des métaux lourds par Fluorescence des Rayons X (XRF) des échantillons de boue sèche et hydratée et l'eau épurée sont regroupés dans les Tableaux IV.6-8. D'après les Tableaux IV.6-8, la boue sèche contient plus de métaux lourds en comparaison

avec la boue hydratée. Cependant, l'eau épurée ne renferme que les éléments nutritifs comme le Calcium, le Potassium et le Soufre, avec une présence de trace des métaux lourds toxique comme le Molybdène, Zirconium et Strontium, où leurs concentrations demeurent non inquiétantes.

En ce qui concerne les boues sèche et hydratée, en plus de présence des éléments nutritifs (Ca, K, S et Fe), on enregistre la présence de métaux lourds toxique (boue sèche et hydratée) comme : l'Arsenic, le plomb, le zirconium, le strontium, le zinc, le cuivre. Tandis que les métaux lourds toxiques comme le nickel n'ont été détecté que dans la boue sèche.

La teneur du plomb enregistrée dans les échantillons de boue sèche, et qui est de $161,83 \pm 14,04 \mu\text{g.g}^{-1}$ est très inquiétante et nécessite une analyse quantitative comme la spectroscopie d'absorption atomique (SAA), afin de déterminer la concentration exacte du plomb dans la boue sèche, cela est dû au fait que la teneur déterminer par XRF dans cette étude est issue d'une analyse semi-quantitative.

IV.5. La production de biogazdigesteur (Figure IV.1-4)

Pour la production de biogaz, comme vous avez vu, on a réalisé le montage de digesteur. cependant, on a pas pu arriver à produire le biogaz pour des raisons de temps, car comme vous le saviez, le processus de production de biogaz prend au minimum 100 jours.

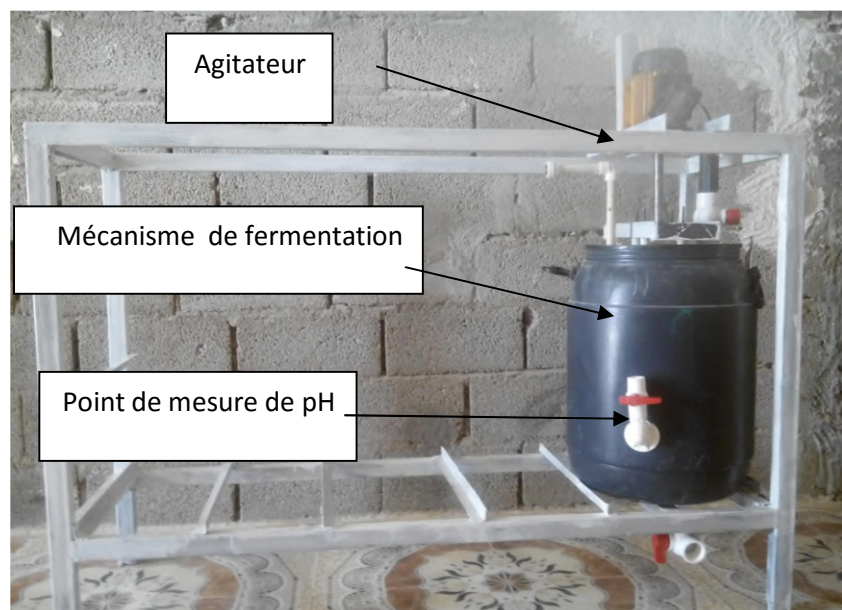


Figure IV.1: Cuve de fermentation

Ce mécanisme pour la
séparation de méthane et
d'autre gaz.



Figure IV.2: Cuve de séparation

Point d'échantillon du biogaz

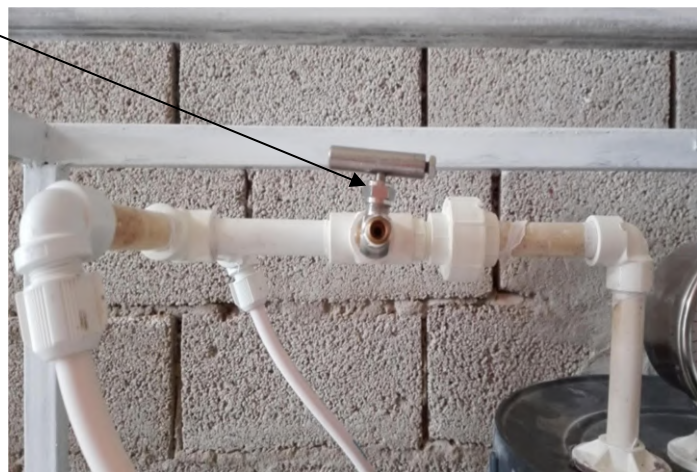


Figure IV.3: Point d'échantillon du biogaz



Figure IV.4: Digesteur pédagogique du biogaz

Tableau IV.1: Résultats des analyses physico-chimiques pour Janvier 2016

	DCO		MES		DBO ₅		NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻		O-PO ₄		T		pH		COND		EH		
	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	
3/1/16	395	51	295	17																			
4/1/16																							
5/1/16	451	7	360	21	256	31	29	1,2	3,9	11	3,6	0,8	0,7	0,4	13,1	12,9	7,4	7,6	1,1	1,1	314	360	
6/1/16																							
7/1/16	424	47	380	20											13,6	13,3							
8/1/16									0,2	11			0,8	0,5			7,3	7,1	1,3	1,1	210	330	
9/1/16	382	58	320	18			27	4,8															
10/1/16					220	28					1,9	0,7					7,6	7,4					
11/1/16	350	68	310	21					0,5	12					12,9	12,6			1,3	1,2	230	335	
12/1/16							32	2					0,9	0,6									
13/1/16	404	78	350	16													7,7	7,6					
14/1/16									3,2	15									1,2	1	100	36	
15/1/16	388	72	310	15	200	18					1,8	0,6			12,5	12							
16/1/16							28	5,1					1,2	0,7			7,8	7,5					
17/1/16	340	68	288	11															1,3	1,3	150	341	
18/1/16									2,3	13													
19/1/16	301	56	268	12							1,5	0,4			12	11,9							
20/1/16					192	37							1,5	0,9			7,2	7,1			310	340	
21/1/16	395	48	298	13			26	3,1											1,1	1,1			
22/1/16									2,5	17													
Moy.	383	55	318	16	217	29	28	3,2	2,1	13	2,2	0,63	1,02	0,62	12,8	12,5	7,5	7,38	1,2	1,1	219	290	

Tableau IV.2: Résultats des analyses physico-chimiques pour Février 2016

	DCO		MES		DBO ₅		NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻		O-PO ₄		T		pH		COND		EH	
	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR
1/2/16	336	76	290	16							3,6	0,8	0,7	0,4	13,1	12,8	7,6	7,4	1,1	1,1	150	34,1
2/2/16							31	6	3,9	11												
3/2/16	368	69	310	22	256	38									13,8	13,2	7,5	7,4	1,2	1,1		
4/2/16																						
5/2/16	320	58	280	18									0,8	0,3							240	290
6/2/16							29	5			3,2	0,9					7,7	7,5				
7/2/16	390	71	230	17	220	32													1,2	1,2		
8/2/16									4,1	1,1					14,1	13,5						
9/2/16	350	54	296	16																	310	340
10/2/16											3,5	1,1	0,9	0,4			7,7	7,5				
11/2/16	310	48	280	12	210	28	28	5											1,3	1,2		
12/2/16									5	14					13,5	13,1						
13/2/16	298	48	260	10							2,8	0,9					7,8	7,6			230	335
14/2/16													1,1	0,4								
15/2/16	315	51	296	15	190	28													1,2	1,2		
16/2/16															13,2	12,9						
17/2/16	328	65	280	21	188	25	30	4,5									7,4	7,3				
18/2/16									3,9	12	2,9	0,8									202	351
19/2/16	350	68	290	17																		
20/2/16													0,8	0,5								
21/2/16	286	48	250	11	201	31	29	5,1									7,5	7,3				
Moy.	365	66	306	18	211	30	25	4,3	4,2	9,4	3,2	0,9	0,86	0,4	13,5	13,1	7,6	7,43	1,2	1,2	226	270

Tableau IV.3: Résultats des analyses physico-chimiques pour Mars 2016

	DCO		MES		DBO ₅		NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻		O-PO ₄		T		pH		COND		EH		
	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	
3/3/16	395	51	295	17																			
4/3/16																							
5/3/16	451	7	360	21	256	31	29	1,2	3,9	11	3,6	0,8	0,7	0,4	13,1	12,9	7,4	7,6	1,1	1,1	314	360	
6/3/16																							
7/3/16	424	47	380	20											13,6	13,3							
8/3/16									0,2	11			0,8	0,5			7,3	7,1	1,3	1,1	210	330	
9/3/16	382	58	320	18			27	4,8															
10/3/16					220	28					1,9	0,7					7,6	7,4					
11/3/16	350	68	310	21					0,5	12					12,9	12,6			1,3	1,2	230	335	
12/3/16							32	2					0,9	0,6									
13/3/16	404	78	350	16													7,7	7,6					
14/3/16									3,2	15									1,2	1	100	36	
15/3/16	388	72	310	15	200	18					1,8	0,6			12,5	12							
16/3/16							28	5,1					1,2	0,7			7,8	7,5					
17/3/16	340	68	288	11															1,3	1,3	150	341	
18/3/16									2,3	13													
19/3/16	301	56	268	12							1,5	0,4			12	11,9							
20/3/16					192	37							1,5	0,9			7,2	7,1			310	340	
21/3/16	395	48	298	13			26	3,1											1,1	1,1			
22/3/16									2,5	17													
Moy.	383	55	318	16	217	29	28	3,2	2,1	13	2,2	0,63	1,02	0,62	12,8	12,5	7,5	7,38	1,2	1,1	219	290	

Tableau IV.4 : Récapitulatif des analyses physico-chimiques pour les trois mois Janvier-Février-Mars 2016

	DCO		MES		K		DBO ₅		NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻		O-PO4		T		pH		COND		EH	
	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR	ENT	SOR
Janvier	383	55	318	16	1,8	1,9	217	29	28	3,2	2,1	13	2,2	0,63	1,02	0,62	12,8	12,5	7,5	7,4	1,21	1,1	219	290
Février	365	66	306	18	1,7	2,2	211	30	25	4,3	4,2	9,4	3,2	0,9	0,86	0,4	13,5	13,1	7,6	7,4	1,2	1,2	226	270
Mars	346	53	266	11	1,7	1,7	201	31	29	4	2,6	12	1,5	0,88	0,98	0,78	15,2	14,8	7,39	7,2	1,26	1,2	208	339

Tableau IV.5: Analyses microbiologiques

	Points de prélèvement	Coliforme totaux	Coliforme fécaux	Streptocoque totaux	Streptocoque fécaux
JANVIER	Entrée	1400	1400	450	450
	Milieu	1200	460	250	250
	sortie	350	460	30	30
MARS	Entrée	1550	1400	460	460
	Milieu	1150	280	240	240
	sortie	211	230	50	50

Tableau IV.6 : Concentration en ppm des métaux lourds dans la boue sèche

Métal	Symbole	Masse molaire (g/mol)	Concentration ppm (µg/g)	Ecart type
Arsenic	As	74,92	74,62	12,35
Nickel	Ni	45,68	45,86	28,66
Plomb	Pb	207,2	161,83	14,04
Chrome	Cr	51,99	<LD	-
Mercure	Hg	200,59	<LD	-
Cadmium	Cd	112,411	<LD	-
Molybdène	Mo	95,96	<LD	-
Zirconium	Zr	91,224	100,55	7,57
Strontium	Sr	87,62	341,28	9,28
Uranium	U	238,02	<LD	-
Rubidium	Rb	85,4678	38,67	4,59
Thorium	Th	232,03	11,07	5,57
Sélénium	Se	78,96	<LD	-
Or	Au	196,96	<LD	-
Zinc	Zn	65,38	555,88	30,27
Tungstène	W	183,84	<LD	-
Cuivre	Cu	63,546	135,08	23,05
Cobalt	Co	58,933	<LD	-
Fer	Fe	55,845	15434,44	278,48
Manganèse	Mn	54,938	227,59	68,13
Vanadium	V	50,9415	<LD	-
Titane	Ti	47,867	1371,88	69,17
Scandium	Sc	44,955	448,14	57,09
Calcium	Ca	40,078	90864,91	502,51
Potassium	K	39,0983	3965,10	181,65
Soufre	S	32,06	20114,79	757,39
Baryum	Ba	137,327	364,07	61,71
Césium	Cs	132,90	<LD	-
Tellure	Te	127,60	<LD	-
Antimoine	Sb	121,76	<LD	-
Étain	Sn	118,71	<LD	-
Argent	Ag	107,8682	<LD	-
Palladium	Pd	106,42	<LD	-

Tableau IV.7 : Concentration en ppm des métaux lourds dans la boue hydratée

Métal	Symbole	Masse molaire (g/mol)	Concentration ppm (µg/g)	Ecart type
Arsenic	As	74,92	13,34	5,09
Nickel	Ni	45,68	<LD	-
Plomb	Pb	207,2	46,08	6,23
Chrome	Cr	51,99	<LD	-
Mercure	Hg	200,59	<LD	-
Cadmium	Cd	112,411	<LD	-
Molybdène	Mo	95,96	<LD	-
Zirconium	Zr	91,224	28,22	3,44
Strontium	Sr	87,62	77,13	3,41
Uranium	U	238,02	<LD	-
Rubidium	Rb	85,4678	8,55	2,13
Thorium	Th	232,03	<LD	-
Sélénium	Se	78,96	<LD	-
Or	Au	196,96	<LD	-
Zinc	Zn	65,38	148,54	12,21
Tungstène	W	183,84	<LD	-
Cuivre	Cu	63,546	25,55	11,14
Cobalt	Co	58,933	<LD	-
Fer	Fe	55,845	3230,18	95,63
Manganèse	Mn	54,938	<LD	-
Vanadium	V	50,9415	<LD	-
Titane	Ti	47,867	784,19	56,62
Scandium	Sc	44,955	286,01	40,42
Calcium	Ca	40,078	43262,70	349,47
Potassium	K	39,0983	1763,26	125,89
Soufre	S	32,06	11690,13	579,30
Baryum	Ba	137,327	<LD	-
Césium	Cs	132,90	<LD	-
Tellure	Te	127,60	<LD	-
Antimoine	Sb	121,76	<LD	-
Étain	Sn	118,71	<LD	-
Argent	Ag	107,8682	<LD	-
Palladium	Pd	106,42	<LD	-

Tableau IV.8: Concentration en ppm des métaux lourds dans l'eau épurée

Métal	Symbole	Masse molaire (g/mol)	Concentration ppm (µg/g)	Ecart type
Arsenic	As	74,92	<LD	-
Nickel	Ni	45,68	<LD	-
Plomb	Pb	207,2	<LD	-
Chrome	Cr	51,99	<LD	-
Mercure	Hg	200,59	<LD	-
Cadmium	Cd	112,411	<LD	-
Molybdène	Mo	95,96	9,29	2,45
Zirconium	Zr	91,224	7,97	2,3
Strontium	Sr	87,62	2,15	1,21
Uranium	U	238,02	<LD	-
Rubidium	Rb	85,4678	<LD	-
Thorium	Th	232,03	<LD	-
Sélénium	Se	78,96	<LD	-
Or	Au	196,96	<LD	-
Zinc	Zn	65,38	<LD	-
Tungstène	W	183,84	<LD	-
Cuivre	Cu	63,546	<LD	-
Cobalt	Co	58,933	<LD	-
Fer	Fe	55,845	<LD	-
Manganèse	Mn	54,938	<LD	-
Vanadium	V	50,9415	<LD	-
Titane	Ti	47,867	154,77	35,3
Scandium	Sc	44,955	<LD	-
Calcium	Ca	40,078	533,38	89,89
Potassium	K	39,0983	649,24	67,1
Soufre	S	32,06	8315,51	493,03
Baryum	Ba	137,327	<LD	-
Césium	Cs	132,90	<LD	-
Tellure	Te	127,60	<LD	-
Antimoine	Sb	121,76	<LD	-
Étain	Sn	118,71	<LD	-
Argent	Ag	107,8682	<LD	-
Palladium	Pd	106,42	<LD	-

Conclusion

Conclusion

Le traitement des eaux usées conduit à la production de boues, qui contiennent des composés inertes et organiques, des polluants et des pathogènes. Un traitement adapté et performant de ces boues est donc indispensable pour maîtriser de façon globale l'assainissement des eaux usées.

D'importants progrès technologiques ont ainsi été réalisés au cours des quinze dernières années, au niveau du traitement des boues. Il s'agit en effet de pouvoir adapter les procédés aux conditions les plus variées (traitement d'effluents industriels sur la STEP, mélange avec des eaux pluviales, présence de composés pharmaceutiques dans les eaux usées, ...). Dans tous les cas, le choix de filières de valorisation ou d'élimination des boues produites doit prendre en compte l'existence et la pérennité des débouchés potentiels, notamment pour l'épandage, et essayer de mutualiser les équipements de traitement des déchets existants sur le territoire (plateforme de compostage, unité de valorisation énergétique à proximité, ...).

Le développement d'une démarche de prévention efficace dans les réseaux d'assainissement permettrait par ailleurs de produire des boues moins polluées, donc plus faciles à traiter et à valoriser en agriculture. En effet, il est préférable de réduire à la source les éléments indésirables des eaux, donc des boues, plutôt que d'adopter des traitements de plus en plus lourds.

La maîtrise de l'assainissement des eaux usées et de la valorisation des boues n'est en fait possible que si tous les acteurs du secteur, usagés, collectivités, industriels, nationaux, entretiennent une logique partenariale de concertation et de responsabilités partagées.

Annex



Figure IV.5 et 6 digesteur avec d'autre face

Tableau IV.9: Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées.

Caractéristiques	utilisées (OMS) Normes
PH	6,5-8,5
DBO ₅	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH ⁺ ₄	<0,5 mg/l
NO ₂	1 mg/l
NO ₃	<1 mg/l
P ₂ O ₅	<2 mg/l
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

Tableau IV.10: Les Normes européennes des rejets des eaux usées

Caractéristiques	utilisées européenne Normes
DBO ₅	25 mg/l
DCO	125 mg/l
MES	35 mg/l
NT	15 mg/l
PT	2 mg/l

Tableau IV.11: Les Normes Algériennes des rejets des eaux usées

Caractéristiques	utilisées Normes
Turbidité	Couleur claire
Odeur	Inexistante
PH	6,5 < PH < 8,5
Conductivité électrique	–
Température	30°C
MES	30mg/l
Phosphore	2mg/l
DBO ₅	40mg/l
DCO	120mg/l

Annex

Tableau IV.12: table de MAC-GRADY (Franck, 2002)

Nombre de tubes positives			NPP par 100 ml
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0,1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	48
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100

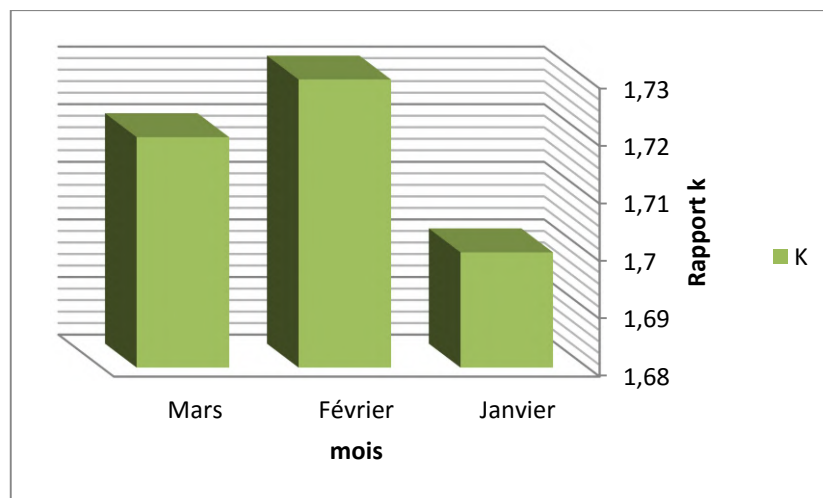


Figure IV.7: Rapport de K

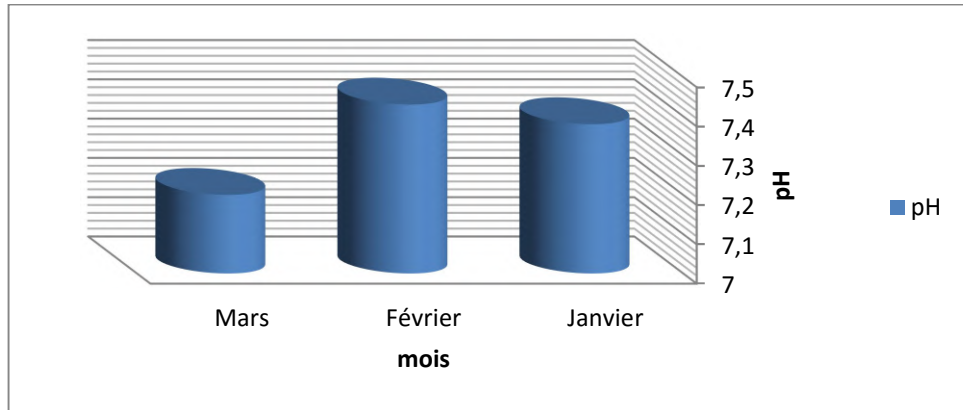


Figure IV.8: graphique pH



Bibliographie

Bibliographie

- [1] ECHAB, A. « Réutilisation des boues de stations d'épuration des eaux usées en Agriculture : Impact des métaux lourds » (1998).
- [2] le Comité Européen de Normalisation (CEN)
- [3] Les boues dépurées : Document de synthèse Comité Sécurité Alimentaire de l'Aprifel.
- [4] BOUSSELHAJ, K « Etude du potentiel fertilisant (N et P) de deux boues de stations D'épuration par lagunage anaérobie et par boues activées » (1996)
- [5] ADEME « les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture » (2001).
- [6] HAMMADI, (2008) .epuration des eaux uees de la région de Temacine par phytoepuration evaluation et conditions optimales
- [7] LADJEL F., (2006). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p.
- [8] RICHARD C, (1996). Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.
- [9] THOMAS O., (1955). Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.
- [10] RODIER J, C, BROUTIN J.-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR, H. ET RODI, L. (2005). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. Ed. Dunod, Paris. 1383p.
- [11] Taradat, M.H., (1992). Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, canada. 537p.
- [12] "Wastewater Engineering- Treatment and Reuse", MetCalf&Eddy, Editions McGraw Hill, 4ème édition, 2003
- [13]- "Guide Technique de l'Assainissement", Satin et Selmi, Editions LeMoniteur, 2ème édition, 1999
- [14] "L'Analyse de l'eau", Jean RODIER, Editions DUNOD, 8ème édition, 1996
- [15] "Le Memento Technique de l'Eau", Degremont, Editions Lavoisier, 1992
- [16] <http://www.scitrav.com>
- [17] <http://www.degremont.com>
- [18] <http://www.oieau.fr>
- [19] B. ASMAHANE, « valorisation des poussières de four à ciment dans le procédé de solidification/stabilisation des déchets », (2011)
- [20] MOULOUD MESTAPHA « Etude sur la fermentation méthanique des boues activées de la station d'épuration de Boumerdes en Algérie »
- [21] (Office International de l'Eau, 2001)
- [22] ADEME, « La valeur azotée des boues résiduaires des stations d'épuration urbaines » (1996).
- [23] Le traitement des boues d'épuration Actu-Environnement.com - Publié le 06/09/2010
- [24] <http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/traitementboues-station-epuration.php4>
- [25] SOUMIA AMIR « contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du

Bibliographie

compost »

[26] PREVOT H. « La récupération de l'énergie issue du traitement des déchets. Rapport du Conseil général des mines ». (2000).

[27] WERTHER J., OGADA T. SEWAGE SLUDGE « combustion. Progress in Energy and Combustion ». (1999)

[28] MININNI, G, SBRILLI, A, GUERRIERO, E, ROTATORI, M., « Dioxins and furans formation in pilot incineration tests of sewage sludge spiked with organic chlorine. Chemosphere », (2004).

[29] LAMBKIN, D., NORTCLIFF, S., WHITE, T« The importance of precision in sampling sludges, biowastes and treated soils in a regulatory framework Trends in Analytical Chemistry » (2004).

[30] Manuel utilisation des engrais du complexe FERTIAL

[31] FRANCK R., (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén..

[32] DERONZIER, Gaele, SHETRITE, Sylvie et al. Traitement de l'azote dans les stations D'épuration biologique des petites collectives. Edition Cemegref, 2001.

<<http://www.fndae.fr/documentation/PDF/Fndae25.pdf>>. ISBN 2-85362-555-9.

[33] BOEGLIN, Jean-Claude. L'épuration biologique des eaux résiduaires industrielles. cours: Effectués en Maîtrise de biochimie (Faculté des sciences de Metz), en Formation continue (IPI □ Environnement Industriel de Colmar □).

[34] Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau, office international de l'eau : Conception et dimensionnement : l'aération, 2005.

<http://www.oieau.org/cnfme>

[35] SARDEING, Rodolphe, POUX, Martine et XUEREB, Catherine. Procédé d'oxygénation et de brassage pour le traitement biologique des eaux usées. Revue

[18] CHABI Moncef. Optimisation des systèmes d'aération pour l'épuration des eaux usées. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba 2007.

[36] DUCHENE, Phillippe, COTTEUX, Eric. Insufflation d'air fines bulles pour les boues activées en petites collectivités : influence de la forme du bassin et de la répartition des diffuseurs sur l'efficacité du transfert d'oxygène. Cemagref Edition, 2002.

[37] <<http://www.fndae.fr/documentation/PDF/Fndae26.pdf>>. ISBN 2-85362-593-1.

[38] ASCE (1984): ASCE Standard Measurement of Oxygen Transfer in Clean Water. American Society of Civil Engineers.

[39] GILLOT, Sylvie, HEDUIT, Alain. Prédiction des capacités d'oxygénation en eau claire des systèmes d'insufflation d'air. 1ère édition Coordonnée par le Cemagref, 2004.

Bibliographie

- <<http://www.fndae.fr/documentation/PDF/Fndae31.pdf>>. ISBN 2-85362-635-0.
- [40] FELIX Garia-Ochoa, EMILIO Gomez. Bioreactor scale-up and oxygen transfer rate in microbial processes: an overview. Spain: Universidad Complutense, 2009. www.elsevier.com/locate/biotechadv.
- [41] KOSSY K. Al-Ahmady. Analysis of oxygen transfer performance on sub –surface aerations systems, Int. J. Environ. Res. Public Health, 2006. ISSN 1661-7827.
- [42] ZHEN, He, ANURAK, Petiraksakul et WARAWITYA, Meesapya. Oxygentransfer measurement in clean water. The journal of KMITNB, Vol.13, No.1, Jan.-Mar.2003.
- [43] STENSTROM, Micheal K, LEU, Shao-Yauan et JIANG, Pan. Theory to Practice: Oxygen Transfer and the New ASCE Standard. Civil and Environmental Engineering Dept, UCLA, Los Angeles, CA, 2006.
- [44] BLAZY, Pierre. Decantation. Aspects theoriques. Revue technique de l'ingénieur.
- [45].CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 165-170, 183-239p Jacques et PONS, Marie-Noelle. Analyse du cycle de Vie : Epuration des eaux usees urbaines. Revue technique de l'ingénieur, 2008.
- [46]<http://www.techniques-ingenieur.fr/res/pdf/encyclopedia/42442210-g5820.pdf>.
- [47] DELPORTE, Claude. Traitement biologique aerobies des effluents industriels. Revue technique de l'ingénieur, 10 Janvier 2007.
- [48]<http://www.techniques-ingenieur.fr/res/pdf/encyclopedia/42161210-g1300.pdf>.
- [49] CANLER, Jean-Pierre, PERRET, Jean-Marc, DUCHENE, Phillippe et COTTEUX, Eric. Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des Boues activées. Editions Cemagref, 1999. USBN 2-85362-5109.
- [50]Ait abdelouahab N., 2001 : Microbiologie alimentaire. Ed.OPU, Alger, 147p.
- [51]Anonyme, 2007 : Unité pilote d'épuration des eaux usées par zone humide artificielle vieux ksar de Témacine, compte rendu de la commune de Témacine, 30p.
- [52]Bachi, O.E.K, 2010 : mémoire présenté en vue de L'obtention du diplôme de magister thème diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de station du vieux ksar Témacin.Ouargla, 105P
- [53]Blifert C. et Perraud R., 2003 : Chimie de l'environnement. Ed. De Boeck, Paris, 477p.
- [54]Boullard B., 1997 : Dictionnaire des plantes et champignons. Ed. ESTEM, 875p.
- [56]Baumont S., 1997 : Réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaire et faisabilité en île de France, 222p.

Bibliographie

- [57]Bouziani M., 2000 : L'eau (de la pénurie aux maladies). Ed, IBN KHALDOUN, 247 p.
- [58]Brouillet. J, Picot .B, 2008 : Ecotechniques d'assainissement des eaux usées domestiques évolution et perspectives, UMR 5569 hydroxiences _ UMI faculte de pharmacie, BP 14491 ,34093 MONTPELLIER cédex5 .France. PP7
- [59]Bruneton J, 2005: Plantes toxiques (végétaux dangereux pour l'homme et les animaux) 3ème Ed Lavoisier Paris, 618p.

Résumé

Le traitement des eaux usées vise l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejet édictées par la législation afin d'être évacuée sans danger dans le milieu naturel, ou bien d'être utilisée à des fins précises comme par exemple en irrigation ou en industrie. Si l'eau, en fin de traitement est effectivement épurée la pollution initiale se retrouve en partie stockée et concentrée dans les boues issues des diverses étapes de traitement de l'eau.

La quantité des boues issues de station d'épuration augmente d'année en année posant le problème de leur devenir : la gestion, la valorisation et l'élimination; ainsi leur forte teneur en matières organiques fermentescibles et/ou des matières toxiques ce qui interdit le plus souvent leur rejet dans le milieu naturel sans précaution.

Néanmoins, l'épandage par les boues obtenues et l'irrigation par l'eau épurée ne doit pas se faire sans être assuré de leur exempt de photo-toxicité, avec des teneurs en métaux lourds (Cu, Zn, Cd, Hg, Cr,.....) et des teneurs en micropolluants organiques inférieures aux normes internationales en vigueur.

Ce travail consiste dans une première étape, à déterminer les différents polluants organiques et microbiens dans une station d'épuration des eaux usées.

المخلص:

. معالجة مياه الصرف الصحي هو الحصول على المياه النقية التي تطابق معايير التصريف التي وضعتها التشريعات لكي يتم رميها في الطبيعية أو لاستخدامها لأغراض محددة مثل الري أو الصناعة. أثناء المراحل المختلفة لمعالجة المياه تكون هناك كمية من الحمأة النشطة التي تحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية أو المواد السامة والمعادن الثقيلة (Cu, Zn, Cd, Hg, Cr,.....).

التي يحظر رميها و تتزايد عاما بعد عام و هذا ما يطرح مشكلة في إدارتها والا والتخلص منها مستقبلا ؛ و عليه فإنه يجب إيجاد حلول و من بين هذه الحلول هو إستخدامها في إنتاج بيوغاز .

و يتكون هذا العمل في خطوة أولى، تحديد الملوثات المختلفة العضوية والجرثومية في منشآت معالجة المياه المستعملة بقالمة.