

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

**UNIVERSITE d'ADRAR**  
**FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE**



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de**  
**Master en CHIMIE D'ENVIRONNEMENT**

## **Thème**

**Etude des propriétés physico-chimique des boues**  
**d'épuration issues par la raffinerie d'Adrar**

**Présenté par :**

BENMERIAMA Chouaib

LAGUEL Mohamed Massyl

**Président de jury :**

Mr Abd Salam BERCHID

**Encadré par :**

Mr. Abd El Kader HARROUZ

**Examineur**

Mr slimane LARIBI

**2016/2017**

## Dédicaces :

Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon « DIEU » de nous avoir inspiré la chance, la volonté et surtout le courage de satisfaire notre souhait et de mener ce travail à terme

Avec ma très profonde gratitude et Amour, je dédie ce travail À :

- Mon père et ma mère qui m'ont soutenu tous le long de mon trajet scolaire.
- Mes frères et ma sœur : Abdeldjebbar, werda, Salim, Nadir, et Elghali et toute la famille.
- Mes amis : Momoh, Ismail, Mirou, Karim, Takwa, Sarah, et Naima sans oublier mes amis de loin et de près.
- Ma promo, qui a été ma famille pendant tout le parcours universitaire.

Nous remercions également les membres du jury qui nous ont fait honneur d'accepter de juger notre travail.

## Dédicaces

Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon « DIEU » de nous avoir inspiré la chance, la volonté et surtout le courage de satisfaire notre souhait et de mener ce travail à terme.

Avec Amour et affection, je dédie ce travail À :

- Mon père qui n'est pas parmi nous mais il est dans mon cœur.
- Ma mère et ma sœur qui m'ont soutenu tous le long de mon trajet scolaire.
- Ma famille qui a supporté mes décisions et ils m'ont encouragé.
- Mes amis : Chou, Amine, Mehdi, Oussama, Saïd, Si Mohamed, Alya, Sarah, sans oublier mes amis de loin et de près.
- Ma chère Ilhem qui me supporte et m'encourage.
- Ma promo, qui a été ma famille pendant tout le parcours universitaire.

Nous remercions également les membres du jury qui nous ont fait honneur d'accepter de juger notre travail.

# Sommaire :

Introduction générale

## **Chapitre I : Généralités sur le traitement des eaux et la boue issue d'une STEP**

|         |  |    |
|---------|--|----|
| I.1     | Les Boues .....  | 3  |
| I.1.1   | Définition .....   | 3  |
| I.1.2   | Classification des boues.....                                    | 3  |
| I.1.3   | Les différents types de boues d'épuration .....                  | 3  |
| I.1.4   | Production de boues dans la station d'épuration .....            | 4  |
| I.1.5   | Caractéristiques des boues selon leur origine dans la STEP ..... | 5  |
| I.2     | Traitement des eaux usées .....                                  | 6  |
| I.2.1   | Prétraitement .....  | 6  |
| I.2.1.1 | Dégrillage.....  | 6  |
| I.2.1.2 | Dessablage .....   | 7  |
| I.2.1.3 | Dégraissage-Déshuilage .....                                     | 7  |
| I.2.2   | Traitement primaire .....  | 7  |
| I.2.3   | Traitement secondaire .....                                      | 8  |
| I.2.4   | Les traitements physico-chimiques.....                           | 8  |
| I.2.5   | Les traitements biologiques .....                                | 8  |
| I.2.5.1 | Traitement biologique par boues activées.....                    | 9  |
| I.2.5.2 | Traitement biologique par lit bactérien .....                    | 9  |
| I.2.6   | Traitement tertiaire .....                                       | 10 |
| I.3     | Les contaminants chimiques .....                                 | 10 |
| I.4     | Les microorganismes .....  | 11 |
| I.5     | Traitements des boues .....                                      | 11 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| I.5.1   | L'épaississement .....  | 12 |
| I.5.2   | La méthanisation .....  | 12 |
| I.5.2.1 | Déshydratation et stabilisation chimique .....                        | 13 |
| I.5.2.2 | L'incinération .....  | 13 |
| I.5.2.3 | La mise en décharge .....   | 14 |
| I.5.2.4 | Le Compostage .....   | 14 |
| I.5.2.5 | L'épandage .....  | 15 |
| I.6     | Devenir des boues d'épuration .....                                   | 16 |
| I.7     | Composition de la matière organique des boues d'épuration .....       | 17 |
| I.8     | Données de chiffres .....   | 17 |
| I.9     | Voies d'avenir pour réduire le volume des boues .....                 | 17 |
| I.9.1   | La pyrolyse (ou thermolyse) .....                                     | 17 |
| I.9.2   | La gazéification .....  | 18 |
| I.9.3   | L'oxydation par voie humide .....                                     | 18 |
| I.10    | Utilisation de la boue .....  | 18 |
| I.10.1  | Utilisation de la boue en tant que Biogaz .....                       | 18 |
| I.10.2  | Utilisation de la boue dans l'épandage et en tant qu'un engrais ..... | 19 |
| I.10.3  | Utilisation de la boue dans l'incinération .....                      | 20 |
| I.11    | Quantification des métaux lourds dans les boues d'épuration .....     | 20 |

## **Chapitre II : Méthodes d'analyses des boues**

|        |  |    |
|--------|--|----|
| II.1   | Description de la raffinerie de Sbaa .....     | 22 |
| II.1.1 | Situation géographique .....                   | 22 |
| II.1.2 | Capacité de traitement de la raffinerie .....  | 23 |
| II.1.3 | Structure et équipement de la raffinerie ..... | 23 |
| II.1.4 | Conception de l'outil de production .....      | 23 |
| II.1.5 | Utilités de la raffinerie .....                | 24 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| II.1.6   | Les produits issus de l'épuration .....   | 25 |
| II.2     | Objectif de l'analyse de la boue.....   | 25 |
| II.2.1   | Echantillonnage .....   | 26 |
| II.2.2   | Préparation de la poudre de boue pour les différentes analyses .....            | 26 |
| II.2.3   | L'analyse physico-chimique de la poudre de boue.....                            | 28 |
| II.2.4   | Détermination de la composition chimique de la boue .....                       | 29 |
| II.2.4.1 | Préparation de la solution pour les différentes analyses .....                  | 29 |
| II.2.4.2 | Détermination du taux de la silice .....  | 31 |
| II.2.4.3 | Détermination du taux $Fe_2O_3$ .....   | 32 |
| II.2.4.4 | Détermination de CaO .....  | 32 |
| II.2.4.5 | Détermination de la MgO .....   | 32 |
| II.2.4.6 | Détermination de l'azote kjeldahl .....   | 32 |
| II.2.5   | Analyses des traces .....   | 34 |
| II.2.5.1 | Détermination du Cuivre en mg/l .....   | 34 |
| II.2.5.2 | Détermination du Fer en mg/l .....  | 34 |
| II.2.5.3 | Détermination de l'Ammonium en mg/l .....                                       | 35 |
| II.2.5.4 | Phosphates en ml/l .....  | 35 |
| II.2.5.5 | Nitrite en mg/l .....   | 35 |
| II.2.6   | Détermination de la concentration des métaux lourds par spectrophotomètre ..... | 36 |

### **Chapitre III : résultats et interprétations**

|         |                             |    |
|---------|-----------------------------|----|
| III.1   | Introduction .....          | 38 |
| III.2   | résultat des analyses ..... | 38 |
| III.2.1 | L'Humidité .....            | 38 |
| III.2.2 | La Perte Au Feu (PAF) ..... | 38 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| III.2.3     | Analyse chimique par titrage volumétrique .....   | 39 |
| III.2.3.1   | Détermination de la silice SiO <sub>2</sub> .....   | 39 |
| III.2.3.2   | Acide insoluble .....   | 39 |
| III.2.3.3   | Détermination de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....   | 39 |
| III.2.3.4   | Détermination CaO .....   | 39 |
| III.2.3.5   | Détermination MgO .....   | 40 |
| III.2.4     | Analyses des éléments nutritifs.....  | 40 |
| III.2.4.1   | Détermination de l'azote kjeldh .....   | 40 |
| III.2.4.2   | Détermination de [NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ], [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ], [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] par spectrophotomètre ..... | 40 |
| III.2.4.2.1 | Détermination de l'Ammonium [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] % .....   | 40 |
| III.2.4.2.2 | Détermination du Nitrite en [NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] % .....   | 40 |
| III.2.5     | Détermination de la concentration des métaux lourds par spectrophotomètre .....   | 41 |
| III.2.5.1   | Détermination du Fer en % .....   | 41 |
| III.2.5.2   | Détermination du Nickel en % .....  | 41 |
| III.2.5.3   | Détermination du Cuivre en % .....  | 41 |
| III.2.5.4   | Détermination du Plomb en % .....   | 41 |
| III.2.5.5   | Détermination du Zinc en % .....  | 41 |
| III.2.5.6   | Détermination du Cadmium en % .....   | 41 |
| III.2.5.7   | Détermination du Chrome en % .....  | 41 |
| Conclusion  | .....   | 43 |

## **LISTE DES FIGURES**

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figure 1:</b>  | Schéma résumant les différentes étapes du traitement des boues ..... | 11 |
| <b>Figure 2 :</b> | Epaissement des boues par flottation .....                           | 12 |
| <b>Figure 3 :</b> | Déshydratation par filtre presse.....                                | 13 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 4:</b> Boues récupérées lors de la décantation ..... | 16 |
| <b>Figure 5 :</b> Situation géographique de la raffinerie..... | 22 |
| <b>Figure 6 :</b> Point du prélèvement .....                   | 26 |
| <b>Figure 7 :</b> boue dans l'étuve.....                       | 27 |
| <b>Figure 8 :</b> Boue dans un mortier à agat .....            | 27 |
| <b>Figure 9 :</b> Tamisage de la poudre .....                  | 27 |
| <b>Figure 10 :</b> La masse de l'échantillon .....             | 28 |
| <b>Figure 11 :</b> La combustion de la matière organique ..... | 29 |
| <b>Figure 12 :</b> Préparation de la solution .....            | 30 |
| <b>Figure 13 :</b> Filtration de la solution .....             | 30 |
| <b>Figure 14 :</b> L'eau régale .....                          | 31 |
| <b>Figure 15 :</b> analyse du cuivre .....                     | 33 |
| <b>Figure 16 :</b> analyse du fer .....                        | 34 |
| <b>Figure 17 :</b> analyse de l'ammonium .....                 | 34 |
| <b>Figure 18 :</b> analyse des phosphates .....                | 34 |
| <b>Figure 19 :</b> analyse du nitrite .....                    | 35 |
| <b>Figure 20 :</b> spectrophotomètre .....                     | 35 |



## **LISTE DES TABLEAUX**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 1</b> : Classification des boues selon leur traitement .....   | 5  |
| <b>Tableau 2</b> : récapitulatif des résultats des analyses par titrage volumétrique .....  | 40 |
| <b>Tableau 3</b> : récapitulatif des résultats des analyses des éléments nutritifs .....  | 40 |
| <b>Tableau 4</b> : récapitulatif des concentrations en métaux lourds des boues résiduares de la STEP du Raffinerie d'Adrar avec les valeurs limites ..... | 42 |

## **LISTE D'ABREVIATION**

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**MO** : Matière Organique

**MS** : Matière Sèche

**MVS** : Matière Volatiles Sèche

**PAF** : Perte Au Feu

**SIDEM** : Société International de Dessalement de l'Eau de Mer

**STEP** : Station D'épuration

# Introduction général

### **Introduction général :**

L'eau consommée ou utilisée par l'homme génère inévitablement des déchets. Ces eaux usées sont recueillies par les égouts et dirigées vers les stations d'épuration afin d'être purifiées avant leur réintroduction dans le milieu naturel. Leur traitement dans les stations permet de séparer une eau épurée d'un résidu secondaire, les boues, qui présentent les caractéristiques d'un amendement organique bien pourvu en matière organique, azote, phosphore ainsi qu'en oligo-éléments.

L'assainissement des eaux usées est devenu au cours de ces dernières années un enjeu considérable pour les sociétés actuelles ; d'une part pour assurer un service de l'eau visant la collecte et l'épuration des eaux usées ainsi que l'approvisionnement en eau potable et d'autre part, pour protéger l'eau en tant que patrimoine naturel. En parallèle s'est développé un problème tout aussi important : La gestion des boues d'épuration. En effet, le traitement des eaux usées génère un sous-produit appelé « boues », issu des différentes étapes d'épuration qui est l'objet de notre travail.

La boue désigne un résidu organique ou minéral, solide, liquide ou pâteux. Elle est caractérisée par son aspect, mais spécifiquement, c'est son origine complétée par sa caractérisation chimique qui déterminera sa filière de traitement. Les boues de stations d'épuration sont des résidus de l'assainissement des eaux usées d'origine industrielle ou domestique. Certains industriels sont raccordés au réseau d'assainissement : les eaux usées qu'ils rejettent sont alors traitées par une station d'épuration urbaine qui assure en outre le traitement des eaux usées des particuliers et des eaux pluviales (pour les réseaux non séparatifs).

Dans cette étude, on va étudier les propriétés physico-chimiques des boues issues de la raffinerie de Sbaa pour avoir une idée sur la composition organiques et minéral de cette dernière, ces résultats peuvent aider à définir une utilisation pour la boue traitée.

# CHAPITRE I :

Généralités sur le  
traitement des eaux et la  
boue issue d'une STEP

## I.1 Les Boues

### I.1.1 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 ». <sup>[1]</sup>

Les boues d'épuration sont les sédiments résiduaux 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 résiduaux qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques. <sup>[2]</sup>

Les boues résiduaux 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). <sup>[3]</sup>

### I.1.2 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. <sup>[4]</sup>

### I.1.3 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 :

➤ 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.

➤ Boues de traitement physico-chimiques : Variante du type précédent, les matières organiques particulaires 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

➤ 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.

#### **I.1.4 Production de boues dans la station d'épuration :**

Les traitements en stations d'épurations urbaines par boues activées donnent des quantités de boues qui sont de 40 à 60 g par habitant et par jour et ont un volume de 0,4 à 0,8 litres.

Les boues sont les sous-produits de l'assainissement recueillis au cours des différentes étapes de la dépollution des eaux usées. Elles sont constituées d'eau et de matières minérales et organiques sous forme de matières en suspension ou de matières dissoutes. Les traitements des eaux usées en station d'épuration génèrent plusieurs sortes de sous-produits. Il y a, d'une part, les refus de dégrillage, les matières de dessablage, les matières grasses du déshuilage qui sont éliminés dans le circuit des déchets municipaux, et, d'autre part, les boues qui résultent des dépôts de la pollution particulaire et des matières organiques dissoutes traitées. Une station d'épuration génère trois catégories de boues. Les boues de traitement primaires produites par décantation des matières en suspension ; les boues de traitement physique ou chimique composées de matières organiques solubles ou colloïdales agglomérées dans les eaux traitées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium) ; les boues issues du traitement biologique formées par les bactéries qui se sont nourries de matières organiques contenues dans les eaux usées. 1 m<sup>3</sup> d'eaux usées domestiques

donne, après traitement, 350 à 400 grammes de boues de matières sèches. On mesure la quantité de boues par leur siccité c'est à dire par la part des matières sèches qu'elles contiennent : 1.000 habitants génèrent 73.000 m<sup>3</sup>/an d'eau usées qui produisent après dépollution 15 à 25 tonnes de matières sèches. Une usine de 500.000 équivalents/habitants/produit environ 30 tonnes de matières sèches par jour. Elle doit donc évacuer chaque jour 100 tonnes de boues à 30% de siccité.

Un important effort de recherche a été réalisé pour minimiser la quantité de boues produites. Cela passe par des couplages des traitements aérobies avec des procédés physico-chimiques (oxydation des boues par un traitement à l'ozone par exemple) ou par une utilisation plus rationnelle de la digestion anaérobie pour traiter les effluents industriels, par exemple, lorsque la quantité de boues est importante, il faut essayer de réduire leurs volumes avant les traitements qui les préparent à leur destination finale.

La législation a largement réglementé les contraintes de rejet dans les réseaux urbains et les traitements et compositions des boues avant leurs destinations finales.

### I.1.5 Caractéristiques des boues selon leur origine dans la STEP :

Les boues de STEP peuvent, également, être différenciées selon le traitement dont elles sont issues. Le tableau 1 en résume l'essentiel :

**Tableau 1** : Classification des boues selon leur traitement.

| Appellation   | Nature   |
|---|--|
| <b>Boues issues du traitement primaire des eaux usées, dites "fraîches"</b> | Elles sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées. 70% de MES peuvent ainsi être retenues. Avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est entrain de diminuer.  |
| <b>Boues issues du traitement physico-chimique des eaux usées</b>           | Elles sont formées par l'agglomération des matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées. Cette agglomération est obtenue grâce à l'addition d'un réactif coagulant, tel les sels de fer ou d'aluminium. 90% de MES peuvent ainsi être captées. Séparées par décantation, les boues obtenues renferment une part importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant. |
| <b>Boues issues du traitement biologique des eaux usées</b>                 | Elles sont constituées par les résidus de bactéries "cultivées" dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries ont pour rôle d'éliminer une partie de la matière organique contenue dans les eaux usées en les digérant. 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 soutirée régulièrement, entretenant ainsi la dynamique de reproduction bactérienne. |
| <b>Boues mixtes</b> | Mélange de boues primaires et biologiques.   |

La pratique la plus simple et la plus courante consiste à épandre les boues sur des terres cultivées. C'est ce qu'on appelle l'épandage agricole. Cet épandage est lié à la valeur agronomique des boues d'épuration. A l'inverse, les boues contiennent aussi des éléments indésirables qui doivent être contrôlés et limités. <sup>[5]</sup>

## I.2 Traitement des eaux usées :

### I.2.1 Prétraitement :

Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physique et mécanique : dégrillage, dessablage et dégraissage-déshuilage. Ils dépendent de la nature et des caractéristiques des rejets industriels et de la ligne d'épuration prévue en aval. <sup>[6]</sup>

#### I.2.1.1 Dégrillage :

Il permet de filtrer les objets ou les détritiques les plus grossiers véhiculés par les eaux usées. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal. Le choix d'espacement des barreaux de la grille est défini par la taille et la nature des déchets acceptés par la STEP. <sup>[6]</sup> Un espacement de 10mm (dégrillage fin) maximum est utilisé pour protéger les filières d'épuration des eaux ou des boues spécifiques (décantation lamellaire, centrifugation...). Plus communément, l'espacement des barreaux est de 2,0 à 2,50 cm pour un dégrilleur mécanique et 3 à 4 cm pour un dégrilleur manuel. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s. Les déchets récupérés sont compactés afin de réduire leur volume puis stockés dans une benne avant d'être envoyés vers une filière de traitement adapté. <sup>[7]</sup>

#### I.2.1.2 Dessablage :

Les matières minérales grossières en suspension tels que les sables et les graviers, dont la vitesse de chute est inférieure à 0,3 m/s, susceptibles d'endommager les installations en aval, vont se déposer au fond d'un dessableur par décantation. Il faut 60 secondes à l'eau pour traverser le dessableur et éliminer 90% du sable qui ensuite récupéré par un râteau mécanique et poussé dans un conteneur d'évacuation. <sup>[6]</sup>

### I.2.1.3 Dégraissage-Déshuilage :

Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses). Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau ou constituer une phase indépendante non émulsionnée. Le déshuilage complet nécessite en fait un traitement en deux stades:

Pré-déshuilage par opération physique gravitaire sans adjonction de réactifs, réduisant la teneur en HC à environ 15 à 100mg/l, il s'effectue par flottation naturelle des vésicules huileuses émulsionnées. Si l'émulsion n'est pas trop fine (particules supérieurs à 50µm). Il est réalisé dans différent types d'appareils :

- Déshuileurs longitudinaux conventionnels, à plaques parallèles et circulaires raclés.
- Déshuilage final : flottation par air dissous où les bulles d'air augmentent la vitesse.
- De remontée des particules grasses et des huiles lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, ou coagulation par sels métalliques ou par électrolytes permettant d'obtenir l'épuration complète. <sup>[8]</sup>

### **I.2.2 Traitement primaire :**

Une fois ces étapes de dégrossissage réalisées, les eaux usées vont subir des procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer, par décantation la charge de matière organique et minérale en suspension. C'est ce que l'on appelle le traitement primaire.

Ces traitements ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. L'eau va alors passer au travers de bassins décanteurs, à faible vitesse permettant ainsi la sédimentation des particules au fond des bassins, et leur enlèvement via des pompes.

Une étape de coagulation-floculation préalable à la décantation permet d'améliorer l'épuration. C'est le traitement physico-chimique, cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif (sels de fer ou d'aluminium) qui provoque l'agglomération des particules en suspension, provoquant ainsi leur chute au fond de l'ouvrage. 90% des matières en suspension peuvent alors être éliminées.<sup>[9]</sup>

### **I.2.3 Traitement secondaire :**

Les étapes de traitement primaire permettent l'enlèvement des matières en suspension, l'eau n'est, pour autant, pas traitée complètement. La décantation permet l'élimination des particules de grandes tailles (supérieures à 50 microns). Par contre, la séparation des matières finement dispersées et des colloïdes, qui sont à l'origine de la coloration des eaux, ne peut se faire directement par décantation.

Les espèces colloïdales que l'on rencontre dans une eau brute ou une eau résiduaire comprennent de l'argile, de la silice, du fer et autres métaux lourds et des solides organiques tels que des débris d'organismes morts. Elles ont une taille inférieure à 1 micron. D'après la loi de Stokes, en régime laminaire leur vitesse de décantation est très faible.

Les colloïdes sont donc des particules impossibles à décanter naturellement. Il est alors nécessaire de faire appel à des traitements secondaires. Ceux-ci permettent d'éliminer les particules non décantables et les matières dissoutes. Ils font généralement appel à des procédés physico-chimiques ou biologiques.<sup>[9]</sup>

### **I.2.4 Les traitements physico-chimiques :**

Le traitement physico-chimique va permettre d'agglomérer les particules (coagulation-floculation) par adjonction des agents flocculants (chlorure de fer ou polyalumino-chlorure PAC). Ces amas de particules ainsi formés seront séparés de l'eau par décantation dans des clarificateurs (élimination des particules formées décantables de taille généralement supérieure à 50  $\mu\text{m}$ ). Ce traitement peut être effectué préalablement aux traitements biologiques et s'intègre dans ce cas dans les étapes du traitement primaire.<sup>[9]</sup>

### **I.2.5 Les traitements biologiques :**

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. Elle regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. Son principe est de provoquer une prolifération de micro-organismes aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent, en présence ou non d'oxygène. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non préhensible (matières colloïdales et dissoutes) en un élément manipulable (suspension de micro-

organismes). Le résultat de cette dégradation est un accroissement de la masse épuratrice, et le rejet de déchets dans l'eau.  $\text{Mat. Organique} + \text{micro-organisme} + \text{O}_2 + \text{N} + \text{P} \rightarrow \text{micro- organisme} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{résidu soluble non biodégradable}$  Selon que l'oxydation se produit grâce au gaz oxygène dissous dans l'eau (processus aérobie) ou qu'au contraire le processus se fasse sans oxygène (processus anaérobie), la nature des déchets sera différente :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  ou  $\text{NO}_3$  en aérobie,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et acides gras en anaérobie. Le moteur de décomposition (aérobie ou anaérobie) des substances organiques est constitué par des enzymes catalyseurs organiques sécrétés par les organismes. On distingue les enzymes extracellulaires qui provoquent la destruction des structures moléculaires trop complexes pour pénétrer au sein de la cellule, les enzymes intracellulaires qui assurent l'assimilation et, par conséquent, sont à l'origine des phénomènes vitaux provoquant la prolifération des cellules. Les traitements biologiques sont bien adaptés pour éliminer la pollution carbonée, mais également les pollutions azotées et phosphorées. <sup>[10]</sup>

#### **I.2.5.1 Traitement biologique par boues activées :**

Ce type de traitement implique l'aération du bassin des eaux usées afin d'assurer les conditions adéquates ( $\text{O}_2$ ) pour le développement des micro-organismes qui s'agglomèrent et forment le floc bactérien. Les matières organiques polluantes vont être captées par ces floes et former des boues activées qui sont brassées et assurent l'épuration des eaux usées dans le bassin. A l'aval de ce traitement, un clarificateur (ou décanteur secondaire) permet l'isolation des boues. Pour conserver un stock constant et suffisant de bactéries dans le bassin de boues activées, une partie des boues extraites du clarificateur est renvoyée en tête de bassin. L'autre partie est évacuée du circuit et dirigée vers les unités de traitement des boues.

#### **I.2.5.2 Traitement biologique par lit bactérien :**

Le principe du traitement par lit bactérien consiste à faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement décantée (traitement primaire), sur un support poreux contenant les microorganismes épurateurs. L'eau à traiter est répartie uniformément à la surface du filtre (dispersion en pluie par une grille de répartition figure 4), puis suit une phase d'aération pour apporter dans toute la biomasse du lit, l'oxygène nécessaire au maintien des bonnes conditions pour la microflore, l'objectif final n'étant pas de développer une biomasse, mais de restituer une eau purifiée. Une étape de séparation liquide-biomasse est assurée par un dispositif de clarification. Comme pour les boues activées, une partie de ces boues sert à réensemencer les bassins biologiques tandis que le reste est transféré vers la filière boue. <sup>[11]</sup>

#### **I.2.6 Traitement tertiaire :**

A l'issue du traitement secondaire, l'eau traitée est parfois directement rejetée en milieu naturel. Autrement, elle subit un troisième niveau de traitement, visant soit la réutilisation directe à

des fins agricoles ou industrielles voire humaines (comme c'est le cas en Australie), soit la protection des milieux naturels ou des systèmes de captage situés en aval. Ces traitements complémentaires concernent l'azote, le phosphore et la désinfection. L'élimination de l'azote est obtenue grâce à des traitements dits de « nitrification/dénitrification ». En effet, l'azote organique se transforme en ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux usées. Cet ion ammonium est transformé par les cultures bactériennes en nitrates  $\text{NO}_3^-$  : C'est l'étape de nitrification.<sup>[12]</sup>

La dénitrification intervient en deuxième lieu, et repose sur l'action des bactéries dénitrifiâtes qui vont transformer les nitrates en azote gazeux.

L'élimination du phosphore ou « déphosphatation » consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues afin d'y être piégées. La désinfection vient parachever le traitement en éliminant les germes potentiellement pathogènes encore présents dans l'eau. L'éventail des techniques de désinfection est assez large. On y retrouve le traitement au chlore, à l'ozone, à l'UV pour les plus courantes.<sup>[13]</sup>

### **I.3 Les contaminants chimiques :**

Les contaminants chimiques sont essentiellement les métaux lourds présents dans les boues sous forme d'éléments traces. Il s'agit entre autre du cadmium, mercure, plomb, zinc, etc. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants de déchets de bricolage, par exemple). Toutes ces valeurs sont étroitement réglementées avant un éventuel épandage et supposent par conséquent un strict contrôle des rejets des eaux usées.<sup>[15]</sup>

Les transferts d'éléments traces métalliques dépend de leur aptitude à être libérés dans l'eau du sol et leur faculté d'assimilation par la plante. Il existe de grandes différences d'assimilation selon les plantes et selon les sols. Il est, aujourd'hui, établi que les boues n'apportent pas plus de cadmium que les engrais, que les teneurs de cadmium des grains de maïs cultivés sur des boues ne sont pas plus élevées (au contraire !) que sur les parcelles fertilisées par engrais chimiques classiques. Cet effet limité viendrait notamment du fait que les boues contiennent aussi du zinc qui diminue l'absorption du cadmium.<sup>[16]</sup>

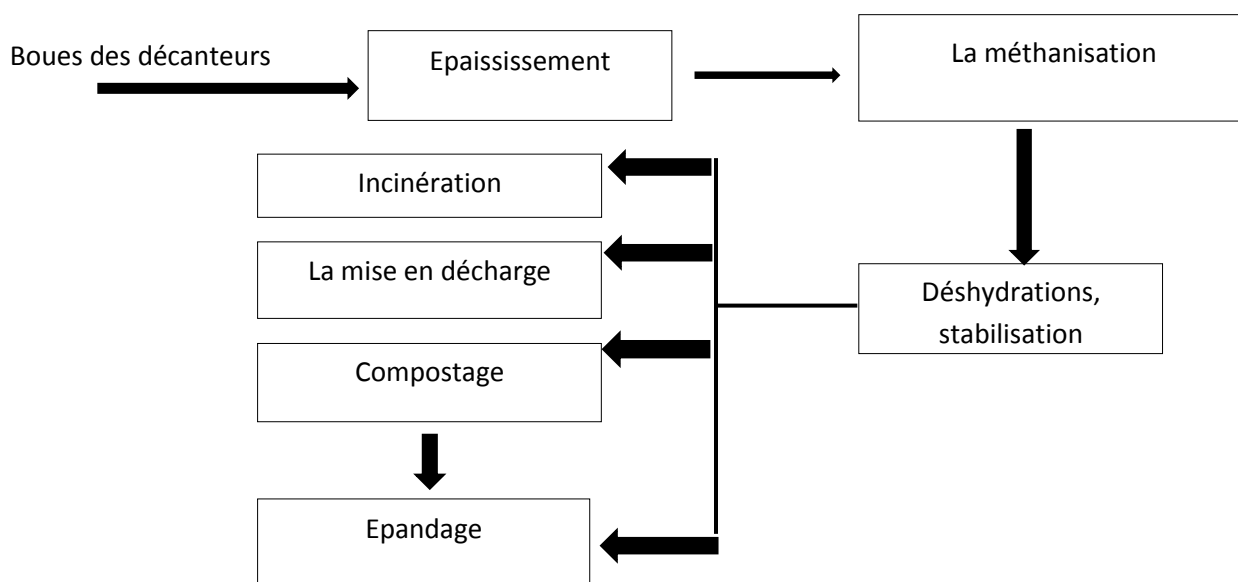
### **I.4 Les microorganismes :**

Enfin, les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants dont une partie est pathogène : virus, bactéries protozoaires, champignons, etc. La plupart viennent des excréments d'origine humaine ou animale.

Il faut cependant noter que l'épandage des boues d'épuration ne constitue pas des circonstances favorables à la survie des microorganismes pathogènes qui sont pour la plupart mal adaptés au milieu extérieur. L'épandage accélère leur destruction en les soumettant aux variations climatiques et aux effets du sol. La plupart des microorganismes ont une durée de vie limitée dans le sol (boue). Seuls certains organismes comme les vers parasites peuvent prendre des formes de résistance. <sup>[15]</sup>

### I.5 Traitements des boues :

Les filières de traitement des boues sont très variées et dépendent de leurs compositions et de leurs destinations finales. La figure 6 représente les différentes étapes possibles de cette filière.



**Figure 1:** Schéma résumant les différentes étapes du traitement des boues.

### I.1.5.1 L'épaississement :

C'est la première étape qui vise à augmenter la siccité des boues (teneur en matière sèche) sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue. Cet épaississement peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation).

Les différentes étapes du traitement des boues mettent en œuvre des procédés physicochimiques ou microbiologiques. Il s'agit ici d'appliquer des techniques de traitement des déchets solides. <sup>[15]</sup>



**Figure 2 :** Epaississement des boues par flottation.

### I.5.2 La méthanisation :

La réduction du volume par traitement biologique se fait en aérobie parfois, mais la voie la plus intéressante est l'anaérobie c'est à dire la méthanisation des boues. Ce traitement consiste à mettre les boues dans des réacteurs anaérobies, les digesteurs qui vont transformer une partie des boues anaérobies en méthane et gaz carbonique (le biogaz).

Ces digesteurs sont chauffés à 35 ou 55°C et éliminent 40 à 50 % de la masse des boues. Ils produisent environ 350 m<sup>3</sup> de méthane par tonne de matière organique éliminée sous forme d'un biogaz à 65-70 % de méthane et le reste en gaz carbonique.

La digestion anaérobie des boues permet l'élimination des bactéries pathogènes et des virus. En Europe, c'est la production de boues urbaines équivalente à 20 millions d'habitants qui sont traités de cette manière. Cela conduit à un taux d'élimination de 14 % du total des boues urbaines produites. <sup>[15]</sup>

### I.5.2.1 Déshydratation et stabilisation chimique :

La déshydratation a pour but d'amener les boues aux teneurs en matière sèche désirée pour les traitements ultérieurs. Elle est réalisée par des procédés mécaniques de filtration (par filtres à bande ou filtres presses) ou de centrifugation et/ou thermiques via des fours. Leurs teneurs en matière sèche peuvent atteindre 70 à 80 % en fonction de leurs destinations finales. Une boue qui est à 50% de matière sèche a perdu 90% de son volume.

Le mélange des boues avec des produits stabilisants empêche les fermentations et détruit des microorganismes pathogènes. Pour cela on mélange les boues avec de la chaux par exemple.

Dans les petites stations d'épuration du secteur rural on utilise d'autre technique de déshydratation. Dans les zones très ensoleillées, on épand les boues sur des surfaces de sable et de graviers ou elles vont sécher au soleil. <sup>[15]</sup>

On peut aussi accumuler des boues dans un bassin et y mettre des plantes adaptées. Les eaux récoltées dans les deux cas retournent à la station d'épuration.



**Figure 3 :** Déshydratation par filtre presse.

### I.5.2.2 L'incinération :

L'incinération des boues génère des cendres de 5 à 6% de la matière sèche entrante et les normes de rejets gazeuses sont très réglementées (poussières, métaux, composés organiques volatiles, etc.)

Les boues déshydratées sont brûlées dans une chambre à très haute température (de préférence à 1200°C) avec une fourniture suffisante en oxygène pour oxyder tous les matériaux



organiques. Elle peut ainsi détruire 99,9 % des déchets organiques (y compris les composés organiques chlorés) si elle est convenablement utilisée. <sup>[16]</sup>

### I.5.2.3 La mise en décharge :

Les décharges ou encore « Centres d'Enfouissement Techniques » (C.E.T.) sont des sites où l'on stock des déchets solides. On a trois classes de décharge :

a) Classe 3 : elles n'accueillent que les déchets inertes comme les gravats, les déchets du bâtiment etc., donc les déchets qui ne fermentent pas, qui ne brûlent pas.

b) Classe 2 : elles accueillent les déchets de types ordures ménagères ou assimilés. Donc les produits qui peuvent fermenter et évoluer avec le temps.

c) Classe 1 : elles reçoivent les déchets toxique et dangereux. <sup>[16]</sup>

Les boues vont en classe 2 si elles ne contiennent pas de produits toxiques sinon elles vont en classe 1.

Le stockage des déchets en C.E.T. de classe 2 se fait par « casiers » qui sont d'immenses bacs de plusieurs milliers de m<sup>3</sup>. Quand un casier est plein on en remplit un autre.

Les C.E.T. génèrent des liquides issus des déchets eux même et des précipitations pluie, neige que l'on nomme les lixiviats. Ces lixiviats sont potentiellement très polluants. C'est pourquoi les C.E.T. sont réalisés dans des sols étanches ou rendus étanches par des géotextiles afin de les récupérer pour les traiter.

Dans ces C.E.T. une méthanisation s'installe naturellement et leurs durées de vie est de 20 à 30 ans. Le recyclage des lixiviats dans la masse de déchets permet d'abaisser la durée de vie d'une décharge à 6-8 ans car on accélère la méthanisation.

Quand les casiers sont pleins, on les couvre pour les rendre étanches, on récupère le biogaz (méthane et gaz carbonique) et on remet une couche de terre pour le revégétaliser en mettant de l'herbe, des arbustes. <sup>[17]</sup>

### I.5.2.4 Le Compostage

Le compostage est une technique de fermentation aérobie de déchets solides. Il peut se faire en réalisant des tas qui sont aérés par injection d'air par le sol et mélangés par retournement, de temps à autres, cela nécessite plusieurs mois. Il existe aussi des composteurs qui sont de grands cylindres en rotation ou le temps de résidence de la matière est plutôt de quelques jours.

Dans le compostage on a une consommation des molécules facilement fermentescible et une montée naturelle en température au-dessus de 70 °C. Pendant plusieurs heures à plusieurs jours, en fonction

des conditions de réalisation. Cette chaleur est générée par les microorganismes eux-mêmes et constitue une hygiénisation de la matière car elle réduit de manière importante la quantité de microorganismes pathogènes.

Ce compostage se fait à partir de boues (partiellement déshydratées) et de déchets ligneux broyés (déchets verts). Ils permettent ainsi à l'oxygène d'atteindre l'intérieur de tas.

En fin de compostage, le produit obtenu est tamisé donnant ainsi un compost de qualité qui peut être utilisé en agriculture. <sup>[18]</sup>

#### **I.5.2.5 L'épandage**

L'azote, le phosphore, le potassium le magnésium contenu dans les boues sont des éléments fertilisants pour l'agriculture. La matière organique présente est aussi d'un grand intérêt pour certains sols. <sup>[16]</sup>

L'épandage des boues sur sol agricole est réalisé depuis très longtemps. Les manques de connaissances de la composition des boues et de leurs conditions de mise en œuvre en épandage, leurs qualités médiocres, ont conduit à des pratiques qui ont discrédité l'intérêt de ce mode d'élimination des boues. <sup>[18]</sup>

L'amélioration de la qualité des boues, l'augmentation des nos connaissances dans ce domaine ont conduit à définir les conditions des bonnes pratiques de l'épandage sur les sols agricoles. Il permet de réaliser des économies importantes pour les agriculteurs en limitant l'apport d'engrais chimiques et en améliorant la teneur en matières organiques des sols.

Les boues peuvent être épandues sous forme liquide ou plus ou moins déshydratées et enfouie immédiatement ou non suivant les techniques choisies.

La réglementation impose des conditions d'épandage très strictes :

- Tout épandage est subordonné à une étude préalable,
- L'épandage ne peut être pratiqué que si cela a un intérêt pour la plante,
- Les boues doivent avoir une qualité attestée par des analyses complètes,
- Les principes de transparence et de traçabilité doivent être respectés,
- La filière d'épandage doit être détaillée,
- Un suivi rigoureux doit être mis en place,
- Les conditions techniques de mise en œuvre sont bien définies. Comme par exemple :(la pente doit être inférieure à 7%, la distance minimale des habitations est de 100 m ou 20 m s'il y a enfouissement immédiat des boues, des délais minimums de récolte sont à respecter en fonction du

type de culture (il y a des périodes d'épandage), on ne peut pas épandre sur des sols enneigés, gelés ou pendant de fortes pluies (il faut donc prévoir des stockages), on ne peut pas épandre sur des terres non régulièrement travaillées. <sup>[15]</sup>



**Figure 4 :** Boues récupérées lors de la décantation.

#### **I.6 Devenir des boues d'épuration :**

L'incinération est pratiquée sur 15 à 20% des boues générées en Europe. La matière organique est alors détruite jusqu'à restituer une très petite quantité de sous-produits minéraux. Cette voie d'élimination des boues est cependant à surveiller puisque les fumées doivent subir un traitement avant d'être rejetées dans l'atmosphère et les cendres évacuées ; Bien que la composition des boues d'épuration diffère des ordures ménagères associées aux déchets industriels et hospitaliers, l'incinération de tels résidus présente des risques de production de substances toxiques, tels que les composés organiques chlorés, les dioxines ou encore les métaux qu'il est indispensable de gérer. Du fait des restrictions en matière de mise en décharge et de la réglementation toujours plus sévère, l'incinération pourrait être amenée à se développer. Mais du fait de son coût non négligeable (notamment à cause des techniques de traitement des fumées), cette pratique n'est pour l'heure pas envisageable pour bon nombre de station d'épuration (STEP) de petite taille. Elle est essentiellement pratiquée pour l'instant, en zones urbaines.

La mise en décharge concerne 20 à 25% des boues. Elles doivent répondre à des « critères d'admissibilité » avant de pouvoir être enfouies, notamment aux normes de siccité. En effet, les boues doivent être stabilisées lorsqu'elles sont mises en décharge afin de limiter la production de lixiviats et de biogaz. Cependant puisqu'elles sont valorisables (revalorisation énergétique ou épandage agricole), les boues ne constituent plus un déchet ultime et par conséquent, la voie d'élimination par enfouissement technique apparaît comme une solution non pérenne pour les boues d'épuration. Enfin la revalorisation agricole reste le moyen le plus envisageable dans la perspective d'un développement durable. <sup>[19]</sup>

### **I.7 Composition de la matière organique des boues d'épuration :**

La composition et la quantité de ces boues vont dépendre de leurs origines : urbaines ou industrielles, issues de stations biologiques ou physico-chimiques, de la nature de l'industrie qui produit l'eau usée. Leurs compositions sont donc extrêmement variables en fonction du site où elles sont produites. <sup>[19]</sup>

En sortie des décanteurs elles sont aux alentours à 10-15 g/litre en matière sèche.

Les boues sont constituées de matières organiques complexes non dégradées, de matières inorganiques (minéraux, métaux lourds), de microorganismes (bactéries, agents pathogènes).

La matière organique est principalement constituée de trois grandes familles : les protéines, les lipides, et les carbohydrates. <sup>[20]</sup>

### **I.8 Données de chiffres :**

Actuellement, l'Algérie dispose de 134 stations d'épuration (STEP 'stations d'épuration' et lagunes) en fonctionnement avec une capacité installée estimée à 12 millions EQH (équivalent habitant) soit 800 hm<sup>3</sup>/an. La réutilisation des eaux usées épurées notamment à des fins agricoles est devenue l'un des axes principaux de la stratégie du secteur des ressources en eau en Algérie. <sup>[21]</sup>

### **I.9 Voies d'avenir pour réduire le volume des boues :**

Ces procédés dits « d'avenir » sont généralement de types thermo-chimiques et regroupent notamment la pyrolyse, la gazéification, l'oxydation par voie humide et la combustion. <sup>[20]</sup>

#### **I.9.1 La pyrolyse (ou thermolyse) :**

Ce procédé repose sur la décomposition de la matière organique grâce à la chaleur (500 à 900°C) en absence d'oxygène. Contrairement à l'incinération et à la gazéification, il n'y a pas de réaction d'oxydation (combustion) de la matière, mais seulement une décomposition de celle-ci, ce qui permet de réduire notablement le volume de fumées engendrées et de produire moins d'éléments

volatils nuisibles. Cette décomposition thermique génère deux sous-produits dans des proportions qui varient avec les conditions opératoires du procédé et la composition du déchet à traiter :

- Un résidu carboné, appelé « char », qui contient la matière minérale du déchet traité ainsi qu'une partie du carbone, appelé carbone fixe. Dans ce résidu vont se concentrer les métaux lourds (sauf le mercure et le cadmium). Ce résidu sera ensuite déposé en décharge ou utilisé comme remblai.
- Un gaz de thermolyse, constitué d'une fraction condensable (vapeur d'eau et goudron volatil) et d'une fraction non condensable composée principalement de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  et  $\text{CO}_2$ . Ce gaz est combustible et permet de valoriser l'énergie contenue dans les boues. <sup>[20]</sup>

### **I.9.2 La gazéification :**

La gazéification se différencie de la pyrolyse par le fait que le carbone est totalement converti en gaz, à des températures pouvant aller de 800 à 2000°C, sans production de phases liquides ou solides, et seulement la genèse de cendres comme sous-produits. La gazéification est un procédé endothermique et nécessite donc un apport de chaleur important. Celui-ci est en général apporté par combustion partielle du matériau initial avec de l'air ou de l'oxygène. <sup>[19]</sup>

### **I.9.3 L'oxydation par voie humide :**

Ce procédé est apparu dès les années 60 aux USA, et est développé en France par la société Degremont et Granit Technologies ainsi que par OTV. Il s'agit, comme pour l'incinération, d'une oxydation de la matière organique, mais réalisée en milieu liquide, avec de l'air ou de l'oxygène pur. Un résidu minéral est obtenu (30 à 50 % de la matière sèche entrante) ainsi que du  $\text{CO}_2$  et un effluent qui est traité ultérieurement en station d'épuration. Le résidu solide quant à lui est éliminé en décharge. <sup>[21]</sup>

## **I.10 Utilisation de la boue :**

### **I.10.1 Utilisation de la boue en tant que Biogaz :**

Dans de nombreuses stations d'épuration, les bassins de décantation anaérobies ou les lagunes profondes produisent d'abondantes quantités de biogaz (méthane, gaz carbonique et sulfure d'hydrogène) qui s'échappent dans l'atmosphère, contribuant ainsi aux émissions de gaz à effet de serre. Les productions de biogaz atteignent 15 à 25  $\text{m}^3$  par 1000 habitants et par jour. S'il n'est pas utilisé, le biogaz est malodorant et polluant. Mais il est très riche en énergie ( $> 7 \text{ kWh/m}^3$ ) et peut être exploité pour produire différentes formes d'énergie (électricité, chaleur, pompage, etc.) tout en éliminant les odeurs et la pollution de l'air.

Le traitement anaérobie des boues peut s'effectuer soit dans de simples bassins ou lagunes de décantation (de plus de trois mètres de profondeur), soit dans des digesteurs spécialement conçus à cet effet.

Les bassins et lagunes seront aménagés en 'digesteurs' avec collecte du biogaz dans des gazomètres (bâches). Les boues digérées seront curées annuellement.

Dans la plupart des pays industrialisés, les boues sont extraites des décanteurs et traitées dans des digesteurs séparés. Plus de 1000 installations de ce type sont fonctionnelles dans le monde. Dans les pays en développement et méditerranéens, la technologie du biogaz (la bio méthanisation) est très peu connue des institutions et des acteurs privés (gérants, bureaux d'études, personnel) actifs dans le domaine des eaux usées. Et ceux qui connaissent la technologie ne disposent souvent pas des capacités techniques et financières pour monter et gérer un projet 'biogaz'.

Aucune norme n'est encore envisagée pour limiter les odeurs (parfois très gênante pour le voisinage) et la pollution causée par les productions de gaz provenant des bassins anaérobies des stations d'épuration.

Le traitement anaérobie des boues s'avère être une technique efficace pour réduire les charges en polluants et les concentrations en germes pathogènes. Et contrairement au traitement aérobie, il permet, à la fois, de digérer et de stabiliser rapidement les boues tout en réduisant leur volume et de fournir d'importantes quantités d'énergie.

Le biogaz produit par les boues est particulièrement riche en méthane et le pourcentage volumique atteint généralement 75 à 80%. <sup>[21]</sup>

### **I.10.2 Utilisation de la boue dans l'épandage et en tant qu'un engrais :**

En agriculture, les boues sont utilisées comme un engrais, c'est-à-dire comme produit capable de fournir aux cultures des éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium nécessaire à leur croissance et à leur développement. L'utilisation se fait sur terres agricoles et représente 55 à 65% du tonnage des boues. Cette pratique courante ne concerne pas que les boues d'épuration, mais plusieurs centaines de millions de tonnes ou de mètres cubes de matières diverses. Ces matières entretiennent la fertilité des sols quand elles sont correctement appliquées, diminuant alors les besoins d'engrais commerciaux. Compte tenu des multiples procédés épuratoires utilisés dans les différentes stations, les boues sont susceptibles de présenter une diversité de composition selon le type de traitement utilisé, le type d'effluent entrant ou encore la taille de la station.

L'amélioration de la qualité des boues, l'augmentation de nos connaissances dans ce domaine ont conduit à définir les conditions des bonnes pratiques de l'épandage sur les sols agricoles. L'épandage des boues des stations d'épuration permet de réaliser des économies importantes pour les agriculteurs en limitant l'apport d'engrais et en améliorant la teneur en matières organiques des sols.

Les boues peuvent être épandues sous forme liquide ou plus ou moins déshydratées et enfouie immédiatement ou non suivant les techniques choisies. [22]

### **I.10.3 Utilisation de la boue dans l'incinération :**

L'incinération a l'avantage de réduire d'environ 80% le volume initial des solides des boues. Elle élimine complètement les organismes pathogènes et dégrade plusieurs composés organiques toxiques. Néanmoins les coûts élevés de l'énergie requise lors de ce mode de disposition, les quantités très importantes en métaux contenus dans les cendres produites et l'émission possible de mercure et de cadmium compromettent l'utilisation de cette pratique.

Elle représente 15% à 20% du tonnage des boues, mais induit de forts coûts pour les exploitants des stations d'épuration. [23]

### **I.11 Quantification des métaux lourds dans les boues d'épuration**

La présence de métaux lourds dans les boues d'épuration municipales provient de sources industrielles et domestiques ainsi que du ruissellement urbain. Ces métaux constituent donc un obstacle important pour la disposition finale de ces boues dans l'environnement et leur enlèvement devient essentiel pour la gestion adéquate de ces dernières. Lors de l'épuration des eaux usées, environ 90% des métaux lourds se retrouvent généralement dans les boues primaires et secondaires et une partie importante est enlevée lors de la décantation primaire. Aussi, pendant le traitement secondaire par boues activées des complexes entre les métaux et les polymères extracellulaires sont formés. Ces complexes sont responsables de la structure du floc bactérien. Afin d'éviter ces teneurs élevées en métaux lourds dans les boues, certains pays préfèrent pratiquer un contrôle à la source des rejets industriels. [24]

# CHAPITRE II :

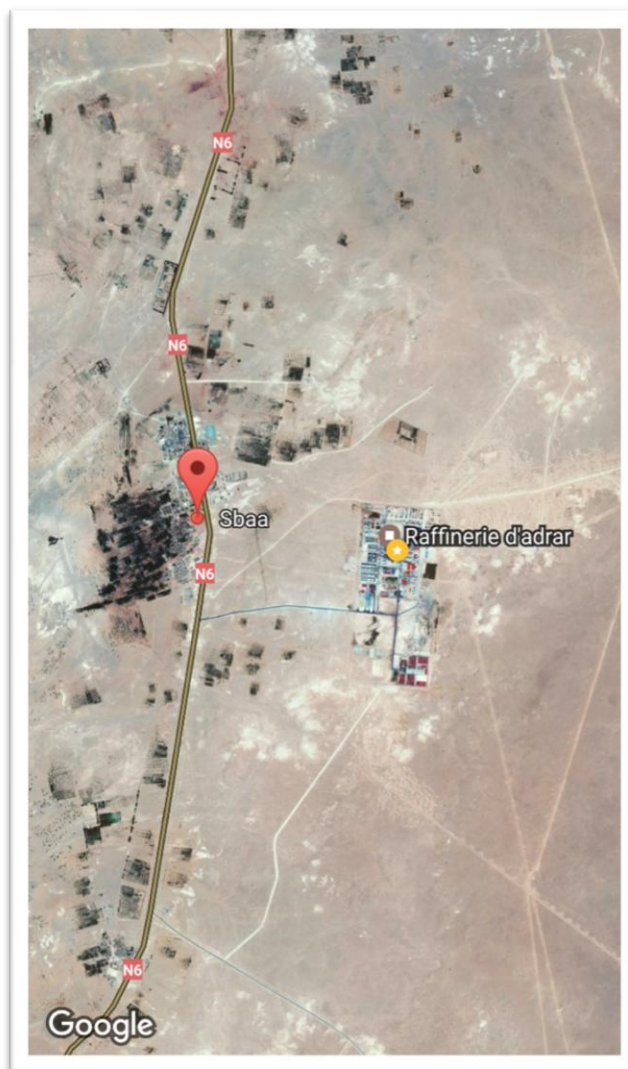
## Méthodes d'analyses des boues



## II.1 Description de la raffinerie de Sbaa

### II.1.1 Situation géographique :

La raffinerie de Sbaa se trouve dans la zone industrielle d'Adrar. Elle se situe dans la partie orientale de la ville Adrar d'une distance dépasse les 44 kilomètres. La raffinerie occupe une superficie totale de 75 hectares divisée en 06 aires pour les différents usages.



**Figure 5 :** Situation géographique de la raffinerie

**II.1.2 Capacité de traitement de la raffinerie :**

La capacité nominale de traitement de la raffinerie de Sbaa est de douze mille cinq cent (12500) barils\ jour ; le pétrole brut provenant des gisements situés dans la cuvette de Sbaa, Hassi Ilatou. La raffinerie se compose de plusieurs zones à savoir : l'unité de production, une zone de stockage, une zone d'expédition ; un centre d'enfuter de propane et de butane, zone de bâtiment technique et administratif, et une base de vie.

La capacité annuelle de traitement de la raffinerie de SABA est de 600 000 Tonnes environ de pétrole brute pendant une période de 330 jours en continu par jour.

**II.1.3 Structure et équipement de la raffinerie :**

La raffinerie est constituée principalement de :

- Une unité de distillation atmosphérique de brute.
- Une unité de reformage catalytique de naphta.
- Une unité de craquage catalytique de résidu atmosphérique (RFCC).
- Une unité de séparation des GPL.
- Une salle de contrôle principale.
- Des bacs de stockage de produit pétroliers.
- Unités de l'utilité avec ses auxiliaires
- Station d'air comprimé.
- Un bâtiment technique et laboratoire.
- Une station électrique principale.
- Des soustractions électriques.
- Un atelier de mécanique et de maintenance.
- Huit blocks d'approvisionnements.
- Un bâtiment administratif.
- Station de brigade anti-incendie.
- Rampes de chargement.

**II.1.4 Conception de l'outil de production :**

La conception de l'installation est basée sur les principes suivants :

- La raffinerie fonctionne en continu à sa capacité de production annuelle.
- La valorisation de la totalité du résidu de l'unité de distillation atmosphérique en produit raffinés et particulièrement la maximisation du gasoil, Le fonctionnement de la raffinerie est complètement autonome. Toutes les utilités requises pour le fonctionnement des installations sont produites par la Raffinerie, à l'exception du gaz naturel qui provienne du champ de gaz de SONATRACH de Sbaa, La production de vapeur pour satisfaire les trois turbines de production d'énergie électrique ; les deux turbo ventilateurs de l'unité RFCC et vapeur stripping des unités combinées ; est assurée par trois chaudières avec un appoint de l'unité RFCC.
- L'énergie électrique est produite par trois turbos générateurs. L'air comprimé (purifié et non purifié + le nitrogène) pour l'utilisation de l'air instrument est régénéré des catalyseurs du réacteur.

### **II.1.5 Utilités de la raffinerie :**

La raffinerie est caractérisée par l'autonomie du fonctionnement (toutes les utilités requises pour le fonctionnement des installations sont produites par la raffinerie, à l'exception du gaz naturel qui provient du champ de gaz de SONATRACH de l'unité de déshydratation de Sbaa). Ces unités assurent le fonctionnement des unités de production. Les utilités nécessaires pour le fonctionnement de la raffinerie sont composées des unités suivantes :

- 1- Unité de traitement des eaux.
- 2- Unité de production de vapeur.
- 3- Unité de production d'énergie électrique.
- 4- Unité de production d'air comprimé.

#### **a- Réseau d'eau :**

L'eau brute destinée aux différents usages (eau réseau incendie, eau traitée pour le refroidissement et la production de la vapeur, eau potable) provient des trois forages situés à un 1 km d'environ côté nord-est de la raffinerie. Le traitement des eaux de refroidissement des installations se prépare par l'unité de traitement des eaux et s'exploite par l'unité de circulation des eaux. Le traitement des eaux déminéralisées pour la production de vapeur se fait à l'unité de traitement des

eaux et il sera pompé vers les chaudière via deux bacs de stockage d'une capacité de 200 m<sup>3</sup> pour chaqu'un.

**b- Réseau eau incendie :**

Les réseaux eau incendie est équipé par deux électropompes ; et une diesel motopompe identique ; deux suppresseurs assurent une la sous pression du réseau en permanences.

**c- Réseau eau potable :**

Les deux pompes alimentent la station d'adoucissement d'eau potable qui se trouve à la base vie (après adoucissement l'eau est distribuée avec un débit de 2,5 m<sup>3</sup>/h sous une pression de 2,5- 3 bars.

**d- Réseau eau de refroidissement :**

Un appoint en eau traite de traitement des eau (osmose inverse) vers les bassins les deux tours d'aéroréfrigérant, ces deux tour, Un pour la central ; avec un débit de 4000 m<sup>3</sup>/h et une pression et température de sortie de 03 bars – 32 °C et 02 bars – 42 °C en retour, La deuxième pour les unités combinées, avec un débit de 3000 m<sup>3</sup>/h et une pression et température de sortie de 4,5 bars – 32 °C et 2,5 bars – 42 °C en retour.

Le traitement des eaux de refroidissement se base sur le maintien de son PH dans les limites de 8,5 et 9,5 par l'acide chlorhydrique, et l'élimination des algues par le chlore et d'autres biocides.

**II.1.6 Les produits issus de l'épuration :**

- **L'eau épurée :** avant son rejet ver le lac elle doit être analysée par le laboratoire si la qualité d'après les résultats d'analyse est bonne, l'eau d'appoint à la tour de refroidissement, ou pour l'arrosage.
- **Boues :** Les boues sont épaissies puis hydratées sur lits de séchage avant leur envoi en décharge (ou autres= utilisation Agricole).
- **Les produits de Dégrillage :** Les refus de dégrillage sont évacués par un tapis transporteur, ou une vis de convoyage dans une benne à ordure.
- **Graisses et Huiles :** Elles sont stockées dans une fosse a graisse avant enlèvement.
- **Sables :** Ils sont extraits de l'ouvrage de prétraitement, séparés de leur eau par un classificateur, puis stockés dans une benne relevable.

## II.2 Objectif de l'analyse de la boue :

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

### II.2.1 Echantillonnage :

- **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 « DRYMUD ».de la station d'épuration des eaux usées de la raffinerie d'Adrar de la face finale de traitement de la boue.

- **Le matériel et le mode de prélèvement :**

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



**Figure 6 :** Point du prélèvement

### II.2.2 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 7 :** 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 8 :** Boue dans un mortier à agat



**Figure 9 :** Tamisage de la poudre

Cette poudre sera utilisée pour les différentes analyses chimiques :

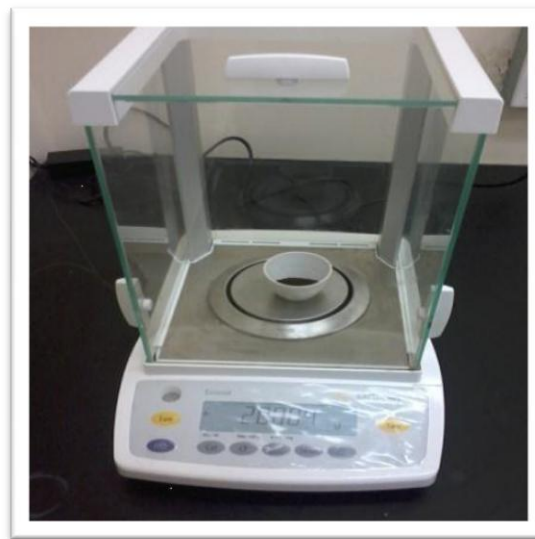
- Détermination le taux d'humidité et la perte au feu
- Analyse bactériologique
- Détermination des métaux lourds

### II.2.3 L'analyse physico-chimique de la poudre de boue :

- Le but de l'analyse : Détermination des caractéristiques physiques et chimiques de la poudre de boue.
- Calcul d'humidité : L'analyse se fait au niveau du laboratoire de la raffinerie de sbaa.

Peser le 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  $m_1$ .

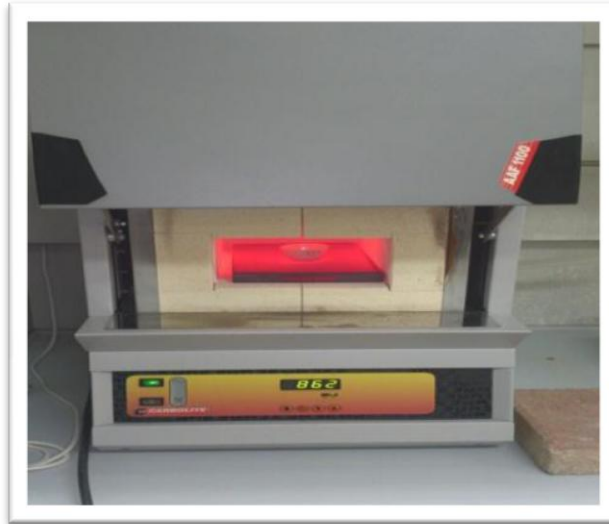


**Figure 10** : La masse de l'échantillon

Prendre le creuset de masse  $m_1$  et le sécher pendant 2 heures à 150 OC Refroidir et peser, on obtient une masse  $m_2$

- Détermination de la Perte Au Feu :
  - Nous avons pris le creuset de masse  $m_2$  puis, le brûle au four à 900 OC pendant 2 heures
  - Refroidir et le mettre au dessiccateur pendant 15 mn
  - Peser le creuset, on obtient une masse  $m_3$

$$H\% = (m_1 - m_2) / m_0 * 100 \quad \text{PAF}\% = (m_2 - m_3) / m_0 * 100$$



**Figure 11 :** La combustion de la matière organique

#### **II.2.4 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 :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , nous devons passer par la préparation de l'eau régale de la manière suivante :

##### **II.2.4.1 Préparation de la solution 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 un demi-heure avec une température de  $200^\circ\text{C}$ .



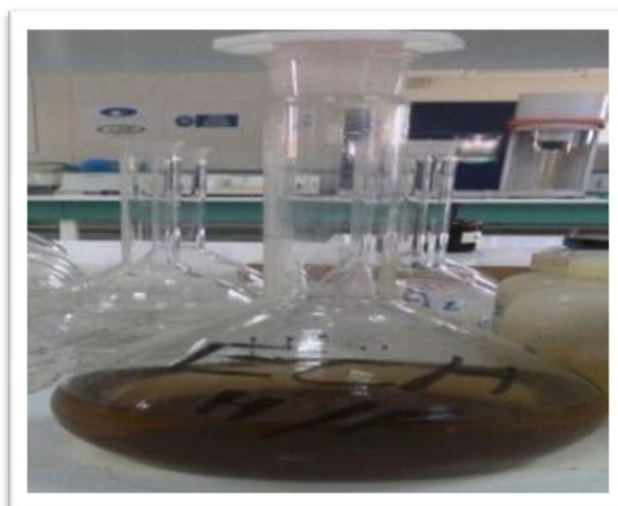


**Figure 12** : Préparation de la solution

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

**Figure 13** : Filtration de la solution

- Filtrer le liquide avec un papier filtre dans une fiole de 200 ml qui servira à la détermination des quatre oxydes ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ).
- Le résidu récupéré La quantité de la matière restante est la masse de silice non pure  $\text{SiO}_2$

**Figure 14** : L'eau régale

**II.2.4.2 Détermination du taux de la silice i :****➤ Acide insoluble (Ac.Ins) :**

- 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 :

$$\text{SiO}_2\% = (m_3 - m_4) / m_0 * 100$$

**➤ Silice soluble en mg/l :****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 passé dans appareil d'analyse « photomètre de flamme ».

**II.2.4.3 Détermination du taux  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  :**

- 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 filtrer et on le met à l'intérieur du creuset puis on le brûle au four à  $9000\text{C}$  pendant 2 heures
- Refroidir le creuset puis le mettre au dessiccateur pendant 15 mn
- Peser le creuset, on obtient une masse  $m_5$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3\% = (m_5 - m_c) * 100$$

**II.2.4.4 Détermination de CaO :**

- Prendre une de 10 ml dans un erlen et
- Ajouter 100 ml d'eau déminéralisée
- Ajouter NaOH 1N jusqu'à pH= 12
- Ajouter quelques gouttes de mirixdes
- Titrer avec EDTA 0.02 N (V1)

**II.2.4.5 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 quelque gouttes de NET (environ 5)
- Titrée avec EDTA 0.02 N(V2) Entrer (V1) et (V2) dans le programme EXCEL existant au sein de la société qui nous donne directement le taux des deux composés

**II.2.4.6 Détermination de l'azote kjeldahl :**

Dosage de l'azote kjeldahl par minéralisation au sélénium (norme NF EN 25663)

**Principe :** 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, la minéralisât contient uniquement des ions  $\text{NH}_4^+$ . La suite du principe est le dosage direct de l'ion  $\text{NH}_4^+$  dans le minéralisât par spectrophotométrie à 655 nm.

**Mode opératoire :**

- **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.
- **Minéralisation :**

- Dans une fiole de kjeldahi, introduire :
- La prise d'essai E ml - 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré, à l'éprouvette graduée
- 5.0 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

- **Réactifs et appareillage :**

- Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré
- Hydroxyde de sodium (Na OH) à environ 500g.l-1
- Acide chlorhydrique (HCL) à 0.02 mol.l-1
- Spéctro photomètre à 655 nm

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

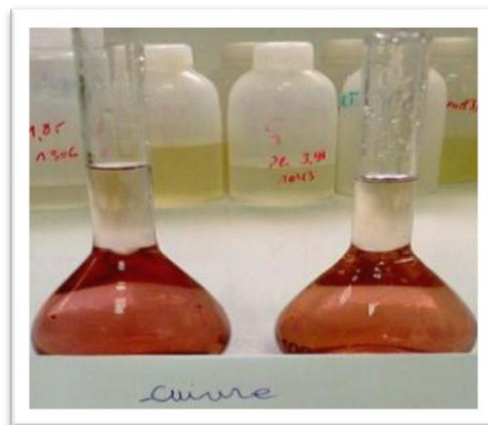
## II.2.5 Analyses des traces

Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de la raffinerie de sbaa

### II.2.5.1 Détermination du Cuivre en mg/l

#### 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 15 :** analyse du cuivre

### II.2.5.2 Détermination du Fer en mg/l

#### 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 : 15 minutes

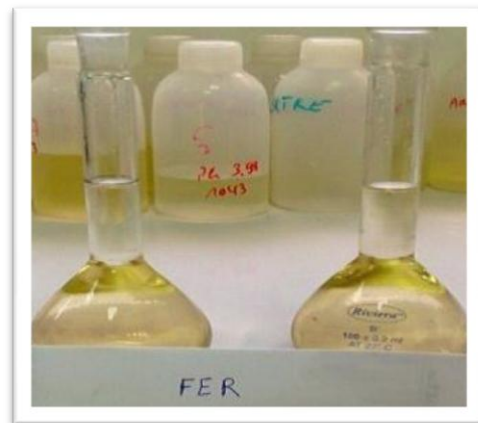


Figure 16 : analyse du fer

### II.2.5.3 Détermination de l'Ammonium en mg/l

#### Réactif

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



Figure 17 : analyse de l'ammonium

### II.2.5.4 Phosphates en ml/l

#### Réactif

- Prise d'échantions 50 ml
- 1 ml d'acide sulfurique  $\frac{1}{4}$
- 10 ml de molybdate d'ammonium à 2,5 %
- 4 ml d'acide aminonaphtole sulfonique
- Durée d'attente : 20 minutes

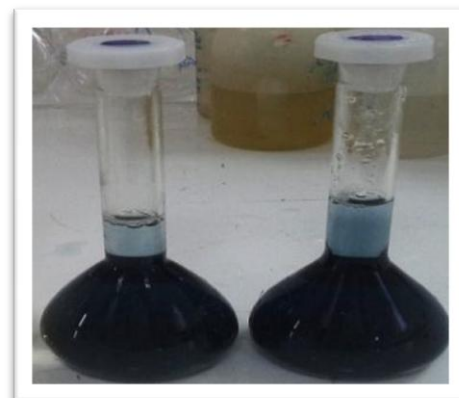
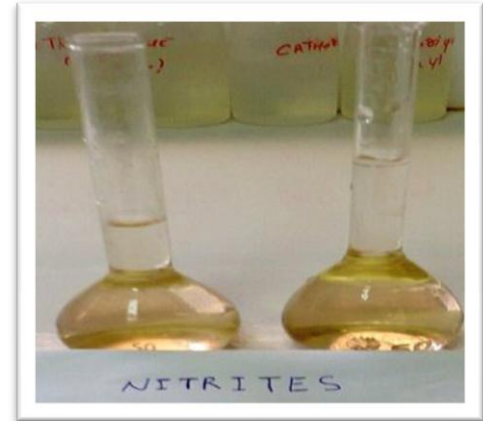


Figure 18 : analyse des phosphates

### II.2.5.5 Nitrite en mg/l

#### Réactif

- Prise d'échantillons 25 ml
- 1 ml d'acide acétique 2%
- 5 ml d'acide sulfanilique
- 5 ml d'alpha naphtylanine
- Durée d'attente : 10minute



**Figure 19** : analyse du nitrite

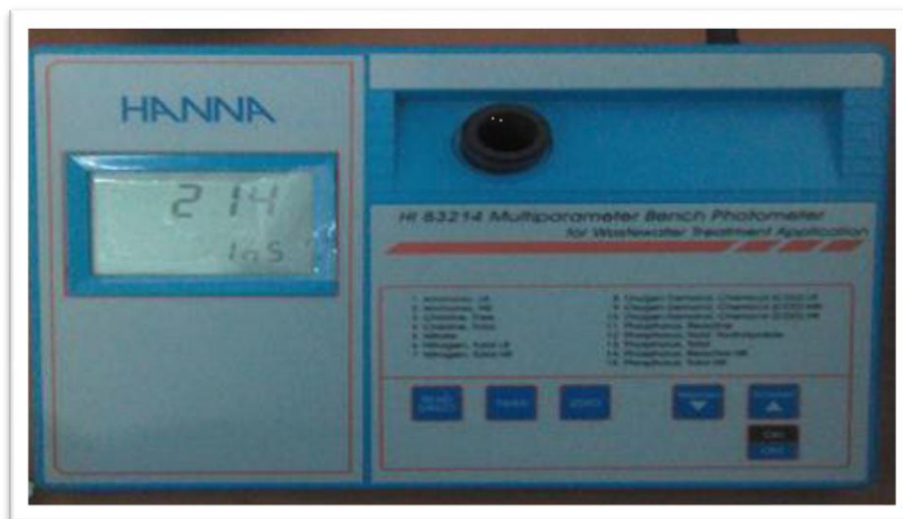
Toutes les solutions précédentes vont être passées dans un spectrophotomètre de flamme.

### II.2.6 Détermination de la concentration des métaux lourds par spectrophotomètre :

Fer, Cuivre, Nickel, Zinc, Plomb, Chrome et Cadmium

Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de la raffinerie de sbaa

Cette technique passe par la préparation de l'eau régale déjà décrite



**Figure 20** : spectrophotomètre

**Principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre**

- Allumer le spectrophotomètre.
- Placer une solution colorée devant le faisceau lumineux en cliquant sur une des deux cuves à analyser.
- Modifier la longueur d'onde de la lumière à la monochromatique et comparer l'intensité lumineuse de la lumière à la sortie des deux cuves.
- Observer les valeurs de l'absorbance  $A$ .

# CHAPITRE III :

## Résultats et interprétations



**III.1 Introduction :**

Ce chapitre sert à connaître les composés chimiques existants (SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, métaux) dans la boue de la STEP afin de déterminer le type de ce déchet, puis sa valorisation la plus économique possible, la boue étudiée est une boue issue de la STEP du raffinerie d'Adrar.

**III.2 résultat des analyses :****III.2.1 L'Humidité :**

$$H\% = (m_1 - m_2) / m_0 * 100$$

Avec

$m_0$  : masse d'échantillon

$m_1$  : masse de creuset + masse de l'échantillon

$m_2$  : la masse de la boue après deux heures de séchage dans l'étuve de 150°C

$$m_0 = 2.0008g$$

$$m_1 = 20.2544 + 2.0008$$

$$m_1 = 22.2552g$$

$$m_2 = 22.1297g$$

$$H\% = 6.27\%$$

**III.2.2 La Perte Au Feu (PAF) :**

La perte au feu permet de mesurer directement la matière organique et l'eau de constitution existante dans notre boue.

La calcination à 500° C. réalisé au niveau du laboratoire de raffinerie d'Adrar

$$PAF\% = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} * 100$$

$$m_0 = 10 g$$

$$m_1 = 8.16 g$$

$$PAF\% = 18.4\%$$

Ce pourcentage représente le taux d'eau de constitution existant dans notre boue. La calcination à 900°C : réalisé au niveau du laboratoire de raffinerie d'Adrar

$$PAF\% = \frac{(m_2 - m_3)}{m_0} * 100$$

Avec :

$$m_0 = 2.0008g$$

$$m_2 = 22.1297g$$

$$m_3 = 20.8562g$$

$$\text{PAF}\% = 63.649\%$$

Ce pourcentage représente l'eau de constitution et la M.O existant dans la boue nous pouvons déduire la quantité du M.O par une soustraction de la PAF à 900° et de la PAF de 500°C donc :

$$\text{M.O} = \text{PAF } 900^\circ - \text{PAF } 500^\circ$$

$$\text{M.O} = 63.649\% - 18.4\%$$

$$\text{M.O } \% = 45.25\%$$

### III.2.3 Analyse chimique par titrage volumétrique :

Son but est de déterminé les composés chimiques qui ont des pourcentages élevés

#### III.2.3.1 Détermination de la silice SiO<sub>2</sub> :

Le taux de silice est déterminé par deux moyens, celle qui n'est pas solubilisé dans l'acide appelé acide insoluble et l'autre sont des traces qui sont passés lors de la filtration de l'eau régéal appelé acide soluble

#### III.2.3.2 Acide insoluble :

$$\text{SiO}_2\% = (m_3 - m_4) / m_0 * 100$$

Avec :

$$m_0 = 2.0008\text{g}$$

$$m_3 = 20.8562\text{g}$$

$$m_4 = 20.5656\text{g}$$

$$\text{SiO}_2\% = 14.52 \%$$

#### III.2.3.3 Détermination de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> :

$$\text{Fe}_2\text{O}_3\% = (m_{fe} - m_c) * 100$$

Avec :

$$m_{fe} = 20.2770$$

$$m_c = 20.2481$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3\% = 2.89\%$$

#### III.2.3.4 Détermination CaO :

Nous avons déterminé la valeur du CaO par titrage volumétrique.

$$\text{CaO} = 12.92\%$$

**III.2.3.5 Détermination MgO :**

Lors de l'ajout des réactifs (NET, EDTA ..... ) nous avons observé que la solution a viré directement au bleu ce qui veut dire que MgO existe en trace

**Tableau 2 : récapitulatif des résultats des analyses par titrage volumétrique**

| paramètre                      | Résultat (%) |
|--------------------------------|--------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 14.52        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.89         |
| CaO                            | 0.77         |
| MgO                            | Des traces   |

Nous remarquons que notre boue possède une quantité nécessaire et suffisante de la chaux pour la fabrication des engrais industrielle mais ne contient pas de magnésie.

**III.2.4 Analyses des éléments nutritifs :****III.2.4.1 Détermination de l'azote keljedh :**

Le résultat obtenu après l'analyse est de

$$N=2.80 \%$$

L'azote est un des éléments nutritif (N, P, K) dans l'agriculture

**III.2.4.2 Détermination de [NO<sub>2</sub>], [PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>], [NH<sub>4</sub><sup>+</sup>] par spectrophotomètre :****III.2.4.2.1 Détermination de l'Ammonium [NH<sub>4</sub><sup>+</sup>] % :**

$$[NH_4^+] = 0.00006 \%$$

**III.2.4.2.2 Détermination du Nitrite en [NO<sub>2</sub>] % :**

$$[PO_4^{3-}] = 0.0022 \%$$

**Tableau 3 : récapitulatif des résultats des analyses des éléments nutritifs**

| Paramètre                        | Résultat (%) |
|----------------------------------|--------------|
| N                                | 2.80         |
| [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]  | 0.00006      |
| [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ] | 0.0022       |
| [NO <sub>2</sub> ]               | 0.0045       |

D'après le tableau nous pouvons en conclure que notre boue est de nature azoté.

Les boues contiennent en moyenne 4 à 6 % d'azote (pourcentage de la matière sèche), ce taux d'azote est variable selon les types de boues. La fourchette extrême des teneurs s'étend de 1 à 9 % selon les caractéristiques des effluents traités.

La proportion d'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) par rapport à l'azote total est essentiellement fonction du traitement des boues (épaississement, déshydratation, séchage, chaulage, compostage...). Toutefois, pour un type de boue donné, la composition initiale en azote et le rapport N total/N ammoniacal peuvent évoluer au cours du stockage. Au niveau de la station d'épuration, ils varient aussi selon les fluctuations de charge et de composition des effluents admis.

Dans les boues, l'azote est présent sous deux formes : l'azote organique, l'azote minéral (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Les boues ne contiennent généralement pas d'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ou d'azote nitreux (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), notre boue contient des traces de ces éléments.

### III.2.5 Détermination de la concentration des métaux lourds par spectrophotomètre :

La détermination de la quantité totale de métal s'effectue après mise en solution de la boue, après séchage dans un mélange d'acides forts par spectromètre puisque ces métaux lourds existent en traces.

#### III.2.5.1 Détermination du Fer en % :

Fe=0.0048 %

#### III.2.5.2 Détermination du Nickel en %

Ni = 0.0016 %

#### III.2.5.3 Détermination du Cuivre en %

Cu =0.0067%

#### III.2.5.4 Détermination du Plomb en %

Pb = 0.0030 %

#### III.2.5.5 Détermination du Zinc en %

Zn = 0.0158 %

#### III.2.5.6 Détermination du Cadmium en %

Cd = 0.00002 %

#### III.2.5.7 Détermination du Chrome en %

Selon la norme AFNOR les résultats doivent être représenté en mg du produit /kg de matière sèche qui sont représentés dans le tableau ci-dessous par la manière suivante :

Les quantités des éléments sont contenu dans 10g de boue puisque nous avons dissous cette masse dans 1L de solution, pour déterminer la quantité des éléments dans 1kg de boue nous passons par le calcule suivant :

$m_0 \rightarrow 10\text{g de boue}$

$m \rightarrow 1\text{kg de boue (1000g)}$

$m = m_0 * 1000 / 10$

avec

$m_0$  : la masse de l'élément contenu dans 1g de boue (la concentration obtenu)

$m$  : le résultat converti en mg/kg de matière sèche

Nous avons comparé les concentrations des métaux lourds de la boue obtenue et nous l'avons comparé par les valeurs limites de la norme AFNOR pour qu'une boue sera utilisé comme engrais toutes les valeurs sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

$$\text{Cr} = 0.0041\%$$

**Tableau 4** : récapitulatif des concentrations en métaux lourds des boues résiduaire de la STEP du Raffinerie d'Adrar avec les valeurs limites.

| métaux-traces | Résultat (%) | Résultat (mg/kg) | valeurs limites (mg/kg MS) |
|---------------|--------------|------------------|----------------------------|
| <b>Fe</b>     | 0.0048       | 48.4851          | -                          |
| <b>Ni</b>     | 0.0016       | 16.2841          | 200                        |
| <b>Cu</b>     | 0.0067       | 65.9065          | 1000                       |
| <b>Pb</b>     | 0.0030       | 30.1156          | 800                        |
| <b>Zn</b>     | 0.0158       | 158.9004         | 3000                       |
| <b>Cd</b>     | 0.00002      | 0.1984           | 20                         |
| <b>Cr</b>     | 0.0041       | 41.4739          | 1000                       |

Il apparait que les valeurs des concentrations en métaux lourds cadmium (cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), nickel (Ni), plomb (Pb), et le zinc (Zn) déterminées dans les boues résiduaire de la STEP du raffinerie d'Adrar, sont inférieures aux valeurs limites donné par la norme AFNOR ce qui confirme notre suggestion d'utilisation de cette boue dans l'agriculture

# Conclusion

## **Conclusion**

---

### **Conclusion :**

L'étude réalisée dans ce travail s'inscrit dans une optique de protection de l'environnement et du développement durable, des matériaux recyclables et de protection de milieux naturels récepteurs en vue de minimiser et d'éliminer les boues d'épuration de la raffinerie de Sbaa en vue de leur valorisation agricole. Pour l'instant, la valorisation agricole reste la voie privilégiée de recyclage des boues. En effet, celles-ci agissent comme un catalyseur de la biologie du sol et non pas seulement comme un engrais au sens strict du terme.

Dans ce travail, nous avons caractérisé les boues résiduelles de la raffinerie de Sbaa. Les résultats des analyses ont montré qu'elle contient les nutriments en tant qu'élément du programme global de fertilisation des cultures. Les nutriments se trouvant dans les boues, et qui sont importants dans l'agriculture sont l'azote la valeur fertilisante, le phosphore et parfois le potassium, le zinc. D'autres macro et micronutriments peuvent également être présents ; la boue est considérée comme engrais azoté. Les concentrations en métaux lourds Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Plomb (Pb), et le Zinc (Zn) sont inférieures aux normes requises.

Sur la base de ces résultats, nous envisagerons d'élargir les travaux de recherche à savoir une analyse bactériologique pour améliorer le rendement de cette station d'épuration au niveau de la raffinerie de Sbaa.

## Bibliographie

- [1] BOUSSELHAJ, K « Etude du potentiel fertilisant (N et P) de deux boues de stations D'épuration par lagunage anaérobie et par boues activées » (1996).
- [2] ADEME « les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture » (2001).
- [3] B. ASMAHANE, « valorisation des poussières de four à ciment dans le procédé de Solidification/stabilisation des déchets », (2011)
- [4] MOULOUD MESTAPHA « Etude sur la fermentation méthanique des boues activées de la station d'épuration de Boumerdes en Algérie »
- [5] B. ASMAHANE, « valorisation des poussières de four à ciment dans le procédé de solidification/stabilisation des déchets », (2011)
- [6] Traitement physicochimique de la pollution soluble. Technique de l'ingénieur. Volume G1270.
- [7] Joseph PRONOST, Rakha PRONOST et all. Office internationale de 'eau. Décembre 2002.
- [8] Inauguration de la nouvelle station d'épuration des eaux usées de cités en idées de champagne. Mai 2015. (Internet).
- [9] Laetitia CITEAU. Etude des colloïdes naturels présents dans les eaux gravitaires des sols contaminés. Unité de science du sol. Versailles et INA-PG. 2004.
- [10] KAEDING, U. et all. Direct comparison between sulphate and polyaluminum chloride as coagulants in a water treatment plant. Water Supply, (1992).
- [11] JEAN LUC LAURENT. L'assainissement des agglomérations techniques d'épuration actuelles et évolutions. Les agences de l'eau et le ministère de l'environnement. France. Avril 1994.
- [13] Raymond DESJARDINS. Le traitement des eaux. 2 eme édition. Montréal. 1997.
- [14] Jean Paul BEAUDRY. Traitement des eaux. Québec. Canada. 1984



[15] F. BERNIE et J. CORDONNIER. Traitement des eaux. TCHNIP. France. Novembre 1991.

[16] Traitement physicochimique de la pollution soluble. Technique de l'ingénieur. Volume G1270.

[17] Alain BOTTA. Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université EuroMéditerranée TEHYS. Avril 2001.

[18] Jardé E., 2002. Composition organique de boues résiduaires de stations d'épuration lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodegradation. Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy I.

[19] (Bousselhaj K, 1996). « étude du potentiel fertilisant (N et P) de deux boues de stations d'épuration par lagunage anaérobie et par boues activées » (1996).

[20] Werther J, Ogada T., 1999. Sewage sludge combustion. Progress in Energy and Combustion Science, 25 55–116.

[21] F. MECHATI. Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister. 2006.

[22] Moletta R, « Moletta Méthanisation ». Le traitement des boues des stations d'épuration. 2003.

[23] Lambkin, D., Nortcliff, S., White, T., 2004. The importance of precision in sampling sludges, biowastes and treated soils in a regulatory framework Trends in Analytical Chemistry, 23, 10- 11.

[24] Berland J.M., 2014. Traitement des boues d'épuration. Article est issu de :  
Construction travaux publics et infrastructures