

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA – BEJAIA

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du diplôme de Master  
en Génie de l'environnement*

### Thème

*Evaluation de la qualité des boues de stations d'épuration  
des eaux usées urbaines, en vue de leur revalorisation.*

#### Présenté par :

- BOUTAOUS Hassen
- BENMAAMAR Makhoulouf

#### Membres de Jury :

M <sup>r</sup> KETRANE Rachid	Maitre de Conférence	Président.
M <sup>me</sup> ALIOUANE Nabila	Maitre de Conférence	Examinatrice.
M <sup>me</sup> SENHADJI Ounissa	Maitre de Conférence	Encadreur.

*Promotion Juin 2015*

## Remerciements

*En premier Lieu, nous remercions le bon Dieu miséricordieux qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire de fin de cycle.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice M<sup>me</sup> Senhadji, pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous encadrant, pour sa gentillesse, son aide et le temps qu'elle nous a consacré.*

*Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à Mr Ketrane qui nous a fait l'honneur de présider le jury.*

*Nos remerciements également à M<sup>me</sup> Aliouane, pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements vont également :*

*A Mr Sennoun, chef de la STEP de Souk-El-Tenine pour son aide, sa disponibilité et les moyens qu'il a mis à notre disposition pour la réalisation de ce travail, ainsi qu'à M<sup>lle</sup> Ferradj, laborantine au sein de la STEP de Souk-El-Tenine, pour sa gentillesse et sa bonne orientation. Toute notre gratitude pour vos efforts, votre gentillesse et vos précieux conseils.*

*A Toute l'équipe de l'ONA de Béjaia, en particulier le personnel de la STEP de Souk-El-Tenine.*

*A tous ceux qui nous ont prodigué des conseils scientifiques, fourni une aide matérielle et technique, ou tous simplement humaine.*

## *Dédicaces*

*A mes très chers parents*

*A ma grand-mère Yaya*

*A mes frères : Yacine et Chabane*

*A ma sœur : Cilia*

*A ma belle Sœur : Dalila*

*A tous ceux qui me sont chers : grande famille et mes amis*

*Makhlouf*

## *Dédicaces*

*A mes très chers parents*

*A mes grands parents*

*A ma femme Radia et ma petite fille Elina*

*A mon frère Sofiane*

*A mes Sœurs : Samira, Safia, Hassina.*

*A tous ceux qui me sont chers : grande famille et mes amis*

*Hassen*

# *SOMMAIRE*

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1

## *Partie théorique*

### *Chapitre I-Généralités sur les eaux résiduaires*

I.1.Introduction.....	3
I.2. Historique.....	3
I.3. Pouvoir dissociant de l'eau .....	3
I.4.Définition d'une eau usée .....	4
I.5.Nature et origine d'une eau usée.....	4
I.5.1- Les eaux usées domestiques .....	4
I.5.2. Les eaux usées industrielles.....	5
I.5.3. Les eaux usées de ruissellement .....	5
I.6.Systèmes d'assainissement .....	5
I.6.1.Réseau unitaire.....	5
I.6.2. Réseau séparatif .....	5
I.7. Rôles de l'assainissement .....	6
I.7.1. Préservation de la ressource.....	6
I.7.2. Préservation du patrimoine .....	6
I.8. Différents types de pollution des eaux.....	7
I.8.1. Pollution physique .....	7
I.8.2.Pollution chimique .....	7
I.8.3. Pollution biologique.....	7
I.9.Caractérisation des eaux usées.....	7
I.9.1. Paramètres physiques.....	7
I.9.2. Les paramètres chimiques.....	9

I.9.3. Paramètres organoleptiques .....	10
I.9.4. Paramètres microbiologiques.....	11
I.10. Norme de rejet.....	12
I.10.1. Normes internationale.....	12
I.10.2. Norme de rejet en Algérie.....	13
I.11. Définition de L'équivalent-habitant (EH) .....	13
I.12. Conséquences de la pollution .....	13
I.12.1. Conséquences sanitaires .....	13
I.12.2. Conséquences écologiques .....	14
I.12.3. Conséquences esthétiques .....	14
I.12.4. Conséquences industrielles .....	14
I.12.5. Conséquences agricoles .....	14
I.13. Conclusion .....	14

## ***Chapitre II : procédés d'épuration des eaux urbaines***

II.1. Introduction .....	16
II.2. Station de relevage.....	16
II.3. Station d'épuration .....	16
II.3.1. Les prétraitements .....	17
II.3.2. Le traitement primaire .....	21
II.3.3. Le traitement secondaire.....	23
II.3.4. Facteurs liés à l'épuration biologique .....	28
II.3.5. Les traitements tertiaires .....	30
II.4. Conclusion .....	33

## ***Chapitre III : Traitement et caractérisation des boues résiduaires urbaines***

III.1. Introduction .....	34
---------------------------	----

III.2. Définition des boues.....	34
III.3. Origine des boues .....	35
III.3.1. Les eaux usées industriels .....	35
III.3.2. Les eaux usées domestiques.....	35
III.4. Types de boues .....	36
III.4.1. Boues primaires .....	36
III.4.2. Boues de traitement physico-chimique .....	36
III.4.3. Boues biologiques .....	37
III.5. Classification des boues .....	37
III.6. Composition des boues résiduaires .....	38
III.6.1. Eléments fertilisants .....	38
III.6.2. Micropolluants minéraux, organiques et biologiques .....	39
III.7. Les caractéristiques des boues .....	42
III.7.1. Les paramètres physiques .....	42
III.7.2. les paramètres chimiques .....	45
III.8. Etapes de traitement des boues résiduaires .....	46
III.8.1. Epaissement .....	48
III.8.2. Stabilisation des boues .....	50
III.8.3. Conditionnement .....	52
III.8.4. Déshydratation des boues.....	54
III.9. Filières d'élimination des boues résiduaires urbaines .....	59
III.10. Conclusion.....	61

## ***Partie Pratique***

### ***Chapitre I : Présentation de la station de Souk-El-Tenine***

I-1. Introduction .....	62
I-2. Données climatiques et hydrogéologiques sur la ville de Béjaia .....	62
I-3. Présentation De La STEP de Souk-El-Tenine.....	62

I-3.1. Situation géographique de La station .....	63
I-3.2. Historique de la Station .....	63
I-4. Les caractéristiques de la STEP .....	64
I-4.1. L’Organigramme de la hiérarchie du personnel .....	64
I-4.2. Données générales .....	64
I-4.3. Situation de l’assainissement.....	65
I-4.4. Le taux de raccordement au réseau .....	65
I-5. Présentation de STEP de Sidi-Ali-Lebhar.....	65
I-6. Processus du fonctionnement de la STEP .....	66
I-6.1. Données de base .....	66
I-7. Mécanismes de traitements de la station .....	67
I-7.1. Prétraitement.....	67
I-7.2. Le bassin biologique.....	68
I-7.3. Décanteurs secondaires .....	69
I-7.4. Epaisseur .....	69
I-7.5. Déshydratation mécanique des boues.....	70
I-7.6. Devenir des boues.....	71
I-8. Réseau d'eau de service .....	71
I-9. Laboratoire d’Analyses de la STEP .....	71
I-9.1. Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP .....	71
I-10. Conclusion .....	72

## ***Chapitre II : Matériels et méthodes***

II.1. Introduction .....	73
II.2. Partie effluents liquide et boue .....	73
II.2.1. Prélèvement des échantillons .....	73
II.2.2. Protocoles expérimentaux .....	74
II.3. Partie boues déshydratées.....	89
II.3.1. Prélèvement des échantillons .....	89
II.3.2. Conditionnement des échantillons.....	90



II.3.3. Prétraitement des échantillons .....	90
II.3.4. Protocoles de caractérisation des paramètres chimique et biologiques.....	92
II.3.5. Protocoles de caractérisation des métaux lourds .....	92
II.4. Conclusion .....	96

## *Chapitre III : Résultats et discussion*

III-1. Introduction.....	97
III-2. Caractérisation des effluents liquide.....	97
III-2-1. La Température .....	97
III-2-2. Le pH.....	98
III-2-3. La conductivité électrique .....	99
III-2-4. Le taux d'oxygène dissous .....	100
III-2-5.MES.....	101
III-2-6. La demande chimique en oxygène (DCO) .....	102
III-2-7. La demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	103
III-2-8. Coefficient de biodégradabilité DCO/DBO .....	104
III-2-9. Les matières azotées .....	104
III-2-10. Pollution phosphorée .....	108
III-2-11. Matière sèche et Matière volatile sèche.....	109
III-3. Résultats et interprétation des résultats des boues sèches et calcinée .....	114
III-3-1. Demande chimique en oxygène (DCO) .....	114
III-3-2. Azote totale Nt.....	115
III-3-3. Nitrates NO <sub>3</sub> .....	116
III-3-4. Phosphates PO <sub>4</sub> .....	117
III-3-5. Dosage des métaux .....	118
III-4. Etude d'une éventuelle valorisation dans l'épandage .....	139
III-4-1. Les dispositions de la réglementation applicables aux boues .....	140
III-4-2. L'étude préalable à l'épandage.....	140
III-4-3. Application dans les données de la STEP de SET et SAL.....	141
III-5.Conclusion .....	144

Conclusion générale ..... 145

Bibliographie

Annexes



## *Liste des Abréviations*

- **DBO<sub>5</sub>** : Demande biochimique en oxygène
- **DCO** : La demande chimique en oxygène
- **ETM** : Les Eléments Traces Métalliques
- **HAP** : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
- **IM** : Indice de Mohlman
- **MES** : Matières en suspension
- **MS** : Matière sèche.
- **MVS** : Les matières volatiles sèches
- **NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : les nitrites
- **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : les nitrates
- **PT** : Le phosphore total
- **STEP** : station d'épuration d'eau usée
- **ERU** : Eaux résiduaires urbaines
- **E (t)** : Fonction représentant la distribution des temps de séjour
- **IM (Indice de Mohlman)** : Indice de décantation ou indice volumétrique de boue (MI/g)
- **MES** : Matières en suspension (mg/L)
- **MS** : matières sèches (mg/L)
- **MVS** : Matières volatiles en suspension (mg/L)
- **N-NH<sub>4</sub>** : Azote sous forme ammoniacale (mgN/L)
- **N-NO<sub>3</sub>** : Azote sous forme de nitrates (mgN/L)
- **NTK Azote Kjeldhal** : (azote organique + azote ammoniacal) (mgN/L)
- **NT** : Azote total (mgN/L)
- **Q** : débit
- **SET** : Souk El Tnine
- **SAL** : Sid Ali Labhar
- **V30** : Volume occupé après 30 minutes de décantation

## *Listes des Figures*

### *Partie théorique :*

**Figure II-1. Schéma des différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires**

**Figure II-2. Schéma d'un traitement préliminaire d'une station d'épuration**

**Figure II-3. Schéma d'un dessableur / déshuileur-dégraisseur.**

**Figure II-4. Schéma d'un procédé de coagulation- floculation**

**Figure II-5. Schéma d'un procédée Disques biologiques**

**Figure II-6. Schéma d'un Procédée Lit bactérien**

**Figure II-7. Schéma d'un procédée boues activées**

**Figure III-1. Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boues activées**

**Figure III-2. Schéma montrant la filière boues en plus les différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires**

**Figure III-3. Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire.**

**Figure III-4. Schéma de la composition principale du lit de sable.**

**Figure III-5. Schéma de fonctionnement de la décanteuse centrifugeuse.**

**Figure III-6. Schéma d'un procédée de déshydratation par Filtre presse.**

**Figure III-7. Les différentes étapes de production d'un compost**

### *Partie Pratique :*

**Figure I-1. Maquette de la STEP de Souk-El-Tenine.**

**Figure I-3. Situation géographique de La station**

**Figure I-4. Historique de la Station**

**Figure I-2. Schéma l'organigramme de la hiérarchie du personnel STEP de Souk-El-Tenine.**

**Figure I-3. Grille manuelle STEP SET.**

**Figure I-4. grille mécanique STEP SET.**

**Figure I-5. Pont dessablage déshuilage STEP SET.**

**Figure I-6. Oxymètre STEP SET**

**Figure I-7. Bassin biologique STEP SET**

**Figure I-8. Décanteur secondaire STEP SET.**

**Figure I-9. Epaisseur STEP SET.**

**Figure I-10. Déshydratation STEP SET.**

**Figure II-1. Equipements portatifs de mesure de paramètres physico-chimiques.**

**Figure II-2. Réacteur DCO.**

**Figure II-3. Photomètre de type NANOCOLOR® et PF-10**

**Figure II-4. Dispositif de mesure de la DBO<sub>5</sub>.**

**Figure II-5. Equipement de filtration sous vide.**

**Figure II-6. Dessiccateur.**

**Figure II-7. Etuve.**

**Figure II-8. Balance de précision.**

**Figure II-9. Four à moufle**

**Figure II-10. Conne pour la mesure du V30**

**Figure II-11. Boue dans un mortier.**

**Figure II-12. Chauffage associé à un dispositif à reflux pour la récupération des vapeurs.**

**Figure II-13. Filtration pompe sous vide**

**Figure II-14. Reste de la filtration.**

**Figure II-15. Spectrophotomètre d'absorption atomique SHIMADZU AA-6501F.**

**Figure II-16. SHIMADZU IRAffinity-1 à transformé de Fourier.**

**Figure II-17. diffractomètre.**

**Figure III-1. Evolution de la température journalière de la STEP de SET et SAL**

.

**Figure III-2. Evolution du pH journalier de la STEP de SET et SAL**

**Figure III-3. Evolution de la conductivité électrique journalière de la STEP de SEL et SAL**

**Figure III-4. Evolution du taux d'oxygène journalière de la STEP de SET et SAL**

**Figure III-5. Variations des matières en suspension de la STEP de SET et SAL**

**Figure III-6. Variations de la DCO de la STEP de SET et SAL.**

**Figure III-7. Variations de la DBO<sub>5</sub> de la STEP de SET et SAL.**

**Figure III-8. Variations du coefficient de biodégradabilité de la STEP de SET et SAL.**

**Figure III-9. Variations de l'Azote total de la STEP de SAL et SET**

**Figure III-10. Variations des Phosphates dans la STEP de SAL.**

**Figure III-11. Variations de la matière sèche et les MVS des boues de recirculation dans la STEP de SET et SAL.**

**Figure III-12. Variations de la matière sèche et les MVS des boues de bassin biologique dans la STEP de SET et SAL.**

**Figure III-13. Variations de la matière sèche et les MVS des boues de l'épaisseur dans la STEP de SAL.**

**Figure III-14. Variations de la MVS et la siccité des boues de déshydratation dans la STEP de SET et SAL.**

**Figure III-15. Variations de MVS et la siccité des boues nouvellement déshydratées dans la STEP de SET au bout de 10 jours.**

**Figure III-16. Variations de la MVS et la siccité des boues déshydratées après 24H dans la STEP de SET au bout de 10 jours.**

**Figure III-17. Variations de la MVS et la siccité des boues anciennement déshydratées dans la STEP de SET et SAL.**

**Figure III-18. Variation spatio-temporelle de la DCO des boues sèches.**

**Figure III-19. Variation spatio-temporelle de l'Azote total des boues sèches.**

**Figure III-20. Variation spatio-temporelle des Nitrates des boues sèches.**

**Figure III-21. Variation spatio-temporelle des phosphates des boues sèches.**

**Figure III-22. Concentration du Plomb dans les boues calcinées**

**Figure III-23. Concentration du Plomb dans les boues Brutes**

**Figure III-24. Concentration du Nickel dans les boues calcinées.**

**Figure III-25. Concentration du Nickel dans les boues Brutes**

**Figure III-26. Concentration du Zinc dans les boues calcinées**

**Figure III-27. Concentration du Zinc dans les boues Brutes**

**Figure III-28. Concentration du Cuivre dans les boues calcinées**

**Figure III-29. Concentration du Cuivre dans les boues Brutes**

**Figure III-30. Concentration du cadmium dans les boues calcinées**

**Figure III-31. Concentration du cadmium dans les boues Brutes**

**Figure III-32. Concentration du Cobalt dans les boues calcinées**

**Figure III-33. Concentration du Cobalt dans les boues Brutes**

**Figure III-34. Concentration du calcium dans les boues calcinées**

**Figure III-35. Concentration du calcium dans les boues Brutes**

**Figure III-36. Concentration du manganèse dans les boues calcinées**

**Figure III-37. Concentration du manganèse dans les boues Brutes**

**Figure III-38. Concentration du fer dans les boues calcinées**

**Figure III-39. Concentration du fer dans les boues Brutes**

**Figure III-40. Spectres DRX des boues Calciné nouvelle et ancienne Sid Ali Labhar.**

**Figure III-41. Spectres DRX Calciné nouvelle et ancienne Souk el Tenine**

**Figure III-42. Identification d'un spectre DRX d'une boue Calciné Journalièr**

**Figure III-43. Identification d'un spectre DRX d'une boue Calciné ancienne**

**Figure III-44. Spectres DRX des boues Brutes nouvelles et anciennes Souk el Tenine.**

**Figure III-45. Spectres DRX des boues Brutes nouvelles et anciennes de Sid Ali Labhar.**

**Figure III-46. Identification d'un spectre DRX d'une boue Brute ancienne.**

**Figure III-47. Identification d'un spectre DRX d'une boue brute Nouvelle.**

**Figure III-48. Spectres IR des echantillons analysés**

**Figure III-49. Spectres IR des echantillons analysés**

**Figure III-50. Identification d'un Spectres IR d'une boue analysée.**





## *Liste des tableaux*

### *Partie théorique :*

Tableau I-1. Normes de rejets internationales.

Tableau I-2. Normes de rejets en Algérie

Tableau III-1. Teneurs limites en éléments-traces dans les boues

Tableau III-2. Teneurs limites en composés-traces organiques dans les boues

### *Partie Pratique :*

Tableau II-1. Caractéristiques de mesure de la DCO 160.

Tableau II-2. Caractéristiques de mesure de la DCO 1500.

Tableau II-3. Intervalles de mesure de la DBO<sub>5</sub>.

Tableau II-4. Caractéristiques de mesure de Phosphates total 5.

Tableau II-5. Caractéristiques de mesure de Phosphate total 15.

Tableau II-6. Caractéristiques de mesure de Phosphate total 50.

Tableau II-7. Caractéristiques de mesure d'Azote total 50.

Tableau II-8. Caractéristiques de mesure de l'ammonium 50.

Tableau II-9. Caractéristiques de mesure de l'ammonium 200.

Tableau II-10. Caractéristiques de mesure des nitrites.

Tableau II-11. Caractéristiques de mesure des nitrates.

Tableau III-1. Représente la variation de l'Azote total à la STEP de SET et SAL.

Tableau III-2. Représente la variation de l'Ammonium dans la STEP de SET et SAL.

Tableau III-3. Représente la variation des Nitrites dans la STEP de SET et SAL.

Tableau III-4. Représente la variation du Phosphore total dans la STEP de SET.

Tableau III-5. Valeurs limites de concentration dans les boues (mg/kg de matière sèche) autorisées Pour leur valorisation en agriculture

Tableau III-6. Concentration des paramètres de pollutions dans les boues.

Tableau III-7. Concentration des métaux analysés dans les boues.

Tableau III-8. Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

# **Introduction**

## **générale**

## **Introduction générale**

Il y a quelques dizaines d'années, les eaux usées d'une municipalité étaient pour l'essentiel composées de matières facilement biodégradables. Les eaux pouvaient ainsi être rejetées sans traitement, directement dans l'environnement, sans risque de perturbation pour l'écosystème. Ces dernières décennies, les activités humaines ont entraîné une augmentation notable des besoins en eau (industrie, agriculture, eaux domestiques...). Nous utilisons des quantités de produits chimiques toujours plus importantes, notamment les produits ménagers, cosmétiques, médicaments, carburants... C'est pourquoi il a fallu mettre en place un système de traitement des eaux usées, de plus en plus chargées en matières difficiles à éliminer. Ceci est indispensable pour la sécurité de l'écosystème et c'est même devenu le premier enjeu de la santé publique dans le monde. Le traitement des eaux implique une série de procédés chimiques et/ou biologiques, dont il s'est avéré intéressant d'effectuer la modélisation pour optimiser leurs performances, et réduire les coûts de fonctionnement [1].

La construction de stations d'épuration et de traitement, pour lutter contre la pollution, éviter les maladies d'origine hydrique et protéger le milieu récepteur, est devenue une nécessité. L'Algérie a engagé un programme de réalisation des stations, depuis le début des années 80 [2].

En vue d'étudier l'efficacité d'une station d'épuration à boues activées sur l'abattement de la charge polluante, nous avons choisi de travailler, dans ce projet de fin d'étude, sur deux stations d'épuration de la wilaya de Bejaia (Souk-El-Tenine et Sidi Ali Labher) comme exemple de STEP à boues activées opérationnelles, en Algérie.

Le travail que nous avons entrepris ici, se veut comme une contribution à l'analyse des boues résiduaires des stations d'épuration des eaux usées urbaines, en vue de leur revalorisation.

Le travail a donc pour objectif l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des boues de la station, ainsi que leur évolution dans le temps (en fonction de la durée de l'entreposage).

Ce mémoire est structuré en deux parties, la première présente des données bibliographiques et est scindée en trois chapitres : le premier englobe des généralités sur les eaux résiduaires, le second concerne les procédés d'épuration des eaux résiduaires urbaines et

le troisième chapitre consiste à étudier les traitements et caractérisations des boues résiduaires urbaines.

La deuxième partie du travail englobe dans le premier chapitre l'identification de la zone d'étude et la description de la station de traitement choisie. Le matériel et méthodes d'analyses adoptées et la mise en place du protocole expérimental, sont résumés dans le deuxième chapitre et le dernier est réservé à la présentation des résultats, leurs interprétations et discussion.

Une conclusion générale est donnée à la fin de ce manuscrit, et fait ressortir l'essentiel des aboutissements de cette étude.

*Partie*  
*théorique*

# *Chapitre I*

## ***Chapitre I-Généralités sur les eaux résiduaires***

### **I.1.Introduction**

«L'eau est source de vie ». La gestion de cette ressource dans le passé se limitait essentiellement à l'approvisionnement des populations en eau de consommation. De nos jours, devant l'ampleur de l'incidence des eaux polluées sur l'environnement, la santé publique et le développement économique, il s'avère nécessaire d'accorder une plus grande importance à l'évacuation et au traitement de ces eaux. Dans les pays en voie de développement la maîtrise des eaux usées pose souvent problème du fait que la croissance de la population n'est pas souvent en phase avec la politique d'entretien et de développement des ouvrages d'assainissement.[1]

### **I.2.Historique**

L'activité humaine, même la plus élémentaire come le fait de s'alimenter génère des déchets solides ou liquides, si on les laissait s'accumuler, ces déchets finiraient par rendre notre cadre de vie inhabitable .c'est pour cela que, depuis l'antiquité. Les hommes ont mis en place, dans les villes, des systèmes d'assainissement. D'abord de simples égouts pour conduire les eaux usées et les eaux de pluies, vers la rivière.[2]

Avec le développement de l'urbanisation et de l'industrialisation, ainsi que l'évolution des modes de consommation, les rejets d'eaux usées ont considérablement évolué en quantité et en qualité. Lorsque les eaux usées ne sont pas traitées, les cours d'eau sont dépassés dans leur capacité naturelle d'épuration et se retrouvent pollués.[2]

### **I.3.Pouvoir dissociant de l'eau**

L'eau est un très bon solvant, elle dissout un grand nombre de corps ioniques, comme les sels en donnant des ions, ainsi que certaines substances chimiques toxiques ou non formées de molécules polaires. Cette dissolution résulte du caractère polaire des molécules d'eau qui, grâce aux charges positives et négatives qu'elles portent, sont attirées par les charges de signes contraires des ions ou molécules polaires qui leur sont proches. Elles forment un écran autour de ces ions ou molécules polaires, les séparant de leurs congénères et favorisant ainsi leur dispersion dans le liquide. Cette propriété fait de l'eau, le véhicule privilégié de substances vitales ou toxiques pour le corps humain et les végétaux. [3]



**I.4. Définition d'une eau usée**

«La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit».

Les eaux usées appelée encore eaux résiduaires ou effluents sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance. [4]

**I.5. Nature et origine d'une eau usée**

Les eaux usées ont trois origines possibles :

- les eaux usées domestiques ;
- les eaux usées industrielles ;
- les eaux usées de ruissellement.

**I.5.1. Les eaux usées domestiques**

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers.

Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent :

- Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides protides), et des produits détergents ;
- Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes. [5]

**I.5.2. Les eaux usées industrielles**

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- soit ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

Dans le cas d'un rejet dans le réseau domestique, avec ou sans prétraitement, les effluents industriels peuvent fortement modifier la composition des eaux usées. Cette modification est très étroitement liée à l'activité industrielle concernée et peut prendre des formes innombrables. [5]

**I.5.3. Les eaux usées de ruissellement**

Les eaux pluviales peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, elle entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). [6]

**I.6. Systèmes d'assainissement**

En habitat dense, les eaux usées sont collectées par un système de canalisations enterrées constituant un réseau. Le type de collecte et le nombre d'équivalent-habitant à traiter conditionnent le dimensionnement des réseaux de collecte et des stations d'épuration.

**I.6.1. Réseau unitaire**

Le réseau est dit unitaire lorsque les eaux usées et les eaux pluviales sont collectées par le même réseau. Le dimensionnement de la station et des différents éléments du réseau doit donc être suffisant pour assurer la collecte et le traitement des eaux lors des pics de pluviométrie. [7]

**I.6.2. Réseau séparatif**

Un réseau séparatif collecte séparément les eaux usées et les eaux pluviales.

L'intérêt du réseau de collecte séparatif est d'éviter le rejet d'effluents bruts lors de surcharge hydraulique et d'optimiser les réglages de la station. En effet, l'arrivée d'eaux pluviales fait varier la concentration de l'effluent et impose d'ajuster alors le traitement.

Il peut être constaté sur des réseaux séparatifs des entrées d'eaux parasites, induisant des problèmes de surcharge hydraulique. Ces eaux parasites ont deux origines potentielles :

- connections entre le réseau d'eaux pluviales et le réseau de collecte des eaux usées (arrivées de gouttières, mauvais raccords),
- Problèmes d'étanchéité des matériaux utilisés en canalisation, raccords perméables ou endommagés, induisant la pénétration d'eaux souterraines dans le réseau. [7]

### **I.7.Rôles de l'assainissement**

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Les ressources en eau ne sont pas inépuisables. Leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénurie. Donc il faut bien être conscient de cet enjeu, puisque 95 % des français jugent le nettoyage des eaux usées indispensable pour protéger la nature. L'Algérie ne dispose pas de ressources en eau suffisantes pour satisfaire les besoins en quantité à cause des sécheresses récurrentes. Aussi, la détérioration de leur qualité réside le risque. Trop polluées, nos réserves d'eau pourraient ne plus être utilisables pour produire de l'eau potable, sinon à des coûts très élevés, du fait des 10 sophistications et de la complexité des techniques à mettre en œuvre pour en restaurer la qualité. C'est pourquoi il faut "nettoyer" les eaux usées pour limiter le plus possible la pollution de nos réserves en eau : rivières, lacs et nappes souterraines. Le grand défi contemporain est celui de l'assainissement. [8]

#### **I.7.1. Préservation de la ressource**

Aujourd'hui, beaucoup de gens prennent conscience que l'eau ne constitue pas une ressource inépuisable. En Algérie, la qualité de la ressource doit faire l'objet d'une surveillance Constante. Les ressources en eau sont classées en catégories de qualité, et celles qui ne répondent pas à certaines normes sont exclues de la production d'eau potable. La pollution peut perturber la production d'eau potable et en augmenter considérablement le prix de revient. [8]

#### **I.7.2. Préservation du patrimoine**

L'assainissement a pour fonction de préserver la qualité de la vie sur les lieux mêmes où nous vivons. Grâce au traitement des eaux usées, les rivières les lacs et les nappes ne se transforment plus en égouts. Avec des traitements encore plus complets, les eaux de baignade sont protégées de la présence de virus ou de bactéries qui peuvent propager des maladies.

Ensuite, parce qu'il contribue d'une façon décisive à maintenir la qualité de l'environnement et des activités liées à l'eau. Un assainissement des eaux usées efficace contribue à la qualité de notre vie dans tous ses aspects. [8]

## **I.8. Différents types de pollution des eaux**

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories :

### **I.8.1. Pollution physique**

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires). [9]

### **I.8.2. Pollution chimique**

Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables. [9]

### **I.8.3. Pollution biologique**

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques, etc.) [9]

## **I.9. Caractérisation des eaux usées**

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (*industrielle, domestique, etc.*). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives.

### **I.9.1. Paramètres physiques**

#### **a- La température**

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais qui devrait être plus souvent mesuré surtout dans les rejets industriels. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration est très sensible, ainsi tout être inférieur à 30°C

Il est primordial de connaître la température d'une eau. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et la détermination du pH. Donc cette grandeur physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique.[10]

**b- Matières en suspension (MES)**

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau. Les MES sont responsable d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton.[10]

**c-Turbidité**

C'est la propriété d'une eau d'être d'aspect trouble, sa mesure donne une indication sur la teneur en matières solides en suspension. [11]

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau. [3]

**d-Les matières volatiles en suspension(MVS)**

Elles représentent la fraction organique dès MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures.la différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.[13]

**e-Les matières minérales (MMS)**

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son »extrait sec « constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous en freinant les phénomènes photosynthèse qui contribuent à la ré aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène. [13]

**1.9.2. Les paramètres chimiques****a- Le pH**

Le pH est la mesure du caractère acide ( $1 < \text{pH} < 7$ ) ou basique ( $7 < \text{pH} < 14$ ) des eaux usées sa mesure est très importante pour juger du bon fonctionnement d'une étape de traitement. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'autoépuration du milieu naturel. [10]

**b- La conductivité**

La conductivité est propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique.[13]

Elle donne une indication précise sur la concentration totale en sels dissous et elle permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500uS/cm, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire

Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable, il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants, en particulier, ont lieu dans le réseau d'assainissement [11]

**c- Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Les phénomènes d'autoépuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes. La demande biologique en oxygène est, par définition, la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Par convention, la DBO<sub>5</sub> est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation. [14]

**d- La demande chimique en oxygène (DCO)**

DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique. Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer des corrélations entre la DBO<sub>5</sub> et la DCO ainsi le rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> des eaux usées urbaines est proche de 2, le rapport DCO/ DBO<sub>5</sub> des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5. [10]

**e- La biodégradabilité**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que  $K=DCO/DBO_5$

- Si  $K < 1.5$  cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables
- Si  $1.5 < K < 2.5$  cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- Si  $2.5 < K < 3$  cela signifie que les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si  $K > 3$  cela signifie que les matières oxydables sont non biodégradables.[13]

**f- Les matières azotées**

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total (NTK), les nitrates ( $NO_3^-$ ) et les nitrites ( $NO_2^-$ ). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel.[15]

**g- Matières phosphatées :**

C'est la quantité de phosphore total contenu dans l'eau sous diverses formes : poly phosphates, organo-phosphates et ortho-phosphates. Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique, d'où l'obligation de sa détermination. [16]

**h-Carbone total organique (COT)**

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissous.

Sa mesure est réalisée par un analyseur de  $CO_2$  à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon [17]

**I.9.3.Paramètres organoleptiques****➤ La couleur et l'odeur**

Dans les eaux usées brutes, la couleur est due à la présence des matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques. [18]

#### I.9.4. Paramètres microbiologiques

Les eaux résiduaires urbaines contiennent de nombreux germes (*champignons, amibes, protozoaires, bactéries, virus*) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel.

##### a-Bactéries

Constituent le groupement le plus important responsable principal de l'élimination de la Pollution d'une part, et de la formation des flocons d'autre part.

De très nombreuses espèces de bactéries peuvent participer à formation des boues activées. La nature des composés organiques qui constituent la pollution influent sur la nature du genre dominant ainsi que la condition du milieu : pH, T°C, O<sub>2</sub> dissous....etc.[11]

##### b- Protozoaires

Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoebahistoltyica*, agent responsable de la dysenterie amibienne. [19]

##### c-. Helminthes

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée.[20]

##### d- Virus

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, également on peut citer l'hépatite A. [20]

##### e- Les coliformes totaux et fécaux :

C'est un groupe de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale. Ils appartiennent à la classe des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles à gram négatif, asporogènes, oxydase négative, aérobies ou anaérobie facultatifs, capables de se multiplier et de fermenter le lactose et produisent de gaz, d'acide et d'aldéhyde .On les considère comme bons indicateurs de contamination fécale, ils se cultivent à 44°C. Les coliformes totaux se développent à 37°C. Ces derniers peuvent avoir une origine non strictement fécale : Le sol, les insectes et les plantes peuvent les héberger. Les coliformes totaux sont inclus dans les germes témoins de contamination fécale de deuxième ordre.[9]



**f- Les streptocoques fécaux**

Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, sont des cocci généralement disposées en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif, à sporulantes, immobiles, aérobies facultatifs et possédant un métabolisme fermentatif. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes.[21]

**I.10. Norme de rejet**

**I.10.1. Normes internationale**

A norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées. [9]

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
pH	6,5-8,5
DBO5	<30mg/1
DCO	<90 mg/1
MES	<20 mg/1
NH+4	<0,5 mg/1
NO2	1 mg/1
NO3	<1 mg/1
P2O5	<2 mg/1
Température	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

**Tableau 1. Normes de rejets internationales.**

**I.10.2. Norme de rejet en Algérie**

Caractéristiques	Normes Utilisées
pH	6,5-8,5
DBO5	<35mg/1
DCO	<120 mg/1
MES	<35 mg/1
P2O5	<2 mg/1
Température	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

**Tableau 2 : normes de rejets en Algérie [9]**

**I.11. Définition de L'équivalent-habitant (EH)**

L'équivalent-habitant (EH) est une unité conventionnelle de mesure de la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour. La charge polluante rejetée par les ménages, les industries, les artisans est exprimée en EH, autrement dit une industrie de 100 EH pollue autant que 100 personnes. [22]

**I.12. Conséquences de la pollution**

**I.12.1. Conséquences sanitaires**

Les conséquences sanitaires sont donc celles à prendre en compte en priorité. Elles peuvent être liées à l'ingestion d'eau, de poissons, mais aussi au simple contact avec le milieu aquatique (*cas de nombreux parasites*)

A noter qu'il ne s'agit pas toujours de problèmes de toxicité immédiats, les conséquences sanitaires pouvant intervenir au travers de phénomènes complexes.

La conséquence sanitaire d'une pollution est variable dans le temps en fonction de l'usage de l'eau : par exemple, la pollution d'une nappe non exploitée n'a aucune conséquence sanitaire immédiate, mais peut en avoir longtemps après si on utilise cette eau pour l'alimentation en eau potable. [9]

**I.12.2. Conséquences écologiques**

C'est-à-dire qui ont trait à la dégradation du milieu biologique. Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état de milieu pollué par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution.

Ceci n'a rien d'évident, la pollution se traduisant parfois uniquement par l'accentuation d'un phénomène naturel.

D'une manière générale, les conséquences écologiques sont à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu à courts et longs termes. Dans certains cas, la conservation du milieu à l'état naturel peut être aussi choisie comme un objectif en soi. [9]

**I.12.3. Conséquences esthétiques**

On peut inclure, dans cette catégorie, les problèmes de gout de l'eau. Les conséquences esthétiques sont, par définition, les plus perceptibles, et c'est donc celles dont les riverains et le grand public auront, en premier, conscience. On peut également distinguer deux autres conséquences liées à l'utilisation de l'eau comme produit. [9]

**I.12.4. Conséquences industrielles**

L'industrie est un gros consommateur d'eau : il faut par exemple 1 m<sup>3</sup> d'eau pour produire 1 kg d'aluminium.

La qualité requise pour les utilisations industrielles est souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion, entartrage), que biologique (problèmes de biofouling, c'est-à-dire d'encrassement des canalisations par des organismes).

Le développement industriel peut donc être stoppé par la pollution. [9]

**I.12.5. Conséquences agricoles**

L'eau est, dans certaines régions, largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée).

La texture du sol, sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau. De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols. [9]

**I.13. Conclusion**

Les conséquences de la pollution des eaux usées sont multiples, que ce soit directement ou indirectement sur l'homme ou indirectement sur le milieu où il vit. L'assainissement des eaux usées, répond donc à ces deux préoccupations essentielles en vue de préserver les ressources en eaux et le cadre de vie. Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, à la sortie des eaux usées vers le milieu naturel. Elle

comporte une succession de dispositifs empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu à éliminer une partie des polluants contenus dans les eaux usées. [23]

# *Chapitre II*

## ***Chapitre II : procédés d'épuration des eaux urbaines***

### **II.1.Introduction**

L'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des déchets. Ces eaux usées sont recueillies par les égouts et dirigées vers les stations d'épuration.

L'épuration des eaux urbaines a pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, afin de rendre au milieu aquatique qui est le milieu récepteur une eau de qualité, respectueuse des équilibres naturels et de ses usages futurs. Dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes ; dont on va les présenter ci-dessous : les prétraitements suivis des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements d'affinage.[24]

### **II.2.Station de relevage**

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leurs poids. Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux dans la station d'épuration lorsque ces derniers arrivent à un niveau plus bas que ces installations de dépollution cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes submersibles ou à vis d'Archimède.[2]

### **II.3.Station d'épuration**

De par sa vocation, sa raison d'être, une station d'épuration existe pour protéger le milieu environnant notamment la ressource hydrique. On a souvent tendance à confondre entre le rôle principal et les rôles secondaires d'une station d'épuration. Nous insistons pour dire que la protection de la ressource hydrique est le rôle principal de la station à savoir eau souterraine, eau de surface, eau de baignade (zone côtière). Les rôles secondaires restent bien entendu la réutilisation des eaux épurées en agriculture et à usage industriel ainsi que la valorisation des boues produites en agriculture. Les eaux épurées peuvent aussi être utilisées pour l'entretien des places publics et l'arrosage des espaces verts. [25]

La station d'épuration des eaux d'une agglomération urbaine importante comporte une chaîne de traitement dont la complexité dépend des degrés d'épuration jugée nécessaire, cette chaîne comprend. [26]

- Traitement préliminaire (prétraitement)
- Traitement primaire

- Traitement secondaire
- Traitement tertiaire

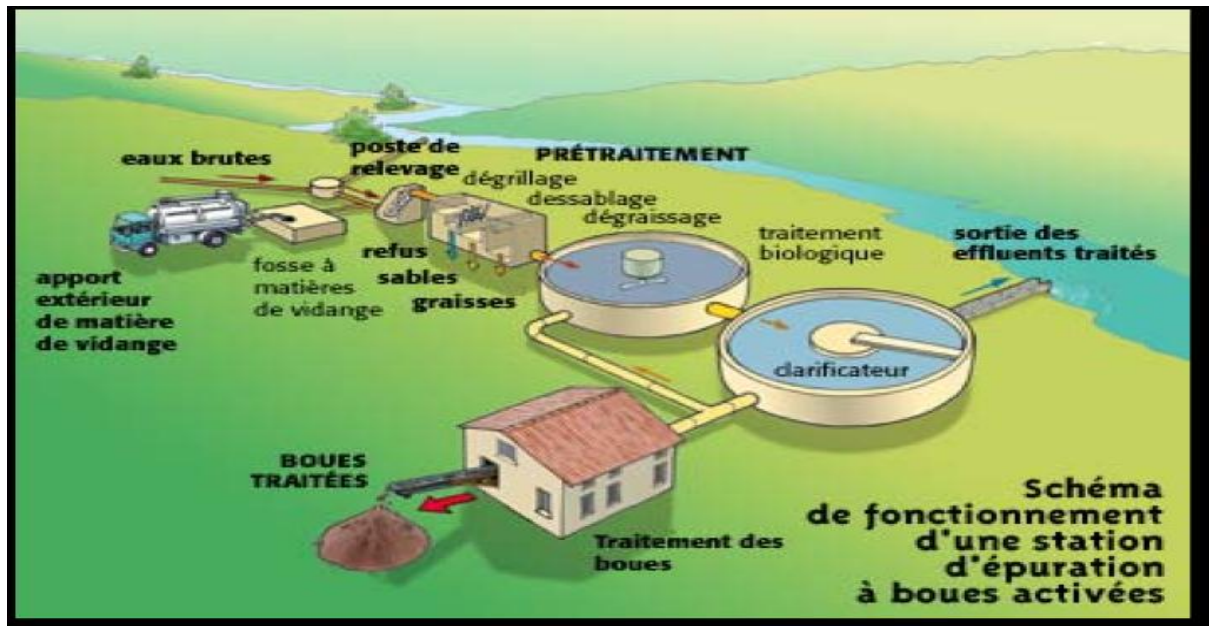


Figure 01- Schéma des différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires [17]

### II.3.1. Les prétraitements

Avant l'arrivée dans la station d'épuration, les collecteurs des eaux usées charrient des matières très hétérogènes, et souvent grossières. Les eaux qui arrivent à la station d'épuration vont subir en premier lieu des traitements de dégrossissage nommés prétraitements.[27]

Ceux-ci permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion.[28]

Ces prétraitements constituent une première étape très importante pour assurer un traitement efficace des eaux usées. Trois types principaux peuvent être distingués :

Le dégrillage, le dessablage, et le désuilage.

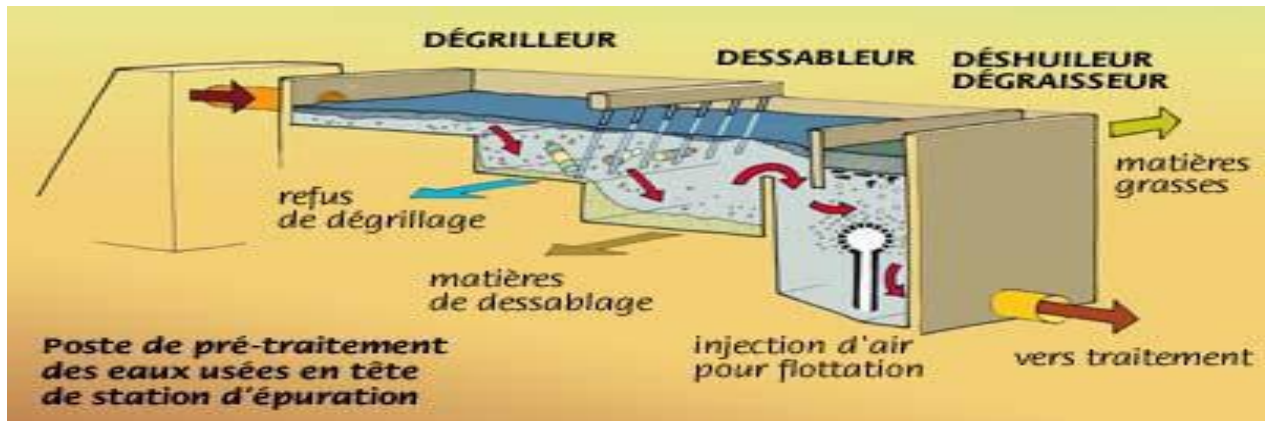


Figure 02- Schéma d'un traitement préliminaire d'une station d'épuration(17)

### a. Le dégrillage

Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatique, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles de plus faible espacement, peut parfois compléter cette phase du prétraitement. [2]

Ce prétraitement se décline en trois sous-catégories :

Le pré dégrillage (de 30 à 100 mm), le dégrillage moyen (de 10 à 30 mm) et enfin le dégrillage fin (les barreaux sont espacés de moins de 10 mm). Les grilles peuvent être verticales, mais elles sont le plus souvent inclinées de 60° à 80° sur l'horizontale.[29]

Il existe plusieurs types de grilles :

- Les grilles manuelles nécessitant un nettoyage manuel à l'aide d'un râteau
- Les grilles automatiques
- La dilacération qui a pour but de déchiqeter les matières solides décantables fines qui peuvent continuer à suivre le circuit de traitement. On évite ainsi l'évacuation des déchets de dégrillage.[29]
- Le tamisage permettant quant à lui la récupération de particules plus fines en suspension. Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles > 0.3mm) et un tamisage (mailles < 100µm). [25]



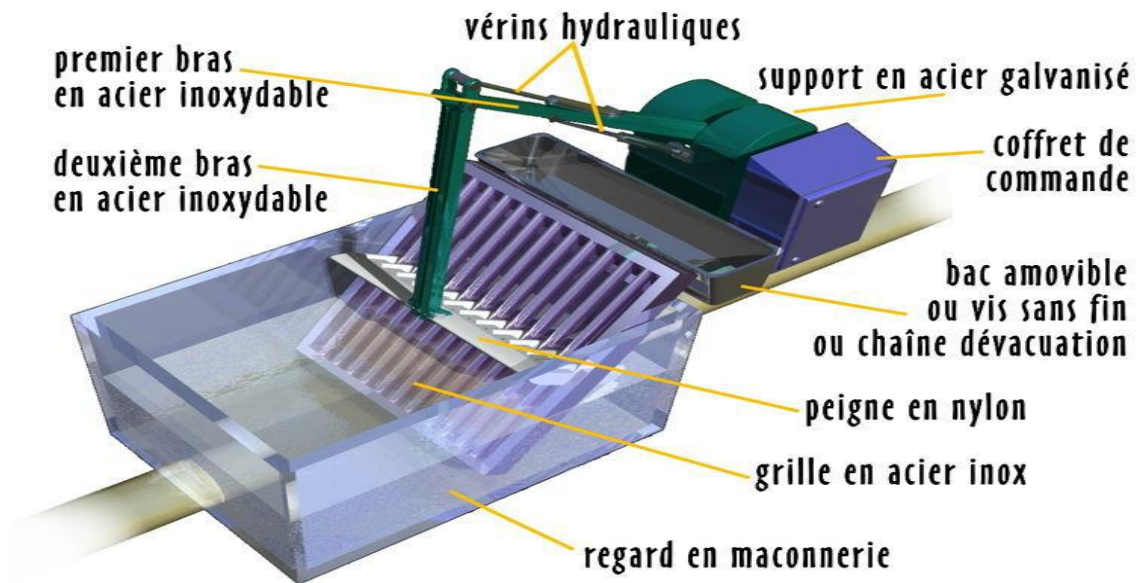


Figure 03- Schéma d'un dégrilleur. [17]

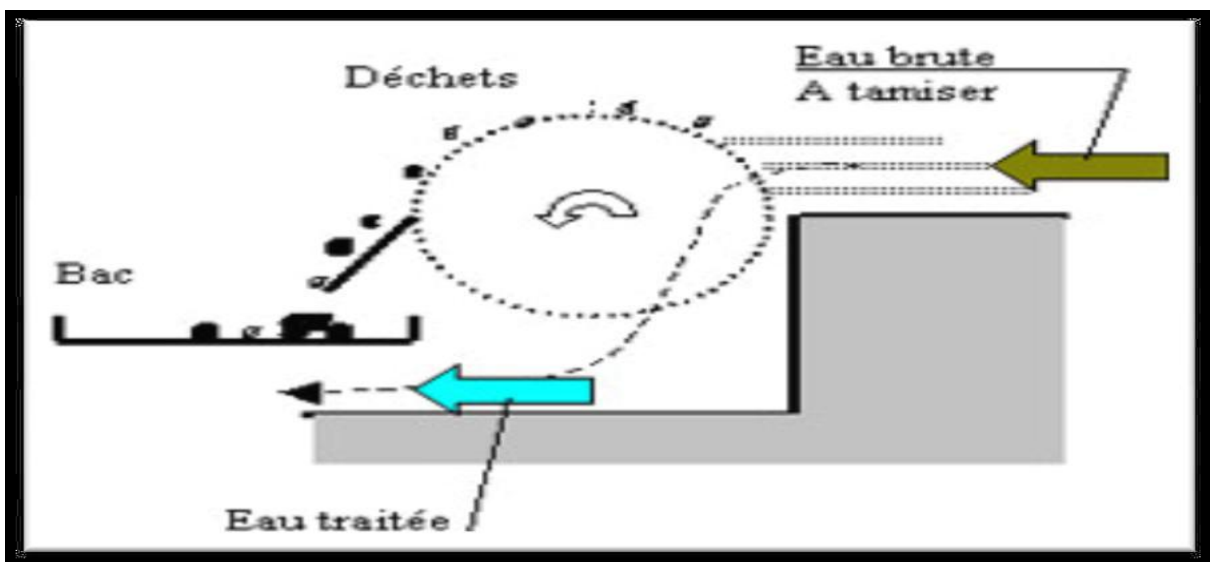


Figure 04- Schéma d'un Tamisage. [17]

### b. Le dessablage

Réalisé par décantation, le dessablage vise à éliminer les sables et les graviers. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « déssableur » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité de lavage. [2]

**c. Déshuilage dégraissage****1. Le déshuilage**

Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. 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 :

**➤ Prédéshuilage**

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 supérieures à 50µm). Il est réalisé dans différents 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.[30][31]

**2. Le dégraissage**

Est une opération de séparation liquide-solide réalisant un compromis entre une rétention maximale de graisses et un dépôt minimal de boues. On peut noter qu'une injection d'air au fond de la bache de séparation permet de récupérer les graisses par flottation. Cette préparation des effluents facilite l'épuration des effluents en aval, en réduisant le colmatage et en évitant une certaine inhibition des processus biologiques. L'évacuation des graisses s'effectue à l'aide d'un système de raclage de surface poussant les flottants vers une trémie. Les graisses sont ainsi envoyées, gravitairement ou à l'aide d'une pompe, soit vers les bacs à graisses, soit vers le réacteur de traitement biologique des graisses.[29]

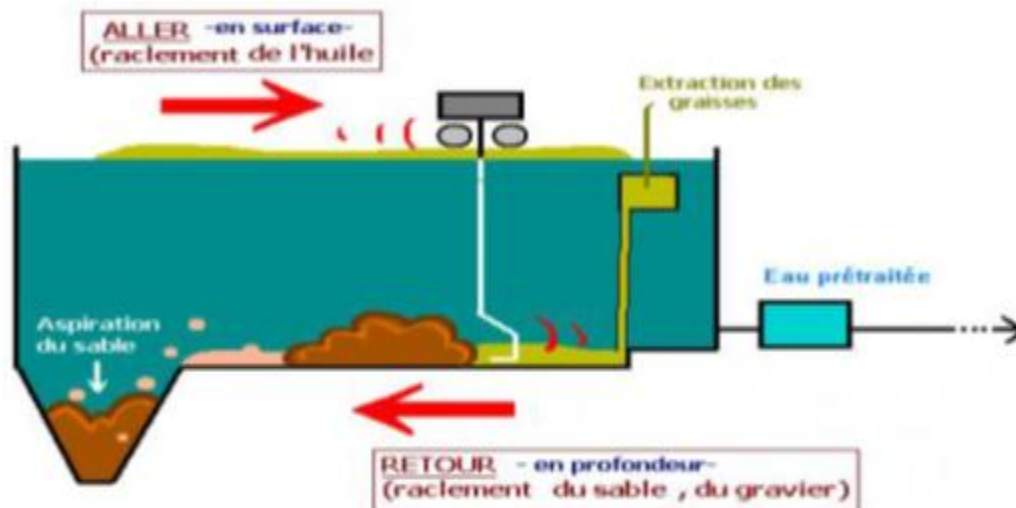


Figure 05 -Schéma d'un dessableur / déshuileur-dégraisseur. [17]

### II.3.2. Le traitement primaire

Après les prétraitements, les effluents conservent une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les procédés de traitement primaire fait appel à des procédés physiques, comme la décantation, ou physico-chimique tels que la coagulation-floculation et la filtration. [2]

#### a-Procédés de décantation physique

La décantation est un procédé qu'on utilise dans pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. [3]

La base de ces procédés de séparation solide-liquide est la pesanteur. On utilise le terme de décantation lorsque l'on désire clarifier une eau brute ; si l'on veut obtenir une boue concentrée on parle alors de sédimentation.

Ces procédés permettent d'éliminer, d'une part 50% à 60% des matières en suspension et, d'autre part, de réduire leurs caractéristiques dimensionnelles (élimination des matières présentant une taille supérieure à 50 $\mu$ m).

Le dimensionnement des décanteurs est essentiellement fondé sur la vitesse de sédimentation des matières en suspension. Des prélèvements et des mesures sur ces matières permettent de déterminer cette vitesse, qui correspond au rendement d'élimination recherché. On raisonne sur :

- la charge hydraulique à traiter (Q en m<sup>3</sup>) ;
- la charge de pollution (en kg de MES<sub>6</sub>). [29]

**b-Procédés de décantation physico-chimique**

Les procédés physico-chimiques de décantation consistent à alourdir les particules en suspension. Ils font appel aux techniques de coagulation ou de floculation-clarification.

Les processus de coagulation et de floculation sont employés pour séparer les solides en suspension de l'eau lorsque la vitesse de décantation naturelle est trop lente pour obtenir une clarification efficace. [3]

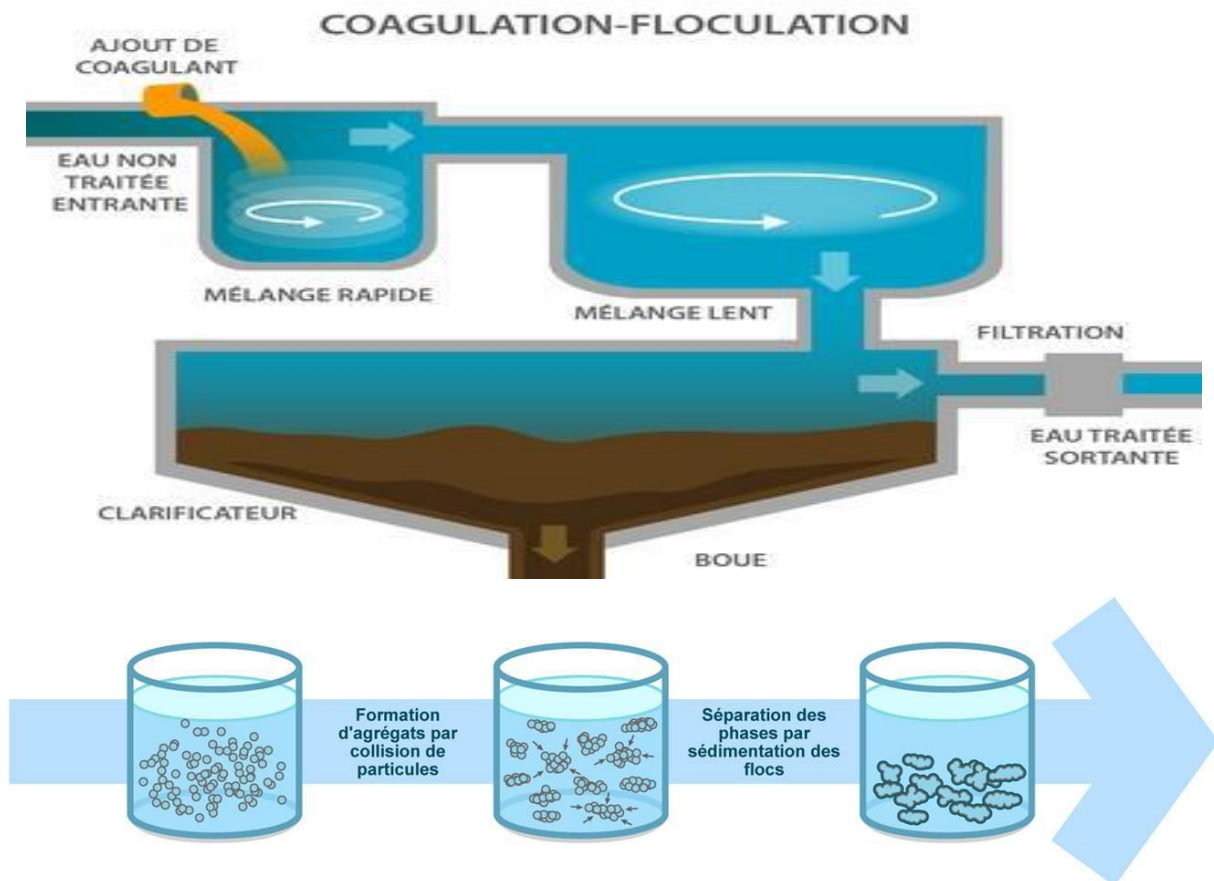
La turbidité et la coloration de l'eau sont principalement causées par la présence des particules très petites, dites particules colloïdales, ces particules peuvent rester en suspension dans l'eau durant très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces derniers n'ont pas tendance à s'accrocher les uns aux autres. Pour les éliminer on a recours à des procédés « coagulation-floculation » qui consiste à faire croître ces particules pour les amener à un niveau de taille où elles pourront facilement être séparées par décantation ou filtration. [3]

Les réactifs introduits dans les eaux usées ont un pouvoir adsorbant : autrement dit, ils ont pour effet de neutraliser les charges électriques portées par les substances colloïdales, charges qui, par répulsion électrostatique, maintiennent les particules à l'état dispersé. En outre, ils favorisent leur coagulation, accroissant ainsi la taille et la densité de gros amas ; désignés sous le nom de floccs.

La vitesse de chute des particules étant proportionnelle au carré de leur diamètre, on conçoit qu'il est intéressant de réunir les plus petites d'entre elles pour en former une grosse. Le processus par lequel ces substances coagulent s'appelle la « coalescence ».

Les réactifs employés sont d'origine minérale (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, chaux) ou organique et libèrent des ions positifs qui neutralisent le colloïde et précipitent en formant des flocons : c'est la floculation.

Les procédés physico-chimiques présentent l'avantage d'une mise en route rapide (10 heures environ) et d'une adaptation immédiate aux variations de débit de la charge des effluents à traiter. [29]



**Figure 06- Schéma d'un procédé de coagulation- floculation. [21]**

Durant la phase de traitement primaire, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des matières en suspension pouvant atteindre 90 % et de la demande biochimique en oxygène de l'ordre de 35 %). [32] La DCO et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement. Les matières solides extraites représentent ce que l'on appelle les boues primaires. [33]

### II.3.3. Le traitement secondaire

Les traitements secondaires recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote et phosphore) dans la majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les procédés membranaires combinent quant à eux des procédés biologiques et physiques. [2]

Ce traitement se fait en générale par voie biologique afin de réduire la quantité de matières organiques. Le procédé le plus commun est celui des boues activées. L'ajout de micro-organismes permet d'éliminer les polluants notamment l'azote. Pour rendre ce procédé plus rapide, il faut créer des conditions de vie favorable pour les bactéries. Cela a pour but de réduire la "DBO" et la "DCO". [34]

### II.3.3.1. Les traitements biologiques

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépurations existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par les quelles un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. [2]

L'épuration biologique des eaux usées biodégradables s'effectue par voie aérobie ou anaérobie. Du fait du caractère exothermique du métabolisme aérobie, le processus est plus rapide et complet, avec, comme contrepartie la production d'une masse cellulaire plus importante. [2]

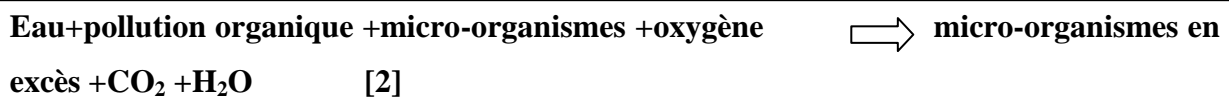
#### a. Le processus d'épuration biologique

Le traitement s'effectue dans les réacteurs où l'on met en contact des micro-organismes épurateurs et l'eau à épurer.

Quel que soit le réacteur, il est alimentés d'une manière continue ou semi-continue, les micro-organismes sont nourris par les matières organiques et transforment les polluants par les processus suivant :

- Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien;
- par conversion des matières cellulaires : croissance des micros animaux associés;
- par oxydation en  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$  qui produit de l'énergie nécessaire au fonctionnement et à la production de nouveau matériaux cellulaire.

**Le bilan global de métabolisation de la matière organique est le suivant :**



#### b. Les différents procédés d'épuration biologique

Parmi les traitements biologiques, on distingue des procédés extensifs et intensifs.

##### b.1. Les procédés biologiques extensifs

C'est les procédés utilisant de grandes surfaces (lagunes) s'appuyant sur les propriétés épuratrices d'un plan d'eau peu profond. [2]

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène. On distingue le lagunage aéré et naturel.[35]

➤ **Le lagunage aéré**

Dans ce cas l'oxygénation nécessaire est produit par des aérateurs mécaniques à turbines ou par des appareils diffuseurs d'O<sub>2</sub>.<sup>[36]</sup>

La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel et le temps de séjour est de l'ordre de 1 semaine et la profondeur de 1 à 4 m.

Le rendement peut être 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues.<sup>[35]</sup>

➤ **Le lagunage naturel** : dans ce cas l'oxygène provient de l'atmosphère L'épuration est assurée à long temps de séjour dans plusieurs des bassins disposés en série .Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies sont responsable a la dégradation des M.O. Le gaz carbonique formé par la bactérie que les sels minéraux contenus dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier.<sup>[37]</sup>

## **b.2.les procédés biologiques intensifs**

### **b.2.1.Les installations à "cultures fixées"**

On distingue différents types de supports pour les cultures bactériennes : les disques biologiques et lits bactériens.

➤ **Disques biologiques**

C'est une technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants où se développent les micro-organismes et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. [38]

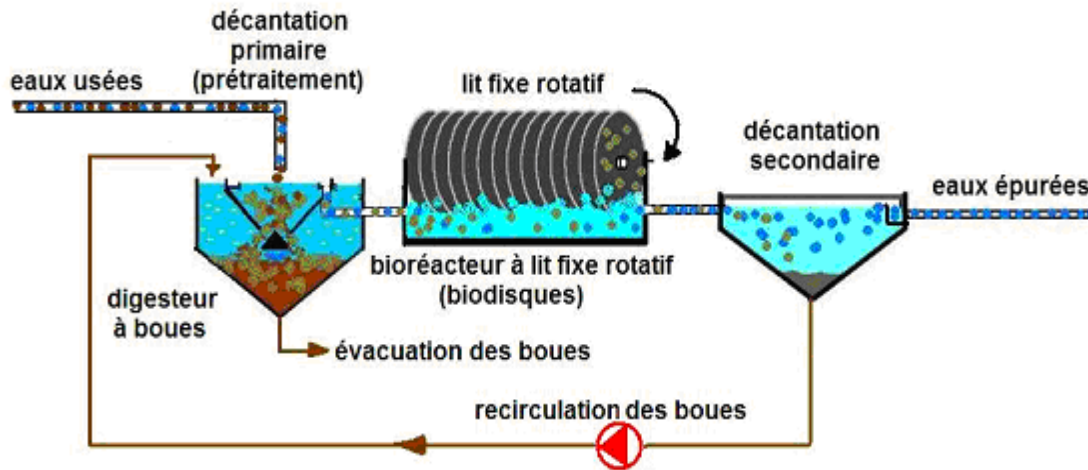


Figure 07-Schéma d'un procédé Disques biologiques. [17]

➤ **Lits bactériens**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO5. [39]

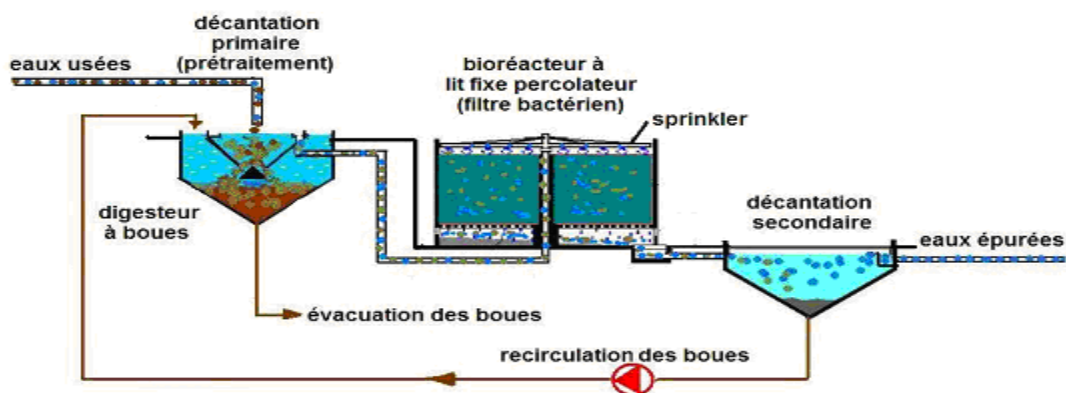


Figure 08- Schéma d'un Procédé Lit bactérien. [17]



### b.2.2. Les installations à "cultures libres", ou par boues activées

#### ➤ Description du procédé à boues activées

Le procédé d'épuration par boues activées est un procédé relativement récent, il est mis au point par ARDERN et LOCKETT en 1914 à Manchester au Royaume –Uni.

C'est un procédé qui consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées) dans un bassin brassé et aéré, alimenté par l'eau usée à traiter.

Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte).

L'aération, qui peut se faire avec de l'air, ou avec de l'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies. [2]

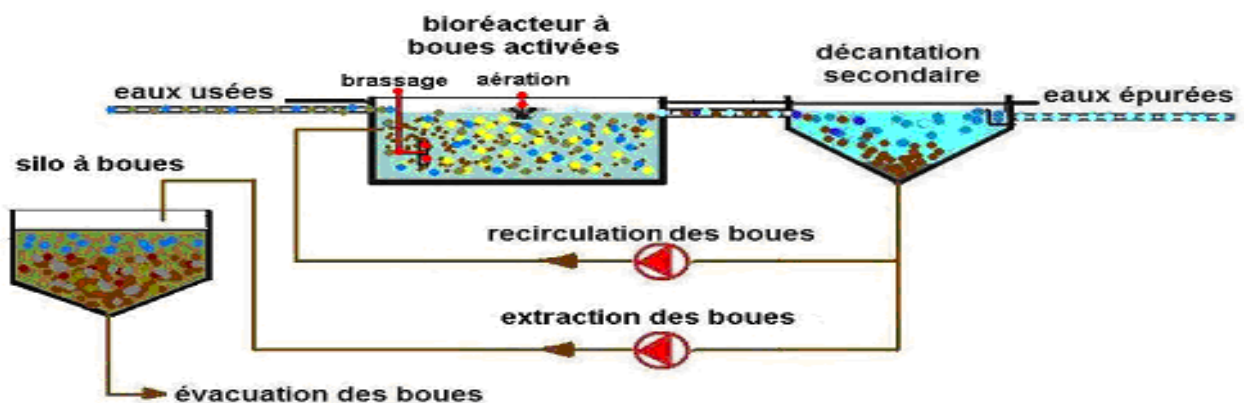


Figure 09- Schéma d'un procédé à boues activées

#### ➤ Principe de fonctionnement

Dans le processus d'épuration par boues activées, la pollution est éliminée de la façon suivante :

- les matières en suspension (MES) et colloïdales sont éliminées par agglomération physique et ensuite par floculation et absorptions des matières organiques solubles par les boues activées ;
- élimination lente des matières organiques solubles par action enzymatique ;
- oxydation et dégradation d'une partie des amas biologiques eux-mêmes.

➤ **La technique de fonctionnement**

Le développement des boues est assuré par un brassage de la masse formée et surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisations. L'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et de surface.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé décanteur secondaire destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération, pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent est extrait du système et évacué vers les ouvrages de traitement des boues.

➤ **Microflore et microfaune des boues activées**

La population microbienne des boues activées est complexe et ne peut se définir qu'au moyen des principaux groupes écologiques : bactéries, champignons, protozoaires, métazoaires. [2]

### II.3.4. Facteurs liés à l'épuration biologique

#### a-Indice de Mohlman

L'indice de Mohlman (ou Sludge Volume Index) se définit comme étant le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1 gramme de matière sèche.

#### Boues décantées en 30 min (mL/L)

➤ L'indice de Mohlman est représenté par le rapport : \_\_\_\_\_

#### Masse de matières sèches (g/L)

➤ l'Indice de Mohlman renseigne sur la qualité des boues activées. [40]

➤ L'indice de Mohlman permet de caractériser la décantabilité des boues, une boue normale a un indice de 100. En présence de phénomène de *bulking*, l'indice augmente ; il peut atteindre la valeur de 500.

➤ Lorsqu'il y a des problèmes de décantation sur le clarificateur, il convient d'effectuer un examen microscopique des boues. [41]

#### b-Indice de boues (IB)

On est quelquefois amené à calculer un autre indice lorsque les boues décantent moyennement bien. Pour cela on détermine l'indice de boues (ou *Diluted Sludge Volume Index*) on utilisant la dilution la plus faible pour laquelle le volume après 30 min de décantation (V30) est inférieur à 300 ml. [42]

L'indice de boues est donné par la formule :

$$\text{Indice de boues (ml /g)} = (V_{30 \text{ de la dilution la plus faible } < 300 \text{ml}}) / (C_{\text{MES en g/l}}) \cdot f$$

V30 : Volume de boues dans l'éprouvette après décantation de 30 min, exprimé en ml.

(C<sub>MES</sub>) : Concentration en boues dans l'aérateur (exprimée en g/L de matières sèches).

f : Facteur de dilution (volume de boues initialement introduit dans l'éprouvette en ml /1 000).

Cet indice de boue est un outil précieux. Il a de multiples fonctions au niveau de la station d'épuration.

- Suivi et mise en évidence d'un foisonnement.
- Appréciation de l'effet des solutions techniques mises en œuvre pour améliorer la décantabilité de la boue.
- Vérification des performances du décanteur en service après prise en compte de la concentration des boues et du débit alimentant l'ouvrage.
- Utilisation a priori pour le dimensionnement de la surface du clarificateur.
- Aide à la gestion de la production de boue sur les petites stations dans la mesure où l'indice reste stable dans le temps.
- Caractérisation des boues en vue de leur déshydratation. [43]

### **c-Âge des boues**

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. il se définit comme étant le rapport entre la quantité de boues dans le bassin et celle extraite quotidiennement. il précise le temps de séjour moyen des boues dans l'aérateur.

C'est le rapport entre la masse de boues présente dans le réacteur et la production journalière de boues. [1]

A :  $V [\text{MES bassin}] / \text{WMES}$

A : âge de boues (j)

MES: production journalière de boues (kg/j)

V : volume du bassin d'aération (m<sup>3</sup>)

[MESbassins] : concentration nominale de matières en suspension

**d-La charge massique(Cm)**

La charge massique est le paramètre qui conditionne le flux polluant maximal admissible sur une station d'épuration. Elle impose le temps de séjour moyen des boues. [41]

C'est la quantité de DBO5 (en kg/j) rapportée à la masse de matières en suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume V. Elle s'exprime en kg DBO5/ (kg MEST. j), est parfois rapportée à la masse de micro-organismes ou de matières volatiles sèches (MVS) contenues dans l'ouvrage. Elle s'exprime alors en kg DBO/ (j. kg MVS).

$$Cm = DBO5 \text{ entrée} / V * [MVS \text{ bassin}]$$

DBO5 : masse de DBO apportée par jour (kg/j)

V : volume du bassin d'aération (m<sup>3</sup>)

[MVS bassin] : concentration nominale de MVS dans le bassin d'aération (g/L). [44]

**e- charge volumique (cv)**

Elle correspond à la quantité journalière de DBO5 (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m<sup>3</sup>) de l'ouvrage. Elle s'exprime en kg DBO5/ (j .m<sup>3</sup>) [45].

$$Cv = DBO5 \text{ entrée} / V$$

**II.3.4.Les traitements tertiaires**

Appelés aussi les traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires qui s'avèrent insuffisants pour arriver au bout de ces polluants. Pour cela les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires. Afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs.

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau.[3]

Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On y distingue généralement les opérations suivantes :

- La nitrification-dénitrification et dephosphatation biologique ou mixte (biologique ou physico-chimique)

- La désinfection bactériologique et virologique.[3]

### **II.3.4.1.Élimination biologique de l'azote et du phosphore**

#### **a- La déphosphoration**

La technique la plus utilisée pour l'épuration du phosphore consiste en la précipitation chimique par adjonction de sels métalliques (fer ou aluminium), ou de chaux.

Les phosphates précipitent sous forme de sels métalliques ou d'hydroxydes et sont séparés de la phase liquide par décantation.

Les principaux réactifs sont le sulfate d'alumine, d'aluminate de soude, le sulfate ferreux, le chrome ferrique, le chlorosulfate ferrique et la chaux. L'ajout du réactif peut-être effectué : après les prétraitements et avant le décanteur primaire ou le bassin d'aération, c'est la précipitation. à l'aval du clarificateur, sur l'effluent épuré : c'est la post-précipitation. Nécessité d'un décanteur supplémentaire. Directement sur le bassin d'aération : c'est la précipitation simultanée, qui est la plus utilisée.

L'élimination peut également être partiellement faite par voies biologiques, l'installation doit alors être équipée d'un bassin ou d'une zone d'anoxie. L'alternance entre aérobiose et anoxie favorise un mécanisme de relargage /sur accumulation de phosphore dans la biomasse épuratrice. [46]

#### **b- Traitement de l'azote**

Si l'azote ne peut être traité lors de l'étape du traitement biologique, il est possible de le transformer dans une troisième étape de nitrification par boues activées, ou mieux par filtration biologique suivie éventuellement d'une autre étape de dénitrification.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). L'élimination de l'azote ammoniacal est, le plus souvent obtenue grâce à des traitements biologiques, de nitrification-dénitrification.

La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de l'azote ammoniacal en nitrate ( $\text{NO}_3$ ), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la dénitrification complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries dénitrifiantes, sont transformés en azote gazeux.

Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère comme le  $\text{CO}_2$  produit par l'élimination des matières carbonées. Ces procédés sont aujourd'hui les plus compétitifs et les mieux adaptés, puisqu'ils peuvent, notamment être combinés à l'élimination de la pollution carbonée. Il suffit pour cela que les volumes des bassins et les dispositifs d'aération soient suffisants. [7]

### **II.3.4.2.Élimination et traitements des odeurs**

La dépollution des eaux usées produit des odeurs. Qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains de stations d'épuration. Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leurs traitements ainsi que les installations de prétraitement.

Le seuil de tolérance de ces nuisances olfactives est subjectif et aucune norme en matière d'émissions malodorantes n'existe. Cependant les exploitants de stations d'épuration cherchent à limiter les odeurs dégagées par les traitements.

La conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage.il faut par exemple veiller à réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées.

Des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place au sein des stations d'épuration.la désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Le gaz malodorants est capté puis envoyés dans les tours de lavage ou un liquide désodorisant est pulvérisé. Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et/ou de l'hypochlorite de sodium (eau de javel).réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs.[3]

### **II .3.4.3. La désinfection**

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les micro-organismes pathogènes présents dans les rejets domestiques.

Un réactif désinfectant peut être ajouté dans les eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone, le brome ou le dioxyde de chlore. [1]

- **Le chlore** : est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes.[5]

Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ), l'hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ) appelé communément "eau de Javel", l'hypochlorite de calcium ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ), le chlore de chaux ( $\text{CaCl}_2, \text{OCl}_2$ ) et le chlorite de sodium ( $\text{NaClO}_2$ ). [48]

- **L'ozone ( $\text{O}_3$ )** : est un oxydant puissant, la désinfection par l' $\text{O}_3$  est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus [49]. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité. [50]

Ou physique par :

- **Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. [5]

- **La filtration** : est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension.[51]

L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée. [12]

- **Lagunes de finition** : le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des microorganismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé. Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit. [52]

## **II.4.Conclusion**

On peut dire qu'à partir d'une eau usée et grâce aux procédés de traitements, il est possible d'obtenir toute une gamme d'eaux de qualités différentes. A chacune de ces qualités peut correspondre un usage particulier.il est clair que les traitements qui existent peuvent réduire les concentrations des polluants sous toutes leurs formes. A des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux. [3]

# *Chapitre III*



## **Chapitre III : Traitement et caractérisation des boues résiduaires urbaines**

### **III.1.Introduction**

Qui dit épuration des eaux, dit également production de boues. Pourtant, dans un premier temps, l'objectif de ces stations a été essentiellement de garantir le rejet d'une eau de qualité définie en se préoccupant peu des boues engendrées par les procédés d'épuration. La tendance actuelle est différente car les boues, au même titre que l'eau épurée, sont considérées comme un élément qui contribue à l'impact environnemental d'une station d'épuration. La conception des filières de traitement des boues est fortement liée à la destination finale de celles-ci (épandage agricole, compostage, mise en décharge, incinération, etc.). [53]

### **III.2.Définition des boues**

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». [54]

Le terme « boues d'épuration » est le terme générique employé pour caractériser les sédiments résiduaires ou sous-produits issus des procédés de séparation liquide-solide des installations de traitement et d'épuration des eaux usées résiduaires domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités. [55]

La production de boue au sein d'une installation s'écrit :

$$P_x = P_{\text{minérale}} + P_{\text{Préfractaire}} + P_{\text{Biomasse}}$$

Où :

$P_x$  : Production totale de boue

$P_{\text{minérale}}$  : Production de boues résultant de l'accumulation de matière minérale

$P_{\text{Préfractaire}}$  : Production de boues résultant de l'accumulation de composés organiques non biodégradables

$P_{\text{Biomasse}}$  : Production des boues résultant de la reproduction des micro-organismes. [56]

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.[57]

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. [58]



**Figure 10- Boue de STEP**

### **III.3.Origine des boues**

Les boues de la station sont des boues résiduaires, qui résultent de traitement des eaux usées en aval. Ces boues peuvent être de différentes origines :

#### **III.3.1.Les eaux usées industriels**

Produisent différents types de boues caractérisées soit par :

- a- Des matières organiques** : cas des effluents d'abattoirs ou de fermentations.
- b- Des matières inorganique** : qui peuvent contenir des composés toxiques (ex : métaux lourds) cas des industries pharmaceutiques ou métalliques etc. ... [55]

#### **II.3.2.Les eaux usées domestiques**

Produisent des boues décantables (boues de traitement primaire) caractérisées par de mauvaises odeurs et un pourcentage en eau de 94 à 98% et 1,5 à 2,5% de matières solides.

Les boues sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées. 70% de MES peuvent ainsi être retenues.

Les Boues secondaires contenant particulièrement un film microbien sont plus stabilisées que les boues primaires avec 6 à 8% de matières sèches. [34]

### III.4.Types des boues

Au sein d'une station d'épuration les boues constituent un sous-produit recueilli au cours de différentes étapes de l'épuration de l'eau. [56]

La nature des boues produites par une station d'épuration dépend de plusieurs facteurs : tel le type de séparation de boues utilisé, le procédé de traitement et de leur caractéristique d'origine. [55]

On distingue les boues primaires issues de la simple décantation primaire des particules décantables dans les conditions du dimensionnement de cet ouvrage. On distingue aussi les boues secondaires issues du traitement biologique et les boues tertiaires provenant d'un traitement complémentaire biologique ou physico-chimique pour l'élimination de l'azote et du phosphore. [56]

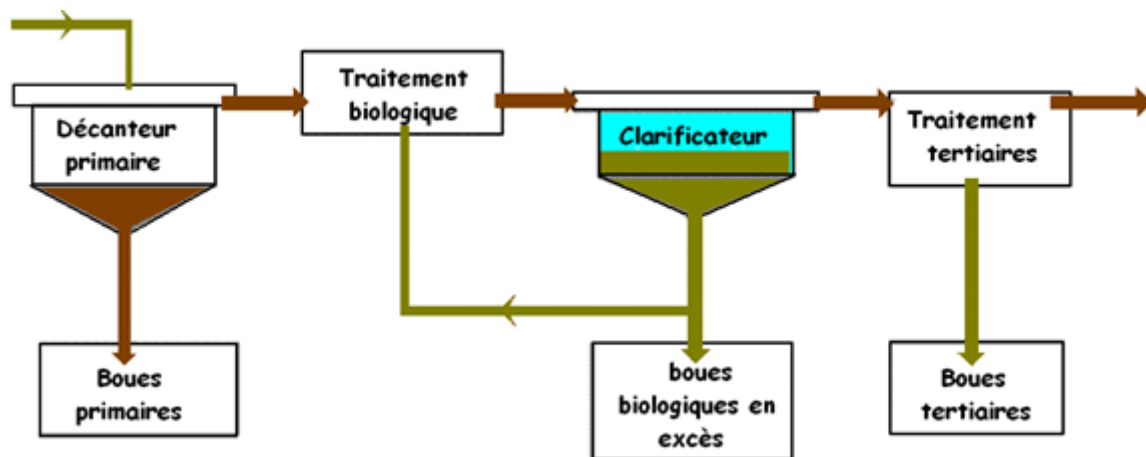


Figure 12- Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boues activées [17]

#### III.4.1. Boues primaires

Les boues primaires sont les dépôts récupérés par simple décantations des eaux usées. Elles proviennent d'une séparation physique des matières en suspension décantables organiques ou minérales lors de la décantation primaire. Elles sont à la fois riches en matières minérales (micro-sables, terre, etc.) et contiennent des matières organiques susceptibles d'évolution. Elles sont obtenues, dans des décanteurs digesteurs. [2]

#### III.4.2. Boues de traitement physico-chimique

Variante du type précédent, les matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées sont agglomérées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium). 90 % des MES peuvent ainsi être captées et séparées par décantation, les

bouesobtenues 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. [56]

### **III.4.3.Boues biologiques**

Les boues biologiques appelées aussi boues secondaires, sont les boues issues du traitement biologique que ce soit en culture libre (boues activées), ou en culture fixée (lits bactériens, disques biologiques, etc.).Elles sont issues de la métabolisation de la pollution organique biodégradable soluble et colloïdale, lors d'une épuration. Elles sont donc constituées essentiellement de corps bactériens et de leurs sécrétions.

Parallèlement, on distingue :

➤ **Les boues mixtes**, mélange de boues secondaires et de boues primaires, qui sont issues de la quasi-totalité des filières de traitement complètes.sur les stations importantes (quelques dizaines de milliers d'équivalents habitants au moins), on peut envisager des traitements séparés des deux types de boues.

➤ **les boues d'aérationprolongée**, variante des boues mixtes. Dans ce procédé, comme d'ailleurs en lagunage naturel et aéré, le traitement n'inclut pas l'étage de décantation primaire.l'ensemble des matières polluantes est donc soumis à l'aération .de ce fait, les boues obtenues sont peu concentrées, moinsorganiques et moins susceptibles de produire des nuisances. [2]

### **III.5.Classification des boues**

Les boues sont classées, selon leurs caractéristiques principales, en six catégories

- Organiques hydrophiles : très organiques, elles contiennent 40 à 90% de matières volatiles.
- Huileuses hydrophile : elles contiennent des huiles minérales ou des hydrocarbures.
- Huileuses hydrophobes : elles contiennent des oxydes mélangés à des huiles minérales.
- Minérales hydrophiles : elles contiennent une forte proportion d'hydroxydes métalliques.
- Minérales hydrophobes : elles contiennent une forte proportion de carbonates
- Fibreuses : elles contiennent de 20 à 80 % de fibres.[59]

Le tableau ci-dessous montre l'origine et la composition de ces six catégories de boues. Selon les filières de traitements, les boues sont classées en cinq classes. Ce classement permettra de présenter plus clairement les performances de chaque technique sur les différents types de boues.

Boue de la classe A	Boue de la classe B <sub>1</sub>	Boue de classe B <sub>2</sub>	Boue de la classe C	Boue de la classe D
-boues primaires -boues primaires physico-chimiques -boues de forte et très forte charge.	-boues biologiques en eau brute -boues de faible charge. -boues d'aération prolongée	-boues biologiques en eau décantée -boue de faible charge -boues de moyenne charge.	-boues mixte de type A+B <sub>2</sub>	Boues stabilisées biologiquement -boues de digestion anaérobie mésophile. Boues de stabilisation aérobie thermophiles.

**Tableau 1- Les différentes classes de boues [2]**

### III.6.Composition des boues résiduaires

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

Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants, éléments traces métalliques, éléments traces organiques et agents pathogènes). [34]

#### III.6.1. Eléments fertilisants

Les éléments couvrant les besoins nutritionnels des plantes seront : l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et les oligo-éléments.

L'épandage de boues de station d'épuration va apporter ces éléments qui seront consommés par les plantes. [60]

### **III.6.1.1. Formes azotées**

L'azote présent dans les boues se présentera sous forme d'azote ammoniacal (soluble), sous forme d'azote organique. Dans ce dernier cas, il sera transformé à 80 pour cent par les Micro-organismes en azote minéral et donc utilisable par les plantes. La concentration en azote des boues est au voisinage de 5 pour cent.

Sa disponibilité pour les végétaux varie en fonction de la composition de la boue et du sol qui la recevra. Une analyse agronomique permettra de connaître les éléments présents et montrera l'intérêt fertilisant de ces boues. [60]

### **III.6.1.2. Phosphore**

On considère que 40 à 80 pour cent du phosphore des boues sont disponibles comme fertilisant organique. Sa concentration est de l'ordre de 1 pour cent de la matière sèche dans les boues primaires, et de 2 pour cent de la matière sèche dans les boues secondaires. Les boues d'épuration représentent une importante source de phosphore pour les cultures. Mais la biodisponibilité du phosphore et son intérêt fertilisant dépendront de leur traitement en station d'épuration. [60]

### **III.6.1.3. Autres éléments fertilisants**

On retrouve dans les boues du potassium (en faible concentration), du calcium (teneur particulièrement élevée lorsqu'il y a eu chaulage), du magnésium (0,4% des matières sèches en moyenne). Ces minéraux seront facilement disponibles pour les cultures. [60]

## **III.6.2. Micropolluants minéraux, organiques et biologiques**

Les concentrations parfois importantes en micropolluants organiques ou minéraux sont accentuées par le traitement imposé aux eaux usées : on estime classiquement que 90 % des éléments présents à l'entrée de la station d'épuration se retrouvent dans les boues, après une réduction du volume qui dépasse généralement un facteur de 30 par rapport au volume de départ.

### **III.6.2.1. Éléments traces métalliques**

Sous ce terme sont regroupés les métaux vrais et les métalloïdes.

Les métalloïdes se caractérisent, lorsqu'ils sont à l'état d'ions, par une grande affinité pour l'élément  $H^+$  de l'eau avec lequel ils donnent naissance à un acide (ex : HCL).

Les métaux vrais se caractérisent, lorsqu'ils sont à l'état d'ions, par une grande affinité pour le groupement  $OH^-$  de l'eau avec lequel ils donnent naissance à une base (ex : NaOH).

On parle de micropolluants métalliques (ou éléments traces métalliques) car la plupart des éléments minéraux retrouvés dans les boues de stations d'épuration urbaine proviennent du groupe des métaux.

Les Eléments Traces Métalliques (ETM) proviennent des rejets domestiques, des eaux de pluie et de ruissellement et des eaux usées industrielles et artisanales.

Les ETM peuvent être classés en 2 catégories :

- les ETM essentiels à la biologie cellulaire et à l'équilibre physiologique de tout être vivant : ce sont l'arsenic, le chrome, le cuivre, le molybdène, le nickel, le sélénium et le zinc. Un apport nutritionnel est conseillé, mais sans dépasser les doses de limite de sécurité pour le zinc et le sélénium. En effet, ces ETM sont toxiques à doses élevées.

- les ETM dont la présence est indésirable pour l'organisme des êtres vivants de par leur faible seuil de toxicité et de par leur absence d'intérêt nutritionnel. Il s'agit du plomb, du cadmium, et du mercure. Ces ETM que l'on appellera « contaminants » vont s'accumuler tout au long de la chaîne alimentaire par transfert du sol et de l'eau vers les plantes et les animaux, ainsi que par les retombées atmosphériques.

Ces ETM ont différentes origines. La présentation qui suit donne par Elément Trace Métallique, leurs principales sources de contamination de l'environnement. (Rapport ADEME, 2002a). Selon ce rapport, en moyenne, « on estime que 70 à 90% des éléments métalliques sont retenus par les boues ».

- **Cadmium** : essentiellement d'origine industrielle, il peut provenir également d'activités domestiques (composant de produits cosmétiques tels que shampoings, teintures capillaires).

C'est également un composant pharmaceutique phytosanitaire (pesticides de jardin). L'apport de cadmium dans les eaux usées provient aussi des eaux de ruissellement (retombées atmosphériques de cet élément en zone urbaine, résidus de pneus sur la chaussée et corrosion des conduites d'eau). La teneur en cadmium des boues correspondrait à 75% du métal entrant.

- **Chrome** : il provient entre 35 et 50% des industries (galvanoplastie, tanneries, oxydations chimiques), entre 9 et 50% du ruissellement (retombées atmosphériques, pesticides, engrais phosphatés....) et entre 14 et 28% des eaux domestiques (produits d'entretien, eau de consommation). Le traitement primaire des eaux usées élimine 28 à 50% de cet Elément Trace Métallique.

- **Cuivre** : il provient essentiellement des eaux usées domestiques (eau de consommation, produits domestiques, corrosion des tuyauteries), mais il est aussi d'origine industrielle (traitements de surface, industries chimiques et électroniques) et il provient des eaux de ruissellement (poussières de combustion industrielle et trafic routier). Il est globalement très bien éliminé : 85% du métal se retrouve dans les boues résiduaires.
- **Mercure** : il provient des rejets de produits pharmaceutiques, d'amalgames dentaires, de thermomètres brisés, de désinfectants des blanchisseries, d'écaillés de certaines peintures, etc. Le mercure présente une très forte affinité pour la matière organique et est de ce fait très fortement retenu par les boues. Une partie de ce mercure sera perdue par volatilisation lors du traitement biologique des boues.
- **Nickel** : il provient essentiellement de rejets domestiques (produits domestiques, pigments divers), et de rejets industriels (traitement de surface des métaux, fabrication de batteries, d'alliages ...). Seulement environ 30% du nickel sera retenu par les boues lors du processus d'épuration.
- **Plomb** : il provient principalement des eaux de ruissellement (70 à 80%), en relation avec la circulation automobile (notamment les fuites d'essence, de lubrifiants ou les particules de pneus). Il provient aussi de l'industrie (15 à 20%), et d'activités domestiques (5%) : altération des réseaux d'alimentation et des réseaux d'eaux usées, teintures capillaires, poussières de peintures etc. Il est très fortement retenu par les boues ou il est majoritairement associé à la matière organique et aux carbonates.
- **Zinc** : il provient essentiellement des eaux usées domestiques (produits consommés et corrosion des tuyaux galvanisés), de rejets industriels (mines, raffineries de zinc, pigments, usures des toitures en zinc ...). La comparaison des teneurs en zinc des boues entre 1979 et 1994 montre une diminution du flux de zinc entrant dans les stations d'épuration urbaines.

#### **III.6.2.2. Micropolluants organiques**

Ils sont d'origine industrielle, urbaine ou agricole. On recense les molécules et familles de molécules suivantes :

- a-** Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : essentiellement émis par les industries de transformation du pétrole, la combustion de carburant et les systèmes de chauffage (ex : benzopyrène)
- b-** Hydrocarbures monocycliques aromatiques : ce sont des solvants volatils (benzène, xylène, toluène) entrant dans la composition des carburants. Leurs propriétés toxiques



aiguës ontamené les industriels à réduire leur utilisation en tant que solvants. On distingue deux catégories : les benzènes et les phénols.

- c- Hydrocarbures aliphatiques : principaux composés de produits pétroliers utilisés dans les moteurs, chaudières, centrales électriques ou utilisés comme lubrifiants.
- d- Hydrocarbures aliphatiques chlorés : substances toxiques volatiles ou semi volatiles utilisées comme solvants. Famille comprenant les 1,1 et 1,2-dichloroéthylène, chloroforme, tétrachlorure de carbone, tri et tétrachloroéthylène et hexachlorobutadiène.
- e- Chlorobenzènes et chlorophénols : ce sont des organochlorés volatiles ou semi volatiles utilisés dans le traitement du bois, dans le blanchiment du papier ou comme pesticides.
- f- Hydrocarbures polycycliques aromatiques chlorés : PCB (polychlorobiphényles), PCDD (polychlorodibenzo-dioxines) et PCDF (polychlorodibenzofurannes) utilisés dans la chaîne alimentaire.
- g- Substances chlorées pesticides : très utilisées dans la destruction des végétaux, elles sont nuisibles pour l'homme et les animaux. Ex : dichlorodiphényltrichloréthane, aldrine, lindane, hexachlorohexane
- h- Autres substances organiques pesticides : organophosphorés, carbamates et herbicides de la famille des triazines utilisés comme insecticides, fongicides, herbicides, rodenticides, bactéricides, acaricides, nématocides et molluscicides. [60]

### **III.7. Les caractéristiques des boues**

Une boue est aussi représentée par plusieurs données numériques qui permettent de la caractériser on distingue :

#### **III.7.1. les paramètres physiques**

##### **III.7.1.1. la siccité d'une boue (MS)**

La boue est essentiellement constituée d'eau et de matières sèches (MS). cette matière s'exprime en g/l ou en pourcentage. Elle est déterminée par séchage à 105°C ou par infrarouge.

Le pourcentage d'eau représente l'humidité, le pourcentage de matières sèches la siccité. Ainsi, une boue à 10% de siccité présente une humidité de 90%. [2]

-La boue est constituée d'eau et de matières sèches (MS).

-Le pourcentage en eau représente l'humidité.

-Le pourcentage en matières sèches représente la **Siccité**.

**BOUES = EAU + MATIERES SECHES (Equation**

**100% = HUMIDITE (%) + SICCITE (%) [17]**

### **III.7.1.2. Le taux de matières volatiles sèches (MVS)**

Les matières sèches (MS) sont composées de matières minérales (MN) et de matières organiques appelées matières volatiles sèches (MVS). La concentration des MVS est généralement exprimée en pourcentage par rapport aux MS, on parle alors de taux de MVS.

Le contrôle de ce paramètre permet de suivre la stabilité de la boue et son aptitude à divers traitements (déshydratation, incinération, ...). [2]

Les matières sèches englobent des matières minérales (M.Min) et de matières organiques appelées aussi Matières Volatiles Sèches (MVS).

$MS = MVS + M.Min$  ; Généralement, on exprime la concentration des MVS en pourcentage par rapport aux MS, dans ce cas on parle de Taux de MVS. Ce paramètre nous renseigne sur le degré de stabilité de la boue. [53]

### **III.7.1.3. la résistance spécifique à la filtration**

La résistance spécifique  $r$  se définit comme étant la résistance qui s'oppose à la filtration d'une quantité de gâteau déposé sur  $1\text{m}^3$  de surface filtrante et contenant 1Kg de produit sec.

La résistance spécifique à la filtration est représentative pour les boues, elle est caractéristique de la matière, en particulier de la taille et de la configuration des éléments constitutifs. [2]

### **III.7.1.4. La compressibilité**

Lorsqu'on fait croître la pression au-dessus d'un filtre, on obtient un écrasement du gâteau et 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. [13]

### **III.7.1.5. Le pouvoir calorifique**

La teneur en matière organique des boues leur confère une aptitude à la combustion, qui permet de les incinérer. On peut définir deux pouvoirs calorifiques :

- Le pouvoir calorifique inférieur (P.C.I) qui est la quantité de la chaleur dégagée par la combustion complète d'un kilogramme de boue.

- Le pouvoir calorifique supérieur (P.C.S) qui est la quantité de la chaleur dégagée par combustion complète d'un kilogramme de boue en supposant que toute l'eau dégagée par la combustion se trouve à l'état condensé dans les produits de la combustion.

Ces deux pouvoirs calorifiques s'expriment en kilocalories par kilogramme de boue ou de matières volatiles (K.cal/Kg de MV). [2]

### **III.7.1.6.Consistance de la boue**

La consistance de la boue est un critère essentiel pour le stockage, l'homogénéisation, la manutention et l'enfouissement, etc. Cette consistance est liée à l'état physique de la boue.

Cependant quatre états physiques sont généralement définis en tenant compte de la siccité :

- boue liquide dont la siccité est de 0 à 10 %
- boue pâteuse dont la siccité est de 12 à 25%
- Boue solide pour une siccité supérieure à 25%
- Boue sèche pour une siccité supérieure à 85%. [2]

### **III.7.1.7.Les facteurs caractérisant la structure des boues :**

Les boues urbaines sont considérées comme de véritables systèmes colloïdaux. dans la forte stabilité est déterminée par la nature des propriétés de surface des colloïdes et par les interactions entre les particules.

#### **a-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 forts.
- 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. [13]

#### **b- La viscosité**

Les boues ne sont pas des liquides newtonien, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, cette viscosité permet de définir leurs caractères (aptitude à se prendre en masse au repos et devenir fluide après brassage) qui est important pour leur transport. [13]

### **c-La granulométrie**

La granulométrie, mesure la taille et étudie la répartition statistique, selon leur grosseur, des éléments d'une substance pulvérulente.

L'analyse granulométrique s'effectue jusqu'à 80µm par tamisage du matériau par voie sèche humide. [2]

### **III.7.2.les paramètres chimiques**

#### **a- L'acidité des boues :**

Le PH est un paramètre important pour l'utilisation ultérieure des boues en agriculture .il détermine partiellement la charge électrique des particules solides et, par conséquent, influe sur leur stabilité colloïdale.

Dans le cas de boues digérées par voie anaérobie la fermentation étant alcaline, le PH doit être proche de la neutralité. Une chute en dessous de 6.5 indique un déséquilibre de la digestion .en cas de stabilisation aérobie, le PH sera acide. [2]

#### **b- La demande chimique en oxygène (DCO)**

Certains polluants sont toxiques pour les micro-organismes, ou certains constituants sont difficilement dégradables par voie biologique, dans ce cas seule la voie d'oxydation chimique est envisageable. [61]

Donc la mesure de la DBO<sub>5</sub> est souvent complétée par la mesure de la DCO ; qui est la quantité d'oxygène dissous nécessaire pour oxyder par voie chimique toutes les matières organiques et inorganiques présentes dans l'eau. [62]

Le rapport entre la DBO<sub>5</sub> et la DCO fournit une certaine indication sur les possibilités d'épuration de l'effluent. Pour un rapport (DBO<sub>5</sub>/DCO) inférieur à 0,2, la charge chimique est telle qu'une épuration biologique est pratiquement impossible. Un rapport égal ou supérieur à 0,5 convient par contre à la plupart des micro-organismes, dans ce cas une épuration par voie biologique est possible. Les rejets industriels doivent être à un DCO inférieure à 120-140 mg/l. [63]

#### **c- La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Les éléments organiques dissous et colloïdaux contenus dans les résiduaires industrielles ou urbaines exigent, pour leur dégradation biochimique dans les cours d'eau la présence d'une certaine quantité d'oxygène qu'on appelle la demande biologique en oxygène qui est la quantité d'oxygène (en mg/l ou en %) nécessaire aux micro-organismes pour décomposer par voie oxydative la matière organique présente dans l'eau en 5 jours, donc la

quantité d'oxygène nécessaire à cette opération est proportionnelle à la charge organique de l'eau à analyser. [62]

La détermination de la DBO<sub>5</sub> sert :

- à évaluer la concentration des polluants organiques dans les entrées et sorties de stations d'épuration biologiques
- à déterminer le rendement d'épuration
- à déterminer les besoins en O<sub>2</sub> des bassins de boues activées. [40]

### **d -Le phosphore total (PT)**

Le phosphore comme l'azote et la potasse, fait partie des éléments majeurs nécessaires à la croissance végétale, et l'utilisation par la plante n'est possible que sous forme minérale. Il se trouve sous forme soluble dans les particules inorganiques ou dans les microorganismes. [2]

### **e-l'azote total Kjeldahl (NTK)**

Il représente l'ensemble des formes réduites de l'azote (organique et ammoniacale) la détermination de la teneur en azote et des types de substances qui le contiennent permettent d'estimer la valeur agricole d'une boue et d'évaluer les risques de pollution inhérents à l'épandage des boues. [2]

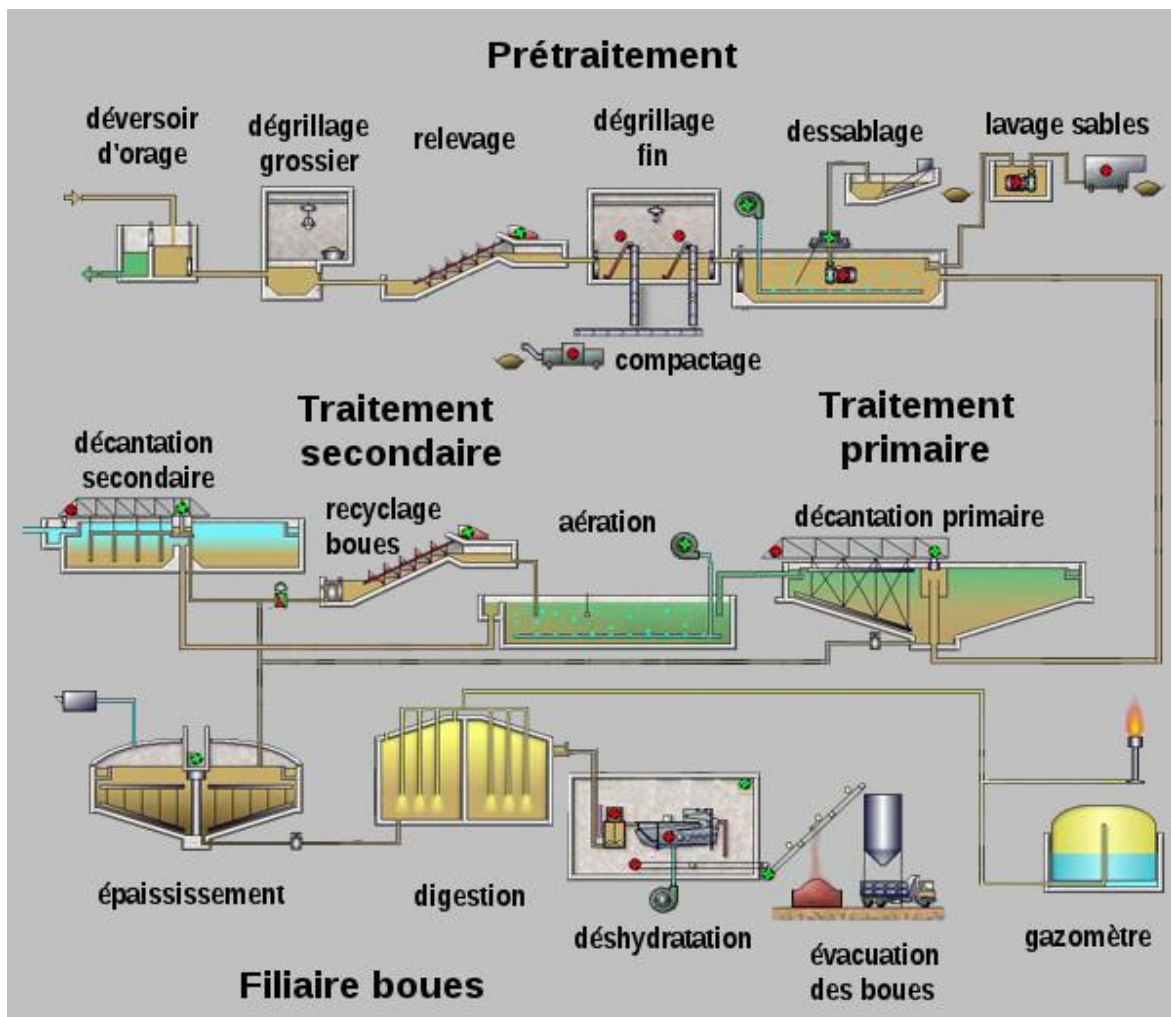
## **III.8.Étapes de traitement des boues résiduaires**

Le parc des stations d'épuration d'eaux usées urbaines en Algérie est constitué essentiellement de procédés d'épuration à « BOUES ACTIVEES », et à un degré moindre « LAGUNAGE NATUREL ». Ce dernier produit des boues de façon périodique (période variant de 5 à 10 ans), une périodicité assez longue qui ne nécessite pas la gestion de ces boues au niveau de la station. Le procédé à boues activées produit des boues de manière régulière (Journalière) qui oblige leur gestion sur le site de la station avant destination finale. De cette contrainte est née la filière de traitement des boues en parallèle avec celle de l'eau pour une meilleure maîtrise du devenir de ce sous-produit de traitement. Les procédés de traitement des boues existants au niveau des stations d'épuration dépendent de l'origine et de la nature des boues produites par ces stations.[64]

Le traitement comporte des opérations à la fois biologiques, chimiques et organiques, vise à diminuer au maximum la teneur en eau, à obtenir une stabilisation biologique raisonnable du fait de son pouvoir fermentescible, générateur de gaz délétère et d'odeurs nauséabondes. [2]

Les traitements imposés aux boues s'effectuent d'une manière générale en plusieurs étapes modulables selon la filière retenue, on distingue ainsi :

- l'épaississement ;
- la stabilisation ou la digestion ;
- Le conditionnement ;
- La déshydratation. [2]



**Figure 13- Schéma des différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires [17]**

Le traitement d'un mètre cube d'eau usée produit de 350 à 400 grammes de boues. Le traitement des boues a pour objectif de les conditionner en fonction de leur utilisation ultérieure. Ce conditionnement a pour effet : une réduction de volume obtenue par épaississement, puis déshydratation (solidification), une diminution du pouvoir de fermentation de ces matières (stabilisation biologique, chimique, thermique...). [1]

Généralement, le traitement des boues a deux objectifs :

- **La stabilisation**

Pour empêcher ou réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi les nuisances olfactives. La stabilisation peut être biologique par voie aérobie ou anaérobie (méthanisation) ou chimique (chaulage ou autres traitements). La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues. [1]

- **La déshydratation**

La concentration des boues qui a pour objectif de réduire leur volume (plus de 97 % d'eau) par épaissement et/ou par déshydratation pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage. Un conditionnement est souvent utilisé en amont pour favoriser la séparation liquide-solide à l'aide de flocculant organiques de synthèse ou minéraux, et autoclavage. Selon la puissance du procédé de séchage utilisé, épaissement, déshydratation ou séchage thermique. [1]

### **III.8.1. Epaissement**

Premier stade de traitement des boues collectées, leur épaissement consiste à augmenter leur concentration, tout en évitant d'atteindre une déshydratation incompatible avec leur pompage. Ce stade va permettre une augmentation du rendement et de la fiabilité de l'ensemble de la chaîne de traitement des eaux. Les boues ainsi épaissies pourront être extraites très liquides des décanteurs, ce qui permet de ne pas détériorer la qualité de l'eau issue de cette décantation. Cette étape permet également une amélioration de la production des dispositifs de déshydratation, et une réduction de l'importance des ouvrages de conditionnement thermique.

Par contre, l'épaissement induit un investissement supplémentaire - souvent compensé sur la suite de la chaîne - et il induit aussi d'éventuelles nuisances olfactives dans le cas de boues organiques. Ce dernier problème est résolu par la couverture des ouvrages et la désodorisation de l'air vicié des enceintes. Le chaulage des boues permet aussi un contrôle du phénomène.

L'objectif de cette étape est de réduire la quantité d'eau pour diminuer le volume des boues pour les étapes suivantes de traitement. Très souvent l'épaissement est réalisé par des moyens physiques tels la décantation flottaison, la centrifugation ou la mise dans des bassins pour une simple sédimentation. [60]

### **III.8.1.1.Épaississement par décantation**

Dans le cas de la décantation, aussi appelée épaississement gravitaire, la suspension boueuse est introduite dans une cuve cylindrique où le temps de séjour est élevé. Ceci permet le tassement des boues qui sont évacuées par le fond, tandis que le liquide surnageant est évacué par le haut. Cette technique peu coûteuse est largement répandue, notamment pour l'épaississement des boues primaires. [65]

### **III.8.1.2.Épaississement par flottation**

Par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. Elle est provoquée en utilisant des bulles d'air très fines ou "microbulles" de 40 à 70 microns de diamètre, semblables à celles présentes dans "l'eau blanche" débitée par le robinet d'un réseau d'eau sous forte pression. [60]

### **III.8.1.3.Épaississement par centrifugation**

L'épaississement des boues peut être réalisé aussi par centrifugation. Il est peu utilisé jusqu'à présent, en raison essentiellement de problèmes de colmatage, cette technique paraît bien adaptée à l'épaississement des boues activées, ce traitement donne des boues d'une siccité de 4 % à 8 % (La siccité mesure le degré de dessiccation d'une boue). On distingue trois types d'appareillages centrifuges :

- à bol plein axe vertical muni d'un racleur et d'un tuyau suceur
- à bol plein cylindro-conique (décanteuse continue) avec conditionnement préalable des boues aux polymères
- à bol assiettes sans conditionnement préalable des boues aux polymères qui, posent néanmoins, des problèmes de colmatage. [2]

L'épaississement centrifuge présente l'avantage d'obtenir, en général, une concentration élevée de la phase boueuse par la mise en œuvre d'appareillages dont le faible encombrement permet la conception d'une unité d'épaississement très compacte. L'inconvénient majeur vient de frais d'exploitation très importants en énergie. [8]

### **III.8.1.4.Épaississement par drainage**

Il a connu un développement récent dans les stations d'épuration biologique de petite et moyenne capacité, pour obtenir un taux d'épaississement conséquent pour la valorisation agricole des boues sous forme liquide. Les équipements mis en œuvre sont de conception simple et robuste ; ils fonctionnent en continu pour réaliser un épaississement accéléré des boues préalablement floculées à l'aide de polymères de synthèse suivant le principe



d'égouttage naturel et de raclage. Raclé en permanence par des lames en caoutchouc. Ainsi, la concentration de la boue augmente progressivement en avançant sur le champ des grilles. On obtient une siccité de 2,5 à 9. [8]

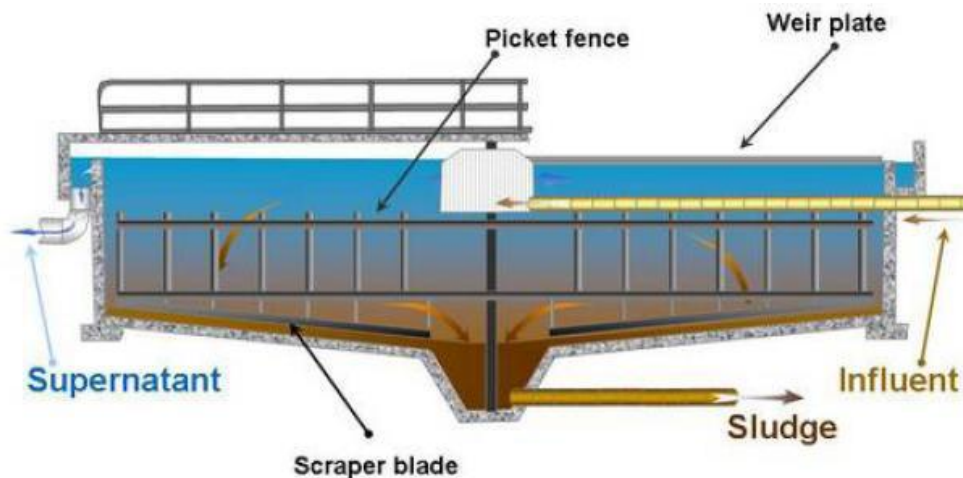


Figure 14- Schéma d'un épaisseur circulaire [17]

#### III.8.2. la stabilisation des boues

La stabilisation des boues a pour but de décomposer les matières organiques les plus fermentescibles pour réduire l'évolution des boues pour éviter les nuisances. Cette stabilisation peut être réalisée en réduisant la quantité de matière organique dans la boue par dégradation bactérienne.

En présence d'air, on parle de stabilisation aérobie, et en son absence il s'agit de la stabilisation ou digestion anaérobie. L'arrêt des fermentations peut être obtenu également par voie chimique et thermique. [2]

##### III.8.2.1. La stabilisation ou digestion aérobie

La dégradation de la matière organique est obtenue par oxydation biologique. Ce procédé consiste à aérer la boue pendant une période prolongée. Au cours de laquelle les micro-organismes aérobies, placés en phase de respiration endogène, dégradent les matières organiques existantes et s'auto-oxydent une fois la synthèse cellulaire dépassée.

La stabilisation aérobie est fortement influencée par la température. Le temps de séjour des boues en aération est au minimum de dix jours à 20° C et de 14 jours à 12° C.

La mise en œuvre de la stabilisation aérobie peut se faire de trois façons suivantes :

- dans le bassin d'aération lui-même, dans le cas des procédés d'aération prolongée ou l'âge des boues est élevé (18 à 20 jours).
- dans un bassin spécialement aménagé, avec les boues en excès ou des boues fraîches.

- dans un digesteur aérobie thermophile, ou l'apport important d'oxygène accélère le processus biologique qui permet de transformer les substances organiques de la boue en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) avec dégagement de chaleur. [2]

### III.8.2.2. la digestion anaérobie

La digestion anaérobie est un procédé biologique qui se réalise par fermentation méthanique des boues dans les digesteurs en absence de l'oxygène. Elle permet une dégradation importante des matières organiques, de l'ordre de 40 à 50 %.

On distingue deux phases dans le mécanisme de la digestion anaérobie qui coexistent lorsque le digesteur est alimenté en continue :

- une phase de liquéfaction durant laquelle la dégradation des matières organiques (graisses, glucides, protéines) se fait par des enzymes extra et intracellulaire secrétées par certaines bactéries et converties en molécules plus simple : acides aminés, acides gras volatils (formique, propionique, butyrique.....).
- une phase de gazéification dans laquelle les bactéries anaérobies (méthaniques) consomment les acides volatils et les transforment en gaz méthane (60 à 70 %), en gaz ultimes de la digestion. [2]



Figure 15- Schéma d'un fonctionnement de stabilisation chimique [17]

### III.8.2.3. La stabilisation chimique

La stabilisation se fait par ajout de la chaux à la boue.

- Une stabilisation chimique efficace passe par un mélange intime de la chaux et des boues (Malaxeur).
- Avant déshydratation : La chaux est utilisée sous forme de lait de chaux préparé à partir de la chaux éteinte ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) à une concentration entre 50 et 100 g/l.

- Après déshydratation :  
La chaux est utilisée sous forme de poudre (pulvérulente) à partir de chaux éteinte ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ou chaux vive  $\text{CaO}$ .
- Effets : Les boues, ayant subies une stabilisation chimique, sont assez favorables en déshydratation, mais souvent difficiles à flocculer à cause des pH élevés (plus de 12). En milieu basique la fermentation est bloquée. [53]

### **II.8.2.4. La stabilisation aérobie thermique**

C'est une transformation de la matière organique par oxydation en milieu aérobie avec dégagement de chaleur et production de  $\text{CO}_2$ . [2]

- La stabilisation thermique des boues peut être réalisée par :  
Pasteurisation des boues liquides à une température de  $70^\circ\text{C}$  pendant 30min, cela permet la destruction des germes pathogènes l'exception de quelques espèces sporulées.
- séchage thermique partiel ou poussé, à une température de  $80$  à  $100^\circ\text{C}$  ;
- cuisson dans les autoclaves ( $180$  à  $200^\circ\text{C}$ ) induisant à une destruction totale des germes. [2]

### **III.8.3. Conditionnement**

L'opération des différents équipements de déshydratation nécessite au préalable de procéder à la floculation des boues afin de casser la stabilité colloïdale et pour augmenter artificiellement la taille des particules. Le conditionnement a recours à des procédés de nature physique (thermique principalement), mais plus souvent de nature chimique (ajout de réactifs minéraux ou de polymères de synthèse). [13]

#### **III.8.3.1. Conditionnement chimique**

De nombreux électrolytes minéraux à cation polyvalent pourraient être utilisés cependant, pour des raisons de coût-efficacité, on emploie le plus souvent des sels métalliques, tels que le chlorure ferrique, le chlorosulfate ferrique, le sulfate ferrique, le sulfate ferreux et, à un degré moindre, les sels d'aluminium. Une introduction de chaux, consécutive à celle de l'électrolyte, est toujours d'un grand intérêt pour améliorer la filtrabilité des boues. Un excellent mélange des réactifs minéraux avec les boues doit être obtenu. La floculation des boues s'effectue dans des bacs agités en série, le premier servant pour le sel métallique et le second pour la chaux. Les temps de séjour sont de l'ordre de 5 à 10 minutes. Une période supplémentaire de mûrissement du floc est souvent profitable, mais une agitation

prolongée et trop forte peut, dans certains cas, détériorer la filtrabilité des boues conditionnées.[13]

#### **III.8.3.2. Conditionnement thermique**

L'augmentation de la température des boues conduit à une transformation irréversible de sa structure physique, surtout si elles contiennent une forte proportion de matières organiques et colloïdales. Durant le chauffage, les gels colloïdaux sont éliminés et l'hydrophilie particulaire diminue fortement. La température de chauffage employée pour le conditionnement thermique varie entre 150 et 200 °C et le temps de cuisson entre 30 et 60 minutes, selon le type de boue et la filtrabilité désirée.[13]

Ce mode de traitement est applicable sur toutes les boues après dominance organique et permet l'obtention de performances relativement stables par rapport au conditionnement chimique. De plus, ce traitement permet un épaissement important et rapide des boues après cuisson avec l'obtention de boues décantées à plus de 120 g MES/L et même 200 g MES/L. La structure des boues est améliorée de sorte qu'une filtration sans apport de réactifs est toujours possible. De fait, de très fortes siccités des gâteaux de filtre-presses sont atteintes (> 50 % ST) avec un conditionnement thermique.[13]

#### **III.8.3.3. Conditionnement par congélation**

La solidification totale des boues par congélation, pendant un temps suffisant, permet de réduire très efficacement la quantité d'eau liée à la matière, et par la même de regrouper les particules. Ce regroupement demeure stable après la fonte de la glace, et la filtrabilité des boues est alors nettement améliorée. La congélation s'effectue pendant une durée de 1 à 4 heures, à des températures de l'ordre de -10 à -20 °C. Jusqu'à maintenant, la congélation-décongélation (système fréon-glycolle plus connu) a été appliquée principalement aux boues à prédominance minérale, difficiles à déshydrater. Ce conditionnement coûteux en énergie est souvent associé à une filtration sous vide très performante avec l'obtention d'une siccité de gâteaux supérieure à 30 % ST. [13]

#### **III.8.3.4. Conditionnement par charges**

L'apport de matières sèches, généralement inertes, améliore la cohésion des boues, disperse le milieu colloïdal et, par la même, agit favorablement sur la filtrabilité. L'ajout de substances minérales tels que le carbonate de calcium, le gypse, les cendres volantes et le charbon permet de réduire les doses de réactifs habituellement employés dans les boues à conditionner. L'effet essentiel recherché est l'amélioration de la texture du gâteau, soit pour en faciliter la manutention, soit pour permettre une exploitation optimale des équipements de

déshydratation. La combinaison de boues minérales denses (décarbonatation, lavage de gaz, sulfate de calcium, boues de papeterie, etc.) avec des boues biologiques est également profitable. Les apports de charges, pour être efficaces, sont en général de l'ordre de 20 à 40 % des matières en suspension (MES) initiales des boues [13]

#### **III.8.3.5. Conditionnement par solvants ou huiles**

L'ajout aux boues de solvants ou d'huiles, permet, dans certaines conditions de température, de séparer plus facilement, par voie mécanique, les matières sèches, tout en ayant la possibilité de récupérer une bonne partie du solvant. Toutefois, la faisabilité technico-économique de cette pratique à l'échelle industrielle n'a pas été démontrée. Certains autres produits chimiques tels que le formol, le glyoxal, les amines hydrophobes, peuvent, en principe, améliorer la qualité de déshydratation des boues. Toutefois, le gain en siccité est très variable et les coûts d'utilisation sont onéreux. [13]

#### **III.8.3.6. Conditionnement électro-acoustique-osmose**

Cette technologie constitue davantage une amélioration du conditionnement chimique qu'un procédé de conditionnement en lui-même. Ce procédé combine un processus d'électro-osmose, qui entraîne l'eau en dehors des capillaires vers la surface et un traitement aux ultrasons, qui oriente les particules dans leur position la plus stable, facilitant ainsi le drainage à travers le gâteau de boues. Ce conditionnement peut être combiné à la déshydratation sur filtre-pressé et sur filtre à bandes. Des gains de siccité dépassant 10 % ont été observés en laboratoire par l'utilisation de ce procédé. Toutefois, la mise en application de cette technologie à l'échelle industrielle demeure onéreuse [13].

#### **III.8.4. La déshydratation des boues**

La déshydratation vise à augmenter significativement la siccité en faisant passer la structure des boues de l'état liquide à un état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues plutôt pâteuses avec une siccité de 18 à 25%. Les filtre-pressés produisent des boues de structure solide (30 à 35% de siccité). Ces matériels sont réservés aux installations importantes car plus coûteux et contraignants d'emploi que les filtres à bandes et les centrifugeuses. [66]

Il existe deux types de déshydratation des boues : naturelle et mécanique.

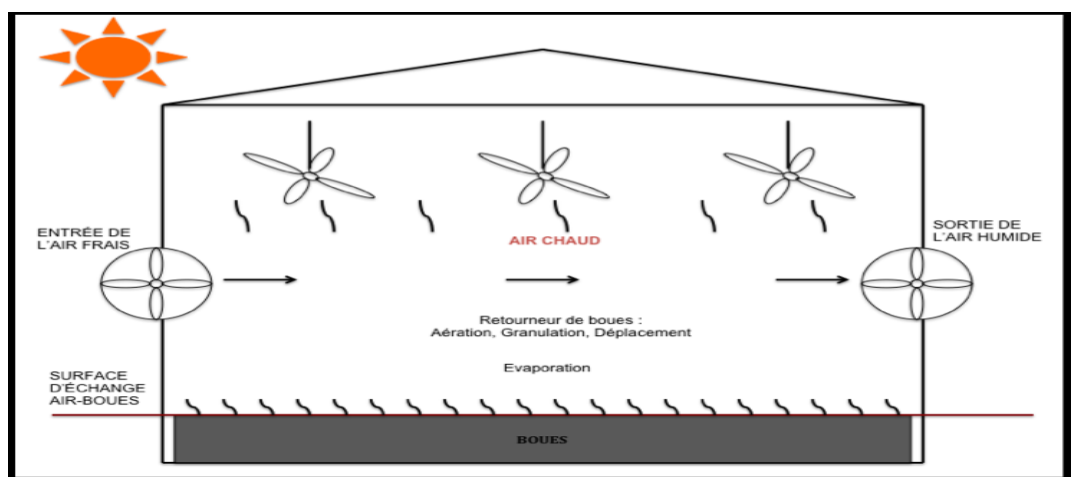
### III.8.4.1. La déshydratation naturelle

C'est une technique de déshydratation naturelle. Le système consiste à sécher les boues à l'air libre sur des lits de séchage drainés. On admet généralement, une surface de 1 m<sup>2</sup>2.5 à 3 Eq hab. C'est un procédé simple mais nécessitant une importance main-d'œuvre et d'une grande surface de terrain. Les lits de séchage comportent un massif drainant constitué de sable. L'épaisseur du massif est voisine de 0.3m. [2]

#### III.8.4.1.1. Séchage solaire

La profondeur de boue lors du remplissage peut varier de 10cm à 50cm selon la nature des boues. Ce lit de séchage se trouve sous serre (Figure 4), ce qui permet de garder la chaleur, d'avoir une température de l'air et des boues plus élevée, mais également d'accélérer le séchage par les rayons du soleil. Afin de diminuer le temps de séjour des boues et d'augmenter la siccité, des ventilateurs sont souvent installés dans les serres. De plus, le dimensionnement du lit doit prendre en compte le climat, le bilan hydrique et la siccité des boues en entrée. [65]

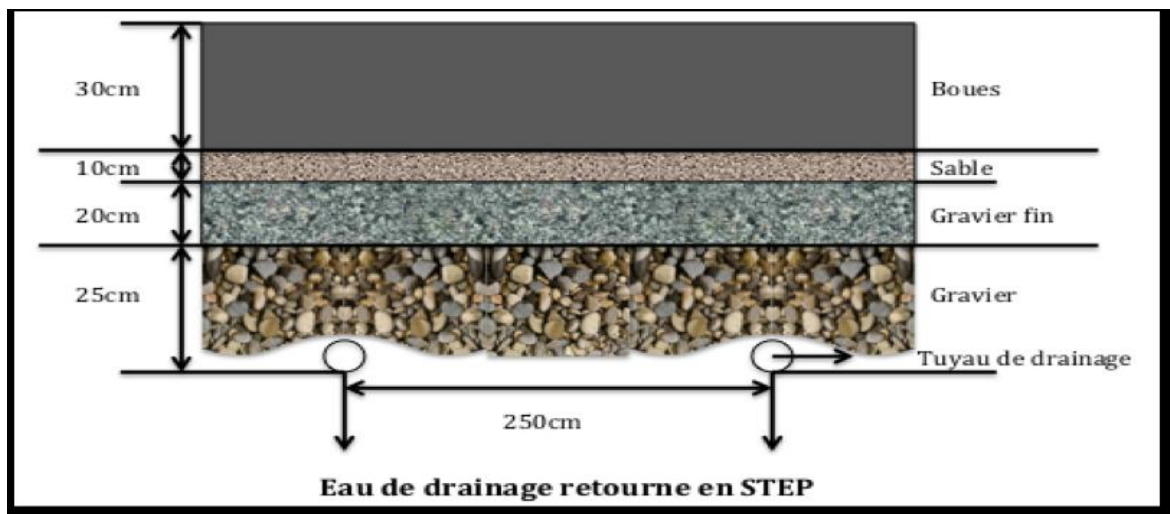
Cette technique est très avantageuse car elle utilise une source d'énergie renouvelable, le soleil. Les boues séchées par cette technique, ayant une siccité élevée entre 60 et 80%, peuvent être acceptées par diverses filières de valorisation énergétique ou d'élimination. De plus, les boues sont hygiénisées par la chaleur. Cependant, cette technique a également des limites : sa performance dépend beaucoup du climat, la production d'odeur n'est pas négligeable et elle demande une surface d'implantation importante. [65]



**Figure 16- Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire. [17]**

#### **III.8.4.1.2.Lit de sable**

Ce procédé est basé sur la simple propriété filtrante des sables. Pour éviter toute contamination des sols, le lieu et les modalités d'épandage des boues sur ces lits font l'objet d'une surveillance rigoureuse. Le procédé consiste à épandre les boues (d'environ 30cm d'épaisseur) sur un lit de sable (étalé sur des couches de granulométrie plus importante comportant un réseau de drainage), pour permettre l'absorption de l'eau interstitielle par le sable. Ensuite intervient une évaporation qui augmente la siccité des boues, jusqu'à 60% dans les conditions les plus favorables.



**Figure 17- Schéma de la composition principale du lit de sable. [17]**

#### **III.8.4.1.3.Lagune de séchage**

Le principe de cette technique est quasiment le même que pour le séchage sur lit de sable en absence de percolation. Par contre, la profondeur de boue est 3 à 4 fois plus importante (0,7-1,4 m) et le temps de séjour est d'environ 1 à 3 ans avant curage. La qualité du sol doit être prise en compte avant installation d'une lagune, afin d'éviter la contamination de la nappe. A savoir que les boues préalablement digérées peuvent améliorer la siccité du produit à la sortie. [65]

#### **III.8.4.1.4.Lit planté des macrophytes**

Les plantes les plus souvent choisies sont les roseaux en raison de leur fort indice foliaire qui favorise l'évapotranspiration et de leur croissance rapide ayant des besoins importants en eau. Ce sont des conditions très avantageuses pour le séchage des boues. Les boues à traiter sont prélevées directement du bassin d'aération et déposées sur le bassin planté de roseaux. Celui-ci est constitué d'une granulométrie croissante de la surface vers le

fond et drainé. Le passage de l'eau interstitielle de la boue activée est assuré par un anneau libre qui est présent en permanence autour de chaque tige de roseau, alors que les MES sont retenues en surface et s'accumulent progressivement.

Le bon fonctionnement du procédé repose donc sur un développement dense des roseaux de manière à ce que l'eau puisse être évacuée en tous points dans les lits. La partie aérienne des roseaux se développe du printemps à l'automne et elle reste en place durant l'hiver. Pendant cette période de froid, les racines conservent leur rôle.

Cependant, ce type de séchage nécessite un pilotage délicat que ce soit pour l'aération des couches épandues ou pour l'alimentation en boues. Il est souvent couplé à un épandage agricole d'une partie des boues déposées sur les lits de plantes. Ce procédé requiert l'utilisation d'un additif qui permet aux boues de préserver un caractère fertilisant et de réduire les odeurs. [65]

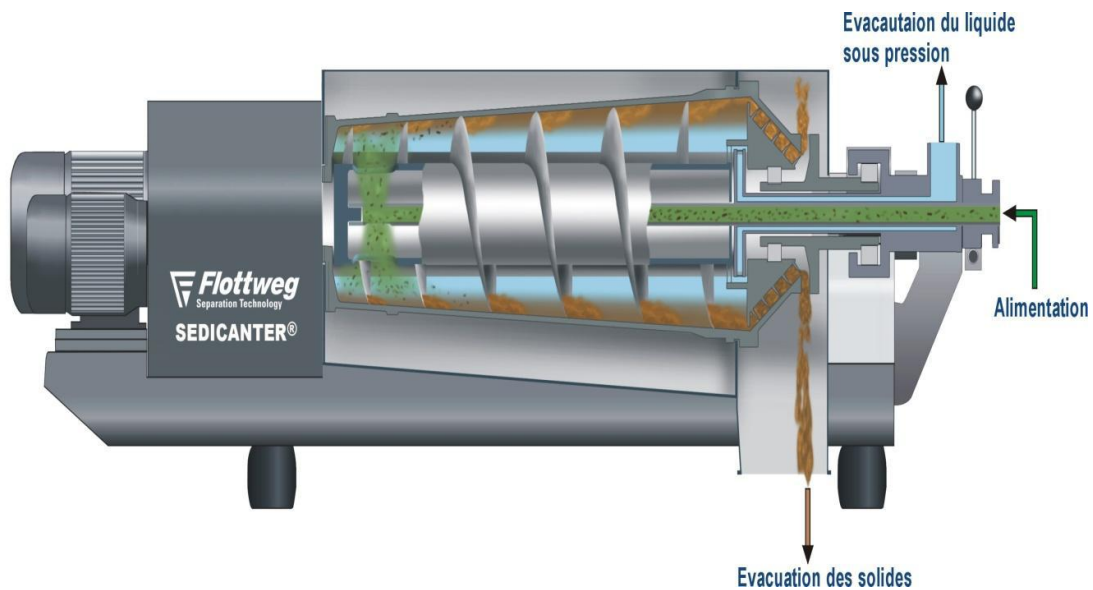
#### **III.8.4.2. la déshydratation mécanique des boues**

##### **III.8.4.2.1. Centrifugation**

La déshydratation des boues est basée sur la technologie de centrifugation. Une décanteuse utilise la force centrifuge pour accélérer la sédimentation des particules solides de la boue à séparer de l'eau. Les boues à déshydrater sont pompées dans le bassin ou la lagune pour être injectées dans la centrifugeuse. Préalablement à leur injection, elles sont mélangées avec un polymère qui améliore l'efficacité de la déshydratation. L'eau (centras) séparée de la fraction solide est évacuée gravitairement en tête de station ou dans une lagune. Les boues, sous forme pâteuse, sont évacuées au moyen de vis de reprise. [65]

La centrifugation est appliquée pour déshydrater et épaissir les boues résiduaires. La centrifugeuse est un tambour ou un bol cylindrique qui tourne sur lui-même pour créer la force de séparation. Lorsque les boues liquides sont introduites à l'intérieur de la centrifugeuse en rotation, les matériaux plus denses sont séparés les premiers et tapissent les cloisons intérieures, puis sont éjectés du système. Les centrifugeuses les plus courantes sont à convoyeur et à bol, à bol perforé et à disques. Dans le cas des boues résiduaires d'assainissement, les appareils employés habituellement sont les centrifugeuses continues à bol cylindro-conique d'axe horizontal, les rendements typiques de déshydratation des boues par centrifugation varient entre 18 et 31 %. [65]





**Figure 18- Schéma de fonctionnement de la décanteuse centrifugeuse. [17]**

➤ **Filtration sous pression**

Cette technique est applicable presque pour toutes les boues issues du traitement d'eau résiduaires. Dans le filtre presse, la boue est pompée entre les plateaux munis d'une toile filtrante appropriée. Le liquide traverse les toiles, tandis que les matières solides s'accumulent dans les chambres formées par les plateaux. Au terme de la filtration, quand les chambres sont remplies et les gâteaux ainsi formés, on atteint une siccité suffisante, les plateaux sont alors séparés pour l'enlèvement des gâteaux. Les filtres - presses opèrent normalement à des pressions qui varient entre 340 et 1600 KN/m<sup>2</sup>, équivalent à 3.4 et 16 bars. [2]

➤ **la filtration sous vide**

C'est un procédé de déshydratation couramment employé dans les stations d'épurations urbaines. C'est une technique très bien maîtrisée et fiable, elle déshydrate une suspension par application du vide à travers un milieu poreux qui retient les matières solides mais permet aux liquides de le traverser. [2]

➤ Les filtres utilisés pour l'essorage des boues municipales sont du type à tambour rotatif et à auge ouverte. Le filtre rotatif à tambour est essentiellement constitué d'un cylindre tournant, partiellement immergé dans un bac contenant les boues à filtrer. Ce cylindre est formé par la juxtaposition de compartiments étanches et recouverts d'une toile unique de filtration. Les compartiments sont placés successivement sous vide ou à l'atmosphère. La filtration des boues s'effectue sous des

vides industriels de 300 à 600 mm Hg. La vitesse de rotation du tambour varie entre 8 et 15 tours par heure. Les toiles filtrantes sont constituées de fibres synthétiques avec une porosité variant entre 30 et 100  $\mu\text{m}$ . Des études portant spécifiquement sur la filtration sous vide ont été réalisées, il y a plusieurs années, par Gales et Baskerville. Pour les filtres presses, on parle de pressée, l'ensemble de ces phases constitue une pressée. [65]

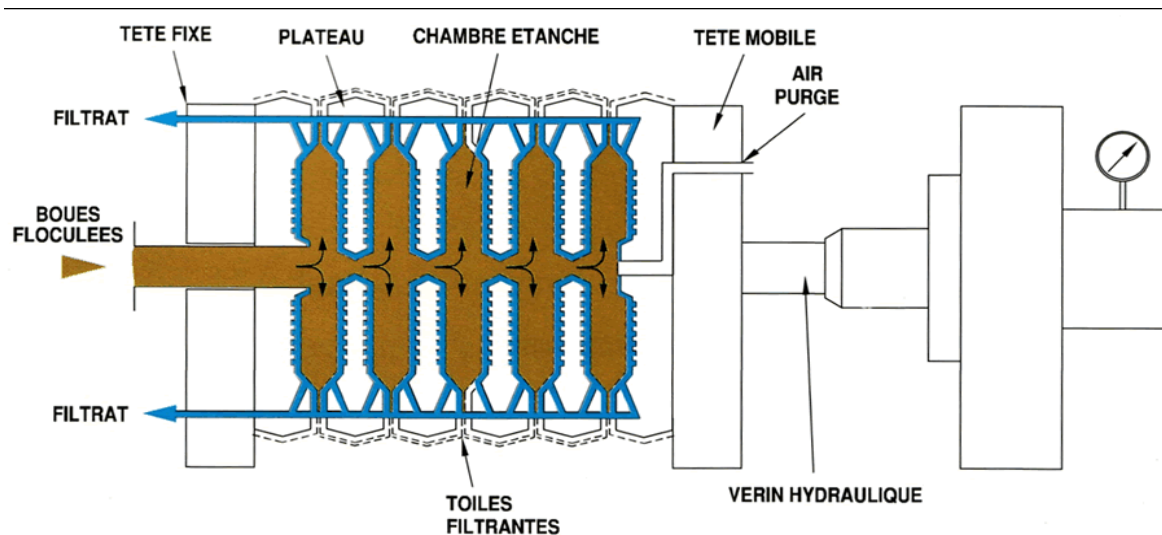


Figure 19- Schéma d'un procédé de déshydratation par Filtre presse. [17]

### III.9. Filières d'élimination des boues résiduaires urbaines

S'il existe de nombreux traitements en amont pour réduire le volume, les nuisances, la nocivité des boues, actuellement 3 filières sont utilisées pour évacuer les boues, selon que l'on privilégie un mode de digestion basé sur l'élimination ou sur le recyclage.

Il s'agit :

- de la mise en décharge contrôlée.
- de l'incinération.
- du retour au sol par épandage.

#### a- La mise en décharge contrôlée

La mise en décharge de boues pures ou en mélange correspond à une concentration maximale de tous les déchets. Le carbone part dans l'atmosphère sous forme de méthane. Restent l'azote et le phosphore (non récupérable). Le lieu de stockage doit être confiné et on ignore quel peut être le devenir à long terme, ni la durée du confinement malgré toutes les précautions.

Les boues doivent être préalablement stabilisées et déshydratées (humidité maximale de 70 %). Cette solution a perdu progressivement de son intérêt et se retrouve actuellement interdite

pour des raisons financières (procédure de fermeture ...) et pour des problèmes environnementaux tels que les odeurs nauséabondes, pullulation de moustiques, entraînement d'éléments fertilisants (nitrates, phosphates) et de produits toxiques par les eaux superficielles et contamination des nappes d'eaux souterraines. [67]

#### **c- L'incinération**

L'incinération conduit non seulement à l'élimination totale de l'eau industrielle, mais également à la combustion des matières organiques des boues. C'est le procédé permettant d'obtenir des résidus dont la masse est la plus faible.

L'incinération n'est pratiquée généralement que sur des boues ayant déjà subi un premier stade de déshydratation le plus poussé possible (par filtration ou centrifugation).

L'incinération des boues d'épuration peut se faire de plusieurs manières :

- dans un four spécifique auto thermique, car elle nécessite le plus souvent un apport d'énergie complémentaire.
- conjointement avec les ordures ménagères (co-incinération). L'incinération de boues déshydratées mécaniquement est possible mais l'on préfère des boues séchées thermiquement (65 à 92% de MS)
- en four cimentier : après séchage à 92% MS, les boues sont généralement introduites avec le combustible par injection dans la tuyère.

Sur le plan technologique, les principaux types de fours utilisés en incinération des boues urbaines sont les fours à soles, à lits fluidisés et plus rarement les fours sécheurs rotatifs et les fours à pulvérisation. [67]

#### **d- Valorisation agronomique**

L'utilisation agricole est la solution la plus satisfaisante sur le plan de l'environnement, et la plus économique. Cependant pour une utilisation optimale ou pérenne, le produit doit être attrayante, le plus homogène possible.

Les boues sont épandues dans les champs, directement sous forme liquide ou pâteuse (après déshydratation), puis enfouies. Cette pratique est la plus commune et doit être sauvegardée surtout pour toutes les petites collectivités locales. [22]



**Figure 20-** Exemple de matériel d'épandage de boues solides.

### **III.10.Conclusion**

Les boues biologiques sont un sous-produit inévitable du traitement des eaux usées. Elles sont la conséquence d'un transfert partiel de polluants initialement sous forme dissoute ou particulaire organique et minérale. La gestion de ces boues est délicate car associée à des exutoires souvent critiqués pour des raisons différentes (épandage, décharge et incinération).  
[18]

*Partie*

*Pratique*

# *Chapitre I*

## ***Chapitre I : Présentation de la station de Souk-El-Tenine***

### **I-1. Introduction**

Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, sur l'émissaire principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel.

Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux.

Dans ce chapitre nous allons présenter la localisation ainsi que les données de base des deux stations de traitement des eaux usées de Souk-El-Tenine et de Sidi-Ali-lebhar (Béjaia), et nous détaillerons les procédés de traitement appliqués à la station de Souk-El-Tenine.

### **I-2. Données climatiques et hydrogéologiques sur la ville de Béjaia**

Le climat de notre région d'étude n'échappe pas au type méditerranéen, qui est caractérisé par des précipitations surtout dans la saison froide (hiver), et une sécheresse estivale longue, les précipitations sont variables, plus importante en zones littorales (1500 mm), la zone tellienne 400 à 800 mm, les hauts plateaux reçoivent 150 à 400 mm et la zone saharienne moins de 150 mm. Les massifs montagneux sont plus arrosés, même au sud entre 400 et 800 mm. Vue son extension en latitude, le territoire algérien présente une variété de zones climatiques, où les pluies sont généralement insuffisantes, irrégulières et inégalement réparties à la fois dans le temps et dans l'espace. On y retrouve tous les bioclimats méditerranéens depuis l'humide au Nord jusqu'au Saharien au Sud.

### **I-3. Présentation de la STEP de Souk-El-Tenine**

La Station d'Épuration de Souk-El-Tenine traite les eaux usées provenant du chef-lieu de Souk El Tenine et quelques villages limitrophes ainsi que la commune de Melbou.

Les eaux brutes de la ville de Souk-El-Tenine sont issues d'un réseau de type unitaire et le dimensionnement de la capacité maximale hydraulique se base sur le débit de pointe du temps sec.

La construction et la mise en place des équipements électromécaniques de cette station, devaient se faire en deux phases permettant de traiter la pollution résultante d'une population équivalente de 47 580 en (2020) et 62 500 en 2030. Les données pour l'an 2030 servent

comme base de dimensionnement du prétraitement, et celles pour l'an 2020 servent comme base de dimensionnement du traitement secondaire.



**Figure I-1. Maquette de la STEP de Souk-El-Tenine.**

### **I-3-1. Situation géographique de La station**

La station d'épuration des eaux usées domestiques de la commune de Souk-El-Tenine est située à 35Km coté Est de Béjaia, implantée dans une zone plus basse de la ville et à un niveau zéro d'altitude par rapport à la mer, à fin de faciliter l'acheminement des eaux usées gravitaires vers la station et leur évacuation une fois traitées vers la mer.

### **I-3-2. Historique de la Station**

La station d'épuration des eaux usées de la commune de Souk-El-Tenine a été réalisée dans le cadre de la modernisation et de la protection de l'environnement, cette station était le fruit de partenariat entre deux entreprises étrangères à savoir; BONA TUNISIE et VATEC WABAG GMBH qui traitent successivement les parties génie civile et équipement.

La réalisation de cette station a nécessité six(06) années (de 2006 à 2011) et sa mise en service date de 2012 à fin 2013 par l'entreprise WABAG VATEC, le suivie des travaux a été assuré par la direction de l'hydraulique, en ce qui concerne la gestion de la STEP c'est l'Office National de l'Assainissement qui est chargé de cette tâche.



## I-4. Les caractéristiques de la STEP

### I-4-1. L'Organigramme de la hiérarchie du personnel

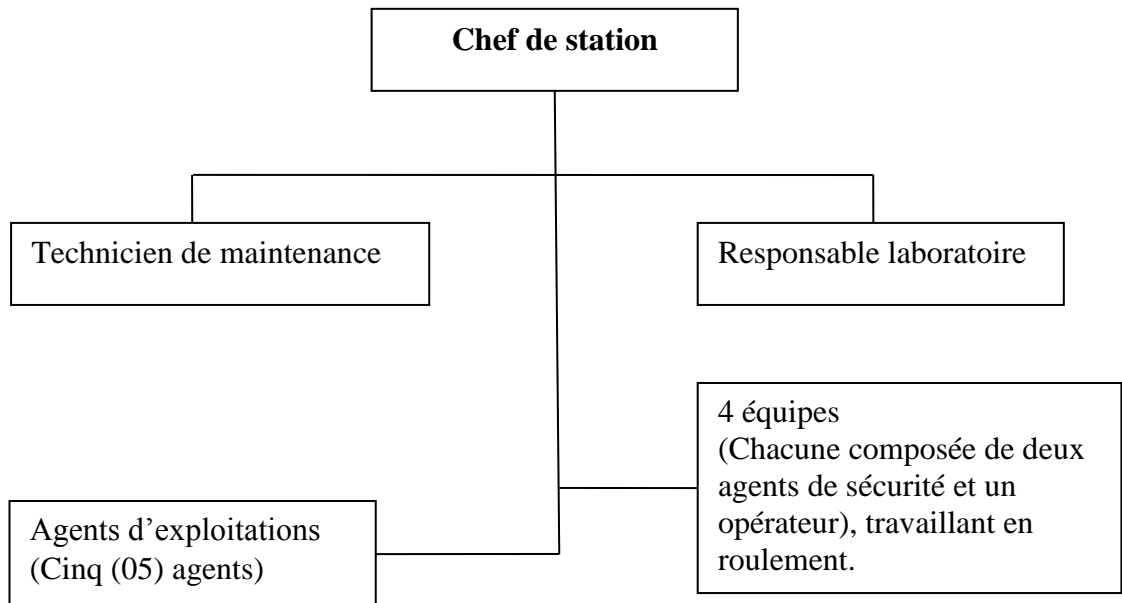


Figure I-2. Schéma l'organigramme de la hiérarchie du personnel STEP de Souk-El-Tenine.

### I-4-2. Données générales

- La superficie de la STEP : deux (02) hectares.
- Nature des eaux brutes : Domestiques, urbaines.
- Capacité équivalant habitant : 47 580 Eq/hab.
- L'activité de la station d'épuration des eaux usées de Souk-El-Tenine se caractérise par l'enregistrement et l'obtention des résultats suivants;

#### a. Entrée station (Effluent d'entrée)

- Un débit moyen de **2052 m<sup>3</sup>/j** à l'entrée, ce qui représente environ **36 %** du débit contractuel qui est de **5710 m<sup>3</sup>/j**.
- Une DBO<sub>5</sub> moyenne de **170 mg/l**, soit une charge massique **349 kg/j**.
- Une DCO moyenne de **463 mg/l**, soit une charge massique de **950 kg/j**.
- Une MES moyenne de **288 mg/l**, soit une charge massique de **591 kg/j**

#### b. Sortie station (eau épurée)

- Une DBO<sub>5</sub> moyenne de **3 mg/l**, soit une charge massique **6 kg/j**.
- Une DCO moyenne de **25 mg/l**, soit une charge massique de **51 kg/j**.
- Une MES moyenne de **6 mg/l**, soit une charge massique de **12 kg/j**.

- Une concentration moyenne de **1,37 mg/l** en Boues activée
- Une concentration moyenne en azote total de **11,8 mg/l**

**c. Rendement de la station**

En termes de performances, les rendements suivants sont généralement atteints :

- **98 % en DBO<sub>5</sub>.**
- **97 % en MES.**
- **96 % en DCO.**

#### **I-4-3. Situation de l'assainissement**

L'assainissement est une technique qui consiste à évacuer les eaux usées par voie hydraulique satisfaisante et rapide sans stagnation et sans souiller l'environnement. Le réseau d'assainissement est de type unitaire.

#### **I-4-4. Taux de raccordement au réseau**

La commune De Souk-El-Tenine approuve le raccordement aux réseaux d'assainissement des deux communes : Souk-El-Tenine et Melbou, dont le pourcentage de la population branché au réseau d'égout public d'après les informations acquises de la subdivision de l'hydraulique est de 60%, ce qui fait que la station d'épuration des eaux usées reçoit toutes ces eaux raccordées au réseau.

#### **I-5. Présentation de STEP de Sidi-Ali-Lebhar**

La station d'épuration des eaux usées de Sidi Ali Lebher (Bejaia) est entrée en service industriel le 30 janvier 2013. Elle est d'une capacité de traitement de trois mille (3000 m<sup>3</sup>) (mètres cube) / (jour), équivalent de 2500 habitants, et a été réalisée par le Tandem-entreprises Groupement hydrotraitement Algérie et COMSA (Espagne). Les travaux de réalisation avaient débuté le 09 août 2008 avec l'objectif de protéger le plan d'eau marin. Une station qui aura coûté « en tout et pour tout » (Etude et réalisation) 672 millions de DA. Son fonctionnement est assuré par une quinzaine d'employés et est censée recueillir toutes les eaux usées urbaines.

Le procédé de traitement mis en place est le traitement par boues activées.

La STEP dispose d'un matériel de dernière génération ainsi que de procédés conformes aux normes européennes. Elle possède aussi un laboratoire d'analyse physico-chimique et biologique afin d'accomplir un suivi journalier de la station.

**I-6. Processus du fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine**

La station d'épuration fonctionne à une faible charge massique suivant le processus d'une aération prolongée qui est un procédé à boues activées. Un réacteur biologique aérobie, provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bio flocons. Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau usée - bio flocons constitue la liqueur mixte maintenue dans un régime turbulent par un système d'aération (turbine), l'oxygène dissous introduit dans la masse de la liqueur mixte permet la respiration et le développement des micro-organismes aérobies. Après un temps de contact suffisamment long, le mélange est envoyé dans un clarificateur mécanisé appelé aussi décanteur secondaire. Durant cette phase, une séparation solide/liquide s'effectue par gravité, par un mécanisme de raclage, la plus grande partie des boues décantées est recyclée à l'entrée du réacteur biologique. Le maintien d'une concentration adéquate dans le bassin d'aération permet d'optimiser l'apport d'oxygène, qui va provoquer la diminution et l'élimination de la pollution.

Une quantité de boue décantée appelée boue en excès subira une extraction et un épauississement puis déshydratation sur filtres à bande.

Suite à ce processus de fonctionnement de la station d'épuration, il est si important de mettre en évidence des données de normes afin de bien pouvoir maintenir le bon fonctionnement et la fiabilité du traitement des eaux usées et cela tout en se référant à ces données de base cités ci-dessous :

**I-6-1. Données de base [74]**

Matières en suspension MES = 30 mg/l

Matières sédimentables MES = 0,5 cm<sup>3</sup>/l

Demande biochimique d'oxygène (en moyenne journalière) DBO<sub>5</sub> = 20 mg/l

Demande biochimique d'oxygène (en moyenne sur 2 heures) DBO<sub>5</sub> = 30 mg/l

Demande chimique d'oxygène DCO = 120 mg/l

Azote (ammonium) NH<sub>4</sub>-N = 3 - 5 mg/l

Azote (nitrates) NO<sub>3</sub>-N = 8 - 10 mg/l

Huiles et graisses végétales 20 mg/l

Coliformes totaux < 20 000 par 100 ml

Coliformes fécaux < 12 000 par 100 ml

Streptocoques fécaux < 2 000 par 100 ml

Les valeurs exigées en termes de concentration en coliformes fécaux et streptocoques conduisent à prévoir une étape de désinfection des eaux usées traitées en aval de la décantation secondaire. La charge massique et l'âge des boues ont été conformément bien maintenus.

## **I-7. Mécanismes de traitements de la station**

La station d'épuration de Souk-El-Tenine est organisée selon les opérations suivantes :

### **I-7-1. Prétraitement**

Le prétraitement est une étape fondamentale qui permet la séparation des matières grossières et autres éléments susceptibles d'altérer le bon fonctionnement des équipements, parmi les prétraitements on distingue :

#### **I-7-1-1. Dégrillage**

Le canal de dégrillage fin se compose de deux grilles en inox : une grille mécanisée et une grille manuelle. Les grilles ont un espacement entre barreaux de 20 mm. La grille automatique ramasse les déchets grossiers à l'aide d'une chaîne mécanique réglée depuis un automate de contrôle. La grille manuelle est contrôlée par les agents d'exploitations qui ont pour mission de racler les déchets retenus par cette dernière à l'aide d'un râteau. Ce système de dégrillage est complété par une grille by pass qui intervient en cas d'une activité importante d'eau, comme les périodes de forte pluies.



**Figure I-3. Grille manuelle STEP SET.**



**Figure I-4. grille mécanisée STEP SET.**

**I-7-1-2. Déshuilage et dessablage**

Constitué de pont mécanique, qui consiste à séparer les reçues de dérailleur de sable et des huiles, tout en utilisant deux conduites d'aspiration, la tête d'aspiration de la première conduite est située presque à la surface afin d'aspirer les huiles, tandis que la deuxième tête placée au fond pour aspirer le sable. Les huiles et le sable recueillis, seront évacués vers un séparateur pour enfin, séparer le sable de l'eau, qui sera relevé par une vis du classificateur, et évacué dans une benne agricole.



**Figure I-5. Pont dessablage-déshuilage STEP SET.**

**I-7-2. Bassin biologique**

Appelé aussi bassin d'aération, il constitue le cœur même du procédé, dans lequel s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine du phénomène aboutissant à l'épuration. Le bassin biologique est commandé depuis la salle de contrôle qui travaille en deux modes différents :

- Mode automatique : les aérateurs sont allumés automatiquement une fois le taux d'oxygène indiqué est inférieur à la norme qui représente le nutriment de la bactérie pour assurer une meilleure dégradation de la matière organique.
- Mode manuel est utilisé en cas de dysfonctionnement de l'un des différents appareillages (oxymètre, armoire de commande, agitateur, ...etc).

**Figure I-6. Oxymètre STEP SET****Figure I-7. Bassin biologique STEP SET**

### **I-7-3. Décanteurs secondaires**

La clarification des effluents est une étape essentielle dans le procédé biologique d'épuration. L'efficacité de la séparation de la liqueur mixte, en boues concentrées et en eau traitée, a une influence directe sur les conditions de fonctionnement du système et sur le rendement d'épuration. Le rôle de la décantation secondaire est donc d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée et de permettre par ailleurs un premier épaissement des boues biologiques décantées. Deux décanteurs secondaires de forme cylindro-conique sont installés. Chacun équipé d'un racleur de surface pour les matières flottantes et d'un racleur de fond pour les boues.

**Figure I-8. Décanteur secondaire STEP SET.**

### **I-7-4. Epaisseur**

Les boues en excès sont introduites par pompage et par l'intermédiaire d'une tuyauterie au centre de l'épaisseur. Les boues s'épaississent par l'action de la pesanteur et

du mécanisme racleur équipé des herse facilitant le dégagement de l'eau en créant des "chemins" dans la masse de boues. L'eau ainsi séparée passe en surverse dans une goulotte périphérique et retourne en tête de station pour y être réincorporée aux eaux brutes. Les boues épaissies sont raclées par des racles de fond munis de bavettes en caoutchouc avec réglage par boutonnières, vers une poche à boues au centre du radier de l'ouvrage. Les boues épaissies sont envoyées vers l'installation de déshydratation mécanique en vue de leur déshydratation.



**Figure I-9. Epaisseur STEP SET.**

#### **I-7-5. Déshydratation mécanique des boues**

La déshydratation des boues est un procédé mécanique plus que biologique, dont le but est de porter la siccité des boues à une valeur telle que leur transport soit facilité par réduction de volume. qui pourra ainsi être aisément utilisable en agriculture comme excellent amendement des sols dans le cas d'élimination des métaux lourds, ou être versé en décharge publique. Cette siccité sera comprise entre 18 et 22%. L'ensemble de l'installation de déshydratation mécanisée est centralisé dans un seul local. Les boues épaissies sont donc pompées vers un filtre à bande au moyen d'une pompe à rotor hélicoïdal à vitesse variable.

Le conditionnement des boues en vue de leur filtration consiste en une adjonction d'un polymère cationique. Ce produit engendre la floculation de la boue permettant ainsi une séparation boue/eau dans le filtre. Ce produit est préparé dans une cuve à trois compartiments qui préparent la solution en continu.



Figure I-10. Déshydratation STEP SET.

#### I-7-6. Devenir des boues

La boue est quotidiennement produite du fait du traitement régulier sans interruption des effluents liquides, sauf au cas échéant de dysfonctionnement des équipements. La boue est stockée aléatoirement ou entassée dans des endroits à la périphérie de la STEP.

Par manque d'information fournies sur la composition chimique et biologique de ces boues, aucune valorisation n'est envisagée actuellement.

#### I-8. Réseau d'eau de service

- Deux groupes hydrophore de 17 m<sup>3</sup>/h, y compris son coffret autonome, pour l'alimentation en eau de service, le nettoyage, l'arrosage dans la station.
- Les 4 points de distribution d'eau de service distribués dans l'ensemble de la station, constitué d'une tuyauterie coudée et d'une vanne avec raccord rapide.

#### I-9. Laboratoire d'Analyses

Le laboratoire est la partie la plus indispensable dans la station d'épuration, puisqu'il consiste à contrôler et à surveiller les eaux brutes et épurées, tout en se référant aux résultats quotidiens des analyses effectués, et cela afin de vérifier la fiabilité du traitement des eaux avant leur évacuation dans l'environnement.

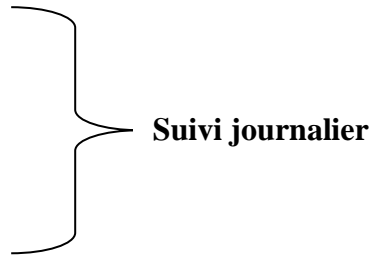
##### I-9.1. Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP

La station de traitement des eaux usées (STEP) de Souk El Tenine effectue des analyses journalières et d'autres hebdomadaires, qui sont données comme suit :



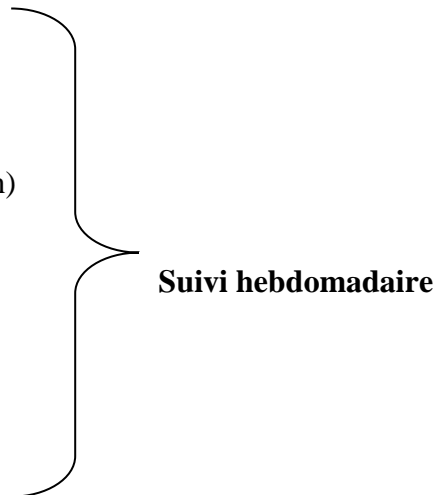
**I-9.1.1. Paramètres physico chimique**

- 1. température,
- 2. pH
- 3. conductivité
- 4. Oxygène dissous



**I-9.1.2. Paramètres de pollution :**

- 4. V30
- 5. DBO5 en mg/l
- 6. DCO en mg/l
- 7. MES (matières en suspension)
- 8. Azote ammoniacal
- 9. Azote total
- 10. Azote nitrique (nitrates)
- 11. Azote nitreux (nitrites)
- 12. Phosphate Totale



**I-10. Conclusion**

En conclusion, on peut dire que les deux stations dont dispose de Souk-El-Tenine et de Sidi-Ali-Lebhar utilisent les dernières technologies en matière d'innovation pour le traitement des eaux usées urbaines. Ces deux STEP fonctionnent sur le même principe de base à savoir le traitement par le procédé biologique à boue activée et donnent approximativement les mêmes rendement de traitement.

# *Chapitre II*

## **Chapitre II : Matériels et méthodes**

### **II.1. Introduction**

L'instrument de mesure de la pollution est généralement la concentration en contaminant dans les effluents liquide ou solide, les concentrations sont mesurées par analyse physico-chimique, mais il est important de savoir qu'il y a différentes manières d'analyser les effluents, ces méthodes donnent des résultats divergents, elles sont toutes valables à la condition d'être choisies à bon escient et interprétées en connaissance de cause.

Dans ce chapitre est structuré en deux parties qui comprendront les modalités analytiques effectuées dans la STEP. Dans la première partie on expliquera les protocoles et les modes opératoires de mesure des paramètres de pollution pour les effluents liquides et boues liquéfiés avant et après traitement, et on définira aussi les équipements de laboratoire utilisés au cours des expérimentations.

La deuxième partie est consacrée pour décrire les méthodes d'identification des paramètres liés aux boues sèches, ainsi que la quantification de certains paramètres par l'intermédiaire de méthodes spectrométriques à savoir la SAA, IR, UV, DRX.

### **II.2. Partie effluents liquide et boue**

#### **II.2.1. Prélèvement des échantillons**

En raison de la diversité et de la nature des eaux résiduaires, il n'existe pas de technique de prélèvement satisfaisante en toutes circonstances. Il est essentiel d'obtenir des prélèvements représentatifs du rejet et du milieu récepteur. En fonction du but à atteindre, en ce qui concerne nos besoins en échantillons, nous avons effectué des campagnes d'échantillonnages dans deux stations d'épuration des eaux usées urbaines.

Les prélèvements des effluents liquides ont été effectués à l'entrée pour les eaux brutes et à la sortie pour les eaux épurées, ainsi que dans le bassin biologique et le compartiment de recirculation des boues, et cela pour l'estimation du degré de pollution et le rendement de purification des STEP de Sidi-Ali-Lebhar et de Souk-El-Tenine.

En effet dans la station de Souk-El-Tenine l'échantillonnage des effluents liquides a été effectué automatiquement et en continu à l'aide d'un dispositif automatique d'extraction, et manuellement à l'aide d'un bidon accroché à une perche pour les boues liquides, ainsi on a fait 06 prélèvements en utilisant des flacons en polyéthylène.

Par contre dans la STEP de Sidi-Ali-Lebhar le prélèvement a été réalisé manuellement et instantanément à l'aide d'un bidon accroché à une corde épaisse et d'un récipient en plastique en polyéthylène pour les deux effluents. On a fait 10 prélèvements complets.

Par la suite Les échantillons ont été soigneusement étiquetés et conservés dans une glacière à 4°C et ont été transportés jusqu'au laboratoire dans un laps de temps ne dépassant pas 24 heures pour pouvoir entamer les différentes analyses appliquées à l'effluent liquide et boue.

### **II.2.2. Protocoles expérimentaux**

#### **II.2.2.1. Paramètres physico-chimiques**

Des méthodes de mesure directes ont été employées, moyennant des instruments appropriés, parmi les paramètres physico-chimiques mesurés on trouve : Le pH, la température, la conductivité, le taux d'oxygène dissous.

Les équipements de mesure utilisés sont de type portatif à savoir : pH Mètre, Conductimètre, Oxymétrie.



**Figure II-1. Equipements portatifs de mesure de paramètres physico-chimiques.**

#### **Mode opératoire**

- On Rince l'électrode de l'instrument avec de l'eau distillée
- On plonge l'électrode dans l'eau à analyser
- On effectue la lecture après stabilisation.

#### **II.2.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La mesure de la DCO s'appuie sur la détermination photométrique de la diminution de concentration en chromates après une oxydation à l'aide de dichromate de potassium, de l'acide sulfurique et de sulfate d'argent.

**Mode opératoire**

On ouvre une cuve ronde, on l'a tien inclinée et on ajoute lentement, sans mélanger 0,2ml de l'échantillon à analyser, prélevé préalablement avec une pipette à embout. On ferme la cuve à fond, on l'insert dans le récipient de sécurité et on secoue. On la place ensuite dans le bloc chauffant, et on enclenche le chauffage.

Après 2h, on fait sortir la cuve du bloc chauffant, 10min plus tard (la cuve est encore chaude), on la secoue et on laisse refroidir à température ambiante. Puis on nettoie la cuve à l'extérieur et on mesure l'absorbance avec un photomètre de type NANOCOLOR® et PF-10.



**Figure II-2. Réacteur DCO.**



**Figure II-3. Photomètre de photomètre de type NANOCOLOR® et PF-10**

Les tableaux II-1 et II-2 résume les conditions opératoires pour des échantillons à faible et forte concentrations en DCO.

Tableau II-1. Caractéristiques de mesure de la DCO 160.

Domaine de mesure	15-160 mg/L DCO
Facteur	0220
Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)	436nm
Temps de réaction	2h
Température de réaction	148°C
DCO rapide	30 min à 160 °C
Contenu du jeu de réactifs	20 cuves DCO 160

Tableau II-2. Caractéristiques de mesure de la DCO 1500.

<b>Domaine de mesure</b>	<b>100-1500mg/L DCO</b>
<b>Facteur</b>	1740
<b>Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)</b>	620nm
<b>Temps de réaction</b>	2h
<b>Température de réaction</b>	148°C
<b>DCO rapide</b>	30 min à 160 °C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	20 cuves DCO 1500 1 cuve ronde avec le blanc « Null »

### II.2.2.3. Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5)

La détermination de la demande en oxygène DBO<sub>5</sub> sur 5 jours se fait par une méthode instrumentale à savoir OxiTop® IS12.

#### Matériel nécessaire

- incubateur thermostatique (température 20°C).
- agitateur magnétique.
- flacons porte échantillons en verre teinté munis de godets en caoutchouc.
- barreaux magnétiques.
- pastilles de soude.
- ATU (incubateur de nitrification)



Figure II-4. Dispositif de mesure de la DBO<sub>5</sub>.

### Choix du volume de l'échantillon

La valeur de la DBO<sub>5</sub> est approximativement estimée à 80% de la DCO mesurée, on choisi le volume de la prise d'essai selon les intervalles de mesure de la DBO<sub>5</sub> dans le tableau suivant, à la fin on multiplie le résultat obtenu par le facteur correspondant :

Tableau II-3. Intervalles de mesure de la DBO<sub>5</sub>.

Volume de la prise d'essai	Intervalle de mesure (mg/l)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100

### Mode opératoire

On rince le flacon porte échantillon avec l'échantillon à analyser. On verse la quantité nécessaire qui a été prise en considération en respectant les intervalles indiqués dan le tableau ci-dessus. On met le barreau magnétique dans le flacon. On ajoute la quantité nécessaire en ATU (inhibiteur de nitrification) selon le volume de l'échantillon sélectionné. Puis on met le godet en caoutchouc en place, et on dépose deux pastilles de soude dans le godet en caoutchouc. On Visse l'OxiTop® directement sur le flacon. Après cela on met le flacon dans l'incubateur réglé à une température de 20° C et on laisse pendant 05 jours. La valeur de la

DBO<sub>5</sub> (en mg/l) est la valeur lue directement sur l'écran digital de l'OxiTop® multipliée par le facteur donné dans le tableau ci-dessus, selon la relation :

$$\text{Valeur lue} \times \text{Facteur} = \text{DBO}_5 \text{ en mg/l}$$

#### II.2.2.4. Matière en suspension

Quelle que soit la méthode utilisée pour déterminer la matière en suspension : norme NF-EN 872 (Méthode par filtration sur filtre en fibre de verre), ou NF T 90 105-2 (Méthode selon la norme séparation des matières en suspension par centrifugation), il est nécessaire pour obtenir une reproductibilité satisfaisante de respecter des conditions opératoires. D'une façon générale, les matières grossières en suspension doivent être probablement éliminées par passage sur un tamis à mailles carrées de 5mm de coté.

#### Appareillage

- Matériels courant du laboratoire.
- Equipement de filtration sous vide.
- Disque filtrant en fibre de verre ou autres papiers filtres MES à 0,45 µm.
- Etuve 105°C.
- Balance de précision du laboratoire ± 0.1mg/l.
- un dessiccateur.



Figure II-5. Equipement de filtration sous vide.



Figure II-6. Dessiccateur.

#### Mode opératoire

On sèche les papiers filtres dans une étuve à 105± 2°C jusqu'à une masse constante, on laisse refroidir dans un dessiccateur et on pèse à 0,1 mg près. On place le filtre dans l'équipement de filtration et on met en marche le dispositif d'aspiration. On verse



progressivement l'échantillon sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé. Le volume vidé doit être d'au moins 100 ml et permettant d'obtenir au moins une masse de 1mg par cm<sup>2</sup> de surface filtrante. Toutefois dans le cas où celle-ci peut ne pas être satisfaite, le volume de l'échantillon doit être augmenté à au moins 500 ml. Puis on rince le récipient ayant contenu l'échantillon avec 10 ml environ d'eau distillée et faire passer les eaux de lavage sur le filtre. On laisse essorer et sécher le filtre à 105°C, puis refroidir. On recommence les opérations de séchage, de refroidissement et de pesées jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0,1 ou 0,5mg.

**Expression des résultats.**

$$\text{Le taux de matière en suspension mg/l} = (M_1 - M_0) * 1000 / V$$

V : le volume en millilitres d'échantillon mis en jeu.

M<sub>0</sub> : la masse en mg du disque filtrant avant utilisation.

M<sub>1</sub> : la masse en mg du disque filtrant après utilisation.

**II.2.2.5. Matière Sèche et MVS****a. Mesure la matière sèche à 105°C ±5°C**

La norme (NF T 90- 029 Aout 2002) donne la méthode et la détermination du résidu sec.

▪ **Appareillage**

- Balance de précision à 0,1mg/l
- Etuve à température réglable à 150°C et 180°C±5°C.
- Dessiccateur.



**Figure II-7. Etuve.**



**Figure II-8. Balance de précision.**

▪ **Mode opératoire**

On prend des capsules en porcelaine on les nettoie à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué ou à l'acide nitrique dilué tiède puis à l'eau distillée, les sécher par passage à l'étuve à 180°C. On laisse refroidir la capsule presque jusqu'à la température ambiante puis la placer dans un dessiccateur pendant environ 15 mn et la peser, soit  $M_0$  la masse de la capsule à vide.

Ensuite on introduit notre échantillon de boue dans la capsule soit la masse  $M_1$ , puis on le met dans l'étuve afin de faire évaporer progressivement la prise d'essai introduite dans la capsule. On place la capsule dans l'étuve réglée à la température souhaitée ( $105^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ ) pendant 4h.

On laisse refroidir la capsule et son contenu jusqu'à la température ambiante puis on la place dans un dessiccateur pendant 15 mn environ et peser, soit  $M_2$  la masse de la capsule après chauffage à  $105^\circ\text{C}$ .

La matière sèche représente la différence entre la masse de  $M_1$  et  $M_2$ .

$$\text{MS} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} * 100$$

$M_0$  : masse en g de la capsule vide.

$M_1$  : masse en g de la prise d'essais plus la masse de la capsule.

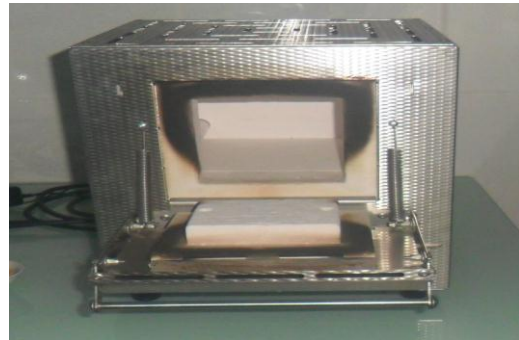
$M_2$  : masse en g après évaporation à 105 °C pendant 4h (matières sèches).

**b. Mesure de la matière volatile sèche (MVS)**

La MVS représente la partie organique non dissoute d'un échantillon, sa mesure est donnée comme suit :

▪ **Appareillages**

- Balance de précision à 0,1mg/l.
- Four à moufle.
- Dessiccateur.



**Figure II-9. Four à moufle**

▪ **Mode opératoire**

On procède par calcination du résidu (MES) dans un four à moufle à 525°C pendant 2h cette procédure conduit à la volatilisation des matières organiques et on obtient la masse  $M_3$ .

La différence de masse entre la matière sèche et le résidu calciné correspond aux MVS.

$$\text{MVS} = M_2 - M_3$$

$M_2$  : masse en g après évaporation à 105 °C pendant 4h (matières sèches).

$M_3$  : masse du résidu calciné.

**II.2.2.6. Le V30**

Le V30 représente une mesure de la qualité de sédimentation ou décantation de la boue biologique. Pour estimer le V30, on mélange bien l'échantillon prélevé au niveau du bassin biologique, puis on remplit le Conne Imhof de 1000 ml (voir figure ci-dessous). Puis on laisse décanter pendant 30 min ; et on enregistre le volume de boue décanté dans la Conne Imhof (ml/l).



**Figure II-10. Conne pour la mesure du V30**

### **II.2.2.7. Phosphates total**

La mesure des phosphates totales 5 et phosphates totales 15 se fait par la détermination photométrique en tant que bleu de molybdène après hydrolyse acide et oxydation à 100-120 °C, par contre pour les phosphates 50 par détermination photométrique du complexe jaune d'acide phosphorique-molybdate-vanadate après hydrolyse acide et oxydation à 100-120 °C. Les tableaux II-4, II-5 et II-6 résument les caractéristiques de mesure des phosphates totales.

Tableau II-4. Caractéristiques de mesure de Phosphates total 5.

<b>Domaine de mesure</b>	<b>0.20-5.00mg/l P(PO<sub>4</sub>-P)</b>
<b>Facteur</b>	08.23
<b>Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)</b>	690nm
<b>Minéralisation</b>	30 min à 120 °C / 60 min à 100°C
<b>Temps de réaction</b>	10min (600 s) à 20-25°C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	20 cuves rondes phosphate total 5 1tube avec NANOFIX phosphate total 5 R <sub>2</sub> 1tube avec NANOFIX phosphate total 5 R <sub>3</sub> 1cuve ronde avec 5ml phosphate total 5 R <sub>4</sub>
<b>Prise d'échantillon</b>	1.0 ml
<b>Quantité de NANOFIX Phosphate total 5 R2 à ajouter</b>	1 NANOFIX
<b>Quantité de NANOFIX Phosphate total 5 R3 à ajouter</b>	1 NANOFIX
<b>Quantité de NANOFIX Phosphate total 5 R4 à ajouter</b>	0.2 ml

Tableau II-5. Caractéristiques de mesure de Phosphate total 15.

<b>Domaine de mesure</b>	<b>0.30-15.00mg/l P(Po<sub>4</sub>-P)</b>
<b>Facteur</b>	15.01
<b>Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)</b>	690nm
<b>Minéralisation</b>	30 min à 120 °C / 60 min à 100°C
<b>Temps de réaction</b>	10min (600 s) à 20-25°C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	20 cuves rondes phosphatent total 15 1tube avec NANOFIX phosphate total 15 R <sub>2</sub> 1tube avec NANOFIX phosphate total 15 R <sub>3</sub> 1cuve ronde avec 5ml phosphate total 15 R <sub>4</sub>

Prise d'échantillon	0.5 ml
Quantité de NANOFIX Phosphate total 15 R2 à ajouter	1 NANOFIX
Quantité de NANOFIX Phosphate total 15 R3 à ajouter	1 NANOFIX
Quantité de NANOFIX Phosphate total 15 R4 à ajouter	0.2 ml

Tableau II-6. Caractéristiques de mesure de Phosphate total 50.

Domaine de mesure	10.0-50.0mg/l P(Po <sub>4</sub> -P)
Facteur	027.5
Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)	436nm
Minéralisation	30 min à 120 °C / 60 min à 100°C
Temps de réaction	10min (600 s) à 20-25°C
Contenu du jeu de réactifs	20 cuves rondes phosphate total 50 1tube avec NANOFIX phosphate total 50 R <sub>2</sub> 1tube avec NANOFIX phosphate total 50 R <sub>3</sub> 1cuve ronde avec 5ml phosphate total 50 R <sub>4</sub>
Prise d'échantillon	4.0 ml
Quantité de NANOFIX Phosphate total 50 R2 à ajouter	1 NANOFIX
Quantité de NANOFIX Phosphate total 15 R3 à ajouter	1.0 ml

### Mode opératoire

#### ➤ Phosphore total 5

On ouvre une cuve ronde, on ajoute 1,0 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre 1 et 13 et 1 NANOFIX phosphate R<sub>2</sub>, on ferme à fond et on mélange, (Fermer le tube de NANOFIX immédiatement après l'addition.)

On place la cuve dans le bloc chauffant et on enclenche le chauffage. Après 30/60min, on fait sortir la cuve du bloc chauffant et on laisse refroidir à température ambiante, puis on

ajoute 1 NANOFIX phosphate total R3 et 0,2 ml de phosphate total R4, on mélange. On Nettoie la cuve à l'extérieur et on mesure après 10 min à l'aide d'un photomètre NANOCOLOR® et PF-10.

➤ **Phosphore total 15**

On ouvre une cuve ronde, on ajoute 0.5 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre 1 et 10 et 1 NANOFIX phosphate R2, on ferme à fond et on mélange.

On place la cuve dans le bloc chauffant et on enclenche le chauffage. Après 30/60min, on fait sortir la cuve du bloc chauffant et on laisse refroidir à température ambiante, on ajoute 1 NANOFIX phosphate total R3 et 200 µl de phosphate total R4, on mélange. On nettoie la cuve à l'extérieur et on mesure après 10 min à l'aide d'un photomètre NANOCOLOR® et PF-10.

➤ **Phosphate totale 50**

On ouvre une cuve ronde, on ajoute 4,0 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre 1 et 13 et 1 NANOFIX phosphate R2, on ferme à fond et on mélange.

On place la cuve dans le bloc chauffant et on enclenche le chauffage. Après 30/60min, on fait sortir la cuve du bloc chauffant et on laisse refroidir à température ambiante, puis on ajoute 1,0 ml de phosphate total R3. On Nettoie la cuve à l'extérieur et on mesure après 10 min.

### **II.2.2.8. Azotes total**

Le dosage de l'azote total se fait par minéralisation oxydative dans un bloc chauffant suivie d'une « compensation » des interférences et détermination photométrique à l'aide du 2,6 diméthyl phenol dans un mélange d'acide sulfurique et d'acide phosphorique. Dans le tableau II-7 sont données les caractéristiques de mesure de l'azote total.

Tableau II-7. Caractéristiques de mesure d'Azote total 50.

<b>Domaine de mesure</b>	<b>0.5-22.0mg/l N</b>
<b>Facteur</b>	031.9 – 040.0
<b>Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)</b>	385 nm
<b>Minéralisation</b>	30 min à 120 °C / 60 min à 100°C
<b>Temps de réaction</b>	20 -25 °C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	<p><b>Boite A :</b></p> <p>20cuves rondes vides</p> <p>4g Nano<sub>x</sub> N réactif de minéralisation (bouchon orange)</p> <p>3.5g Nano<sub>x</sub> N réactif de compensation (bouchon noir)</p> <p>1 cuillère de mesure 85 mm, orange</p> <p>1 cuillère de mesure 85 mm, noir</p> <p><b>Boite B :</b></p> <p>20 cuves rondes azote total TN<sub>b</sub>22</p> <p>1 cuve ronde avec 11ml d'azote total TN<sub>b</sub>22 R<sub>2</sub></p>

### Equipements nécessaires

- bloc chauffant NANOCOLOR,
- Pipette à piston avec embouts.

### Mode opératoire

#### ▪ Etape de minéralisation (Boite A)

On ouvre une cuve ronde vide, on ajoute 5,0 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre 5 et 9 et 1 cuillère de mesure (orange) remplie à ras bord de Nano<sub>x</sub> N (réactif de minéralisation), on ferme et on agite vigoureusement. Ensuite on Place la cuve ronde dans le bloc chauffant et on chauffe pendant 30 min à 120 °C ou 1 heure à 100°C, lorsque le temps nécessaire est écoulé, on fait sortir la cuve ronde du bloc chauffant, on secoue légèrement et on laisse refroidir. Dès qu'elle se refroidit, on ouvre la cuve ronde, on ajoute 1 cuillere de mesure remplie à ras bord de NaNO<sub>x</sub> N réactifs de



compensation, on ferme et on agite vigoureusement et on obtient ainsi la solution de minéralisation.

▪ **Analyse (boîte B)**

On ouvre la cuve ronde azote total, on ajoute 0,5 ml de la solution de minéralisation et 0,5 ml de R2, on ferme et secoue légèrement, on nettoie la cuve à l'extérieur et mesure après 10 min.

▪ **Mesure**

Elle se fait directement en plaçant la cuve dans le photomètre NANOCOLOR et PF-12, test 0-83. Pour l'exécution exacte en domaine de mesure basse, la détermination doit être effectuée contre un blanc (eau distillée minéralisée).

**II.2.2.9. Ammonium**

Le dosage de l'ammonium 50 et 200 se fait par détermination photométrique en tant qu'indophénol : l'ammonium réagit à un pH d'environ 12,6 avec de l'hypochlorite et du salicylate, en présence de sodium nitro prussiate comme catalyseur, pour former du bleu d'indophénol. Les caractéristiques de mesure de l'ammonium sont données dans les tableaux II-8 et II-9.

**Tableau II-8. Caractéristiques de mesure de l'ammonium 50.**

<b>Domaine de mesure</b>	<b>1.0-40.0 mg/L NH<sub>4</sub>-N</b>
<b>Facteur</b>	0026
<b>Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)</b>	690nm
<b>Temps de réaction</b>	15 min (900 s)
<b>Température de réaction</b>	20 -25 °C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	20 cuves rondes Ammonium 50 1 tube NANOFIX Ammonium 50 R <sub>2</sub> 1 cuve ronde avec le blanc « null »

**Tableau II-9. Caractéristiques de mesure de l'ammonium 200.**

<b>Domaine de mesure</b>	<b>30-160 mg/L NH<sub>4</sub>-N</b>
<b>Facteur</b>	0116

<b>Longueur d'onde de mesure</b> (LMH=5-12 nm)	585nm
<b>Temps de réaction</b>	15 min (900 s)
<b>Température de réaction</b>	20 -25 °C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	20 cuves rondes Ammonium 200 1 tube NANOFIX Ammonium 200 R <sub>2</sub> 1 cuve ronde avec le blanc « null »

### Mode opératoire

On ouvre une cuve ronde, on ajoute 0,2 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre 1 et 10) et 1 NANOFIX Ammonium 50 ou 200 R<sub>2</sub>, on ferme et on mélange, (Fermer le tube de NANOFIX immédiatement après l'addition.)

On nettoie la cuve à l'extérieur et on mesure après 15 min à l'aide de photomètres NANOCOLOR® et PF-10.

#### II.2.2.10. Nitrites

Le dosage des nitrites se fait par la détermination photométrique à l'aide de la sulfanilamide et de la N-(naphtyle-1)-éthylène diamine. Le tableau II-10 résume les caractéristiques de mesure des nitrites.

**Tableau II-10. Caractéristiques de mesure des nitrites.**

<b>Domaine de mesure</b>	<b>0.003-0.46mg/l NO<sub>2</sub>-N</b>
<b>Facteur</b>	0.234
<b>Longueur d'onde de mesure</b> (LMH=5-12 nm)	540 nm
<b>Temps de réaction</b>	10 min (600 s)
<b>Température de réaction</b>	20 -25 °C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	20 cuves rondes Nitrite 2 1 cuve ronde avec 5 ml de nitrite 2 R <sub>2</sub>

### Mode opératoire

On ouvre une cuve ronde, On ajoute 4,0 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre 1 et 7) et 200 µL de R<sub>2</sub>, on ferme et on mélange. On

nettoie la cuve à l'extérieur et on mesure après 10 min. La mesure se fait à l'aide d'un photomètre NANOCOLOR® et PF-12

### II.2.2.11. Nitrates

La mesure des nitrates se fait par la détermination photométrique à l'aide du 2,6-diméthyl phénol dans un mélange d'acide sulfurique et d'acide phosphorique, selon les données du tableau II-11.

**Tableau II-11. Caractéristiques de mesure des nitrates.**

<b>Domaine de mesure</b>	<b>4-60mg/L NH<sub>3</sub>-N</b>
<b>Intervalle de facteur (dépend de <math>\lambda</math>)</b>	0068-0081
<b>Longueur d'onde de mesure (LMH=5-17 nm)</b>	385nm
<b>Facteur</b>	0042
<b>Longueur d'onde de mesure (LMH=5-12 nm)</b>	565nm
<b>Temps de réaction</b>	10 min (600 s)
<b>Température de réaction</b>	20 -25 °C
<b>Contenu du jeu de réactifs</b>	20 cuves rondes Nitrate 250 1 cuve ronde avec 11mL de Nitrate 250 R <sub>2</sub>

### Mode opératoire

On ouvrir une cuve ronde, on ajoute 0,2 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre pH 1 et 13) et 0,5 ml de R<sub>2</sub>, on ferme et on secoue légèrement. On nettoie la cuve à l'extérieur et on mesure après 10 min à l'aide d'un photomètre NANOCOLOR® et PF-10.

## II .3. Partie boues déshydratées

### II.3.1. Prélèvement des échantillons

Lors de notre stage à la STEP de Souk-El-Tenine, nous avons procédé au prélèvement d'échantillons de boues déshydratés, dans des flacons en polyéthylène à l'aide d'une pelle, pour une période de 10 jours à raison de 02 prélèvements pour chaque jour ; une qui est nouvelle, et la même après 24h00 de stockage.

On a aussi collecté des anciennes boues entreposées dans les espaces des deux STEP, 05 prélèvements pour la STEP de Souk-El-Tenine et 03 pour la station de Sidi-Ali-Lebhar.

**II.3.2. Conditionnement des échantillons**

Durant le stockage des échantillons (pendant le transport, lors de son arrivée au laboratoire avant le lancement des analyses ou après le dosage pour d'éventuelles vérifications), il est indispensable de minimiser toutes les causes de pertes liées aux propriétés physico-chimiques des polluants recherchés.

**II.3.3. Prétraitement des échantillons****Matériels utilisés**

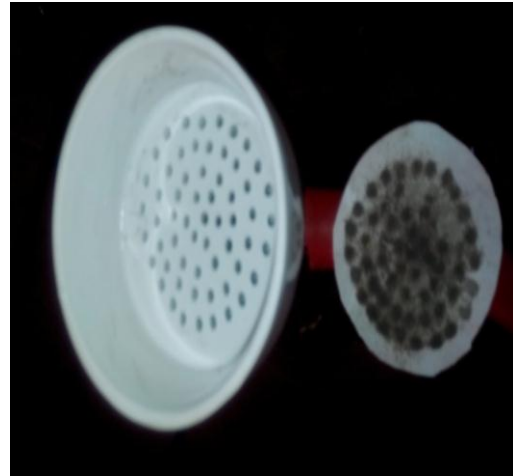
- Matériels courant de laboratoire.
- Equipement de filtration sous vide.
- Etuve réglée à 105°C.
- Balance de précision du laboratoire  $\pm 0.1\text{mg/l}$ .
- Un dessiccateur.
- Mortier à Agate.
- Four à moufle.
- Chauffage associé à un dispositif à reflux pour la récupération des vapeurs.
- Acide phosphorique et Acide nitrique



**Figure II-11. Boue dans un mortier.**



**Figure II-12. Chauffage associé à un dispositif à reflux pour la récupération des vapeurs.**

**Figure II-13. Filtration pompe sous vide****Figure II-14. Reste de la filtration.**

La préparation des échantillons est souvent l'étape la plus longue et surtout celle qui génère le plus de sources d'erreurs dans la chaîne analytique. Son but est d'obtenir un échantillon de boue représentatif dans laquelle la concentration en polluant est aussi proche que possible de celle présente dans la boue d'origine.

Cette opération comprend différentes tâches précédant l'analyse proprement dite on distingue entre autres :

- Prétraitement des échantillons ;
- Extraction des polluants des échantillons ;
- Purification des extraits avant analyse.

Dans notre cas nous avons suivis les démarches expérimentales suivantes pour la dissolution de notre échantillon :

- Broyage de la boue séchée dans un mortier en Agate, puis le Tamisage de la poudre afin d'éliminer les grosses particules ;
- L'extraction a pour but de mettre en solution l'ensemble des polluants avant analyse, la solubilisation des métaux lourds a été réalisée par minéralisation des échantillons de boues ; la minéralisation est obtenue selon divers modes, dans notre cas on l'a réalisée par calcination dans le four à moufle à 525°C, les cendres obtenues en général sont facilement solubilisées en milieu acide.

Les échantillons sélectionnés sont des échantillons préparés calcinés ou non, leurs mise en solution en vue du dosage de différents polluants a été réalisée par une attaque acide ; on a préparé 1g de boue et une solution d'eau régale préparé ultérieurement (mélange de 30 ml d'acide chlorhydrique plus 10 ml d'acide nitrique),

on a combiné par la suite le 1g avec 10 ml d'eau régale le tout a été porté à l'ébullition sur une plaque chauffante pendant 03 heures à une température de 150°C, ce chauffage a été associé à un dispositif à reflux pour la récupérations des vapeurs.

- Après refroidissement, on a filtré notre mélange dans une fiole de 25ml par le biais d'une pompe à vide ; on a placé le filtre dans un entonnoir, on a versé notre mélange, on a récupéré le perméat dans la fiole et on a complété jusqu'au trait de jauge. A la fin on a stocké nos échantillons dans des conditions favorables en vue des différentes analyses.

#### **II.3.4. Protocoles de caractérisation des paramètres chimique et biologiques**

La détermination des paramètres de pollution organique dans une boue est très délicate en raison de la forte acidité dont se caractérise notre échantillon, car la matière organique en milieu acide n'est pas quantifiable, c'est la raison pour laquelle nous avons opté pour la neutralisation du pH en rajoutant de la soude à nos échantillons, pour cela nous avons suivie le protocole suivant :

- On a préparé une solution de 1l d'hydroxyde de sodium à une concentration de 1mole/l.
- On a prélevé 10 ml de chaque échantillon (18 échantillons).
- On met l'échantillon acide dans un bécher, on remplit la burette de 100 ml avec la base jusqu'au trait de jauge, on verse goutte à goutte avec une agitation lente, on fait immergé la sonde du pH mètre pour pouvoir suivre l'évolution du pH avec une, on attend jusqu'à ce qu'il affiche un pH neutre et on fait la lecture du volume de NaOH utilisé.

Une fois que tous les échantillons préparés, nous avons déterminé les paramètres cités dans les protocoles d'analyses de la première partie (**II.2**), à savoir : DCO, DBO5, azote total, azote ammoniacal, phosphore total, phosphate, nitrites, nitrates.

#### **II.3.5. Protocoles de caractérisation des métaux lourds**

Pour la détermination des métaux dans les échantillons calcinés et brute, nous avons utilisé les différentes techniques utilisées au sein de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia :

- La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).
- La diffraction à rayons x (DRX).

**II.3.5.1. Dosage des métaux lourds par la Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)****a. Principe**

La spectrophotométrie par absorption permet de doser une soixantaine d'éléments chimiques à l'état de traces (quelques mg/litre=ppm). L'analyse se base sur l'absorption de photons par des atomes à l'état fondamental, et on utilise à cet effet en général des solutions.

La méthode est :

- Quantitative et relative : il faut donc établir une courbe d'étalonnage.

Les mesures ont été effectuées avec un spectrophotomètre d'absorption atomique de type SHIMADZU AA-6501F équipé d'un atomiseur piloté au moyen du logiciel. Le principe de l'absorption est que la solution est aspirée en continu dans un nébuliseur qui la transforme en brouillard fin. Ce brouillard est ensuite aspiré vers le brûleur, où la flamme évapore l'eau et casse les molécules en atomes isolés.



**Figure II-15. Spectrophotomètre d'absorption atomique SHIMADZU AA-6501F.**

**b. Mode opératoire**

Pour la détermination des teneurs en métaux lourds on a procédé de la manière suivante : après établissement d'une courbe d'étalonnage qui délimitera la fourchette de mesure d'un métal bien spécifique, on prend une petite quantité de l'échantillon dans un bécher préalablement préparé on plonge dedans un tube qui compose notre équipement, la solution est aspirée et la lecture de l'absorbance correspondante se fait directement sur l'écran de la SAA

**II.3.5.2. DRX****a. Principe**

La Diffractométrie de Rayons X (DRX) est une technique d'analyse fondée sur la diffraction des rayons X sur la matière. L'appareil de mesure s'appelle un diffractomètre. Les données collectées forment le diagramme de diffraction ou diffractogramme. Les rayons X sont des ondes électromagnétiques formant une série continue dont les longueurs d'ondes varient des ondes radios aux ondes cosmiques. La diffraction des rayons X sur la matière cristalline permet d'avoir accès à des informations physiques sur les cristaux (la texture, les contraintes et les paramètres cristallins).



**Figure II-18. Photo du diffractomètre**

**b. Mode opératoire**

Les méthodes d'analyse de nos échantillons à l'état solide se résument aux étapes suivantes: On prépare l'échantillon sous la forme d'une poudre aplaniée avec le broyage dans une coupelle, ou bien sous la forme d'une plaquette solide plate puis on la met dans le diffractomètre de Rayons X (DRX). Les diffractogrammes sont directement donnés et enregistrés à l'aide d'un ordinateur.



### II.3.5.3. Dosage par infra rouge

#### a. Principe

La spectroscopie infrarouge est un moyen d'analyse permettant de déterminer la nature des liaisons chimiques présentes dans une molécule, elle est un très puissant moyen de caractérisation pour identifier des groupements moléculaires et obtenir de nombreuses informations sur leur conformation et leurs éventuelles interactions. Les spectres IR des échantillons prélevés ont été enregistrés moyennant des pastilles préparées avec une petite quantité de l'échantillon de boue mélangée à du KBr. Un spectrophotomètre de type SHIMADZU IRAffinity-1 à transformé de Fourier, est utilisée pour l'acquisition des spectres.



Figure II-16. Photos du spectrophotomètre SHIMADZU IRAffinity-1

À transformée de Fourier.

#### b. Mode opératoire

Les méthodes d'analyse des échantillons se résument aux étapes suivantes :

Nous avons utilisé des échantillons liquides, la procédure de préparation d'échantillon consiste à préparer une pastille avec environ 100 milligrammes de bromure de potassium KBr en poudre. Cette poudre est ensuite pressée dans une matrice sous vide pour produire des petites pastilles, par la suite on introduit une goutte de l'échantillon à analyser dans une cellule qui contient la pastille de KBr. Cette cellule est mise dans le spectromètre infrarouge à transformée de Fourier FTIR..

**II.4. Conclusion**

Ce chapitre nous a permis non seulement de faire un point sur les différents protocoles d'analyses, mais il nous a permis aussi de mettre la théorie en pratique, et de réaliser à tel point il est important de faire un échantillonnage précis minutieux et d'une qualité irréprochable, en vue d'une meilleure quantification des différents micropolluants présents dans les effluents des stations de traitements des eaux usées urbaines.

# *Chapitre III*

## Chapitre III : Résultats et discussion.

### III-1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats d'analyses des paramètres physicochimiques, et biologiques pour les effluents liquides usées et épurées des deux STEP de Souk-El-Tenine et de Sidi-Ali-Lebhar, Nous donnons aussi les différents paramètres de pollution liées aux boues produites au cours du traitement.

Les résultats obtenus feront l'objet d'une interprétation qui permettra de cibler les éventuelles anomalies qui peuvent être à l'origine de dysfonctionnement des procédés de traitement adoptés.

### III-2. Caractérisation des effluents liquides

#### III-2-1. La Température

La figure (III-1) montre les variations des températures des effluents liquides à l'entrée et à la sortie de la STEP de Souk El Tenine, limitées à la période de la présente étude.

Les résultats obtenus indiquent que les valeurs de la température des différents échantillons de la STEP de Souk-El-Tenine sont très proches. Elles se situent dans un intervalle allant de 14,2°C à 17,9°C à l'entrée de la station et entre 18,2°C et 22,1°C pour les eaux épurées. Concernant la STEP de Sidi-Ali-Lebhar nous avons enregistré approximativement les mêmes résultats, les températures évoluent entre 18,3 et 22,2°C à l'entrée et 19,8°C à 23,1°C à la sortie. Les températures de l'effluent traité sont légèrement supérieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes. Le système renferme des canalisations où le développement des organismes anaérobies est favorable, et c'est leur activité fermentescible qui est à l'origine du dégagement d'énergie.

Ces valeurs sont en fonction de l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques. Elles se situent dans une gamme favorable à l'activité microbienne (< 30 °C). Ceci favorise le traitement biologique et l'autoépuration des eaux usées ainsi que le développement de la végétation et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui présente un intérêt dans les stations d'épuration.

La réglementation est très diversifiée à travers le monde, en Algérie, les normes de rejets des eaux usées admises dans la nature sont de l'ordre de 30°C, les valeurs de la température pour les différents échantillons sont conformes aux normes.

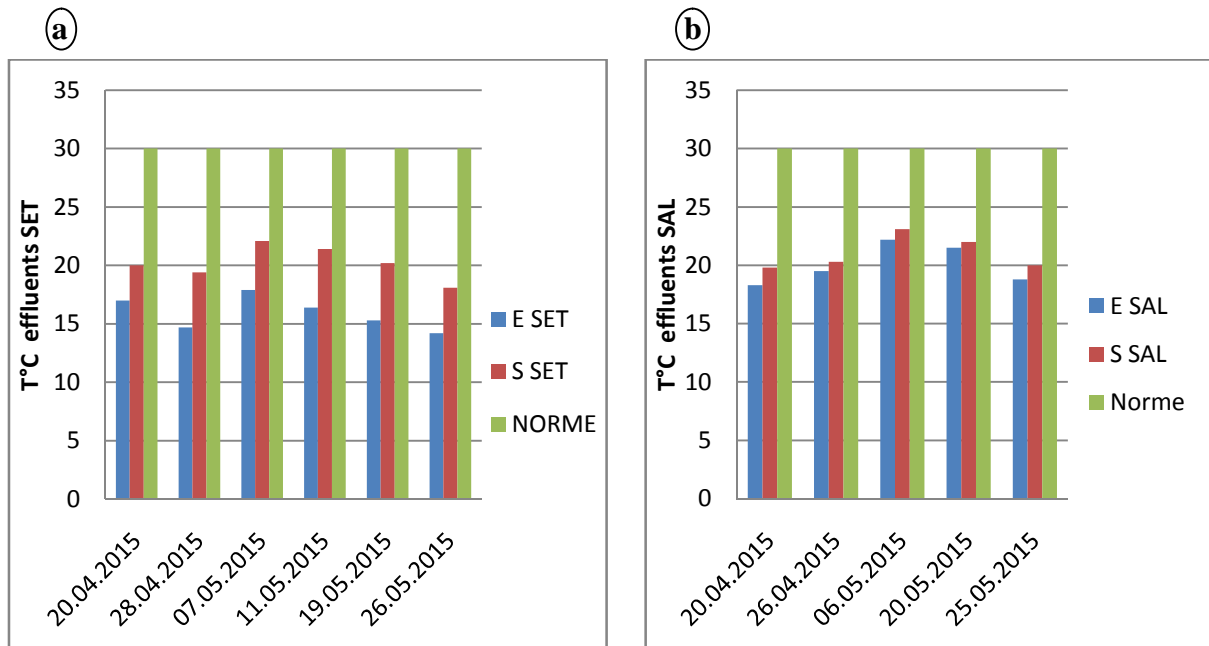


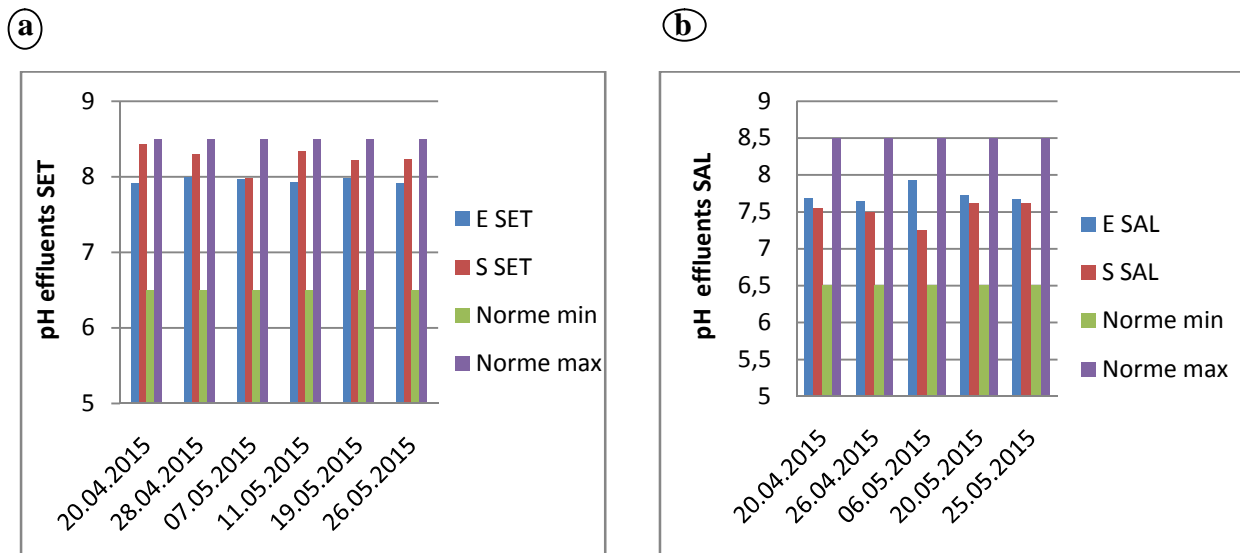
Figure III-1. Evolution de la température journalière.

### III-2-2. Le pH

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de multiples facteurs, dont l'origine de l'eau, les apports agricoles, les rejets des agglomérations et des industries.

La figure (III-2) indique les pH des eaux usées de la STEP de Souk-El-Tenine avant et après traitement, comparées aux valeurs des normes. Nous constatons que les pH des eaux usées avant traitement, sont compris entre 7,91 et 7,99 et que celles des eaux traitées sont relativement plus élevées, avec une moyenne de 8,25.

Quant à la STEP de Sidi-Ali-Lebhar, les pH varient entre 7,64 et 7,92. Ces pH sont très proches de ceux des eaux résiduaires (de 7,5 à 8) et répondent aux normes de rejets, admises par la législation Algérienne à savoir entre 6,5 et 8,5.



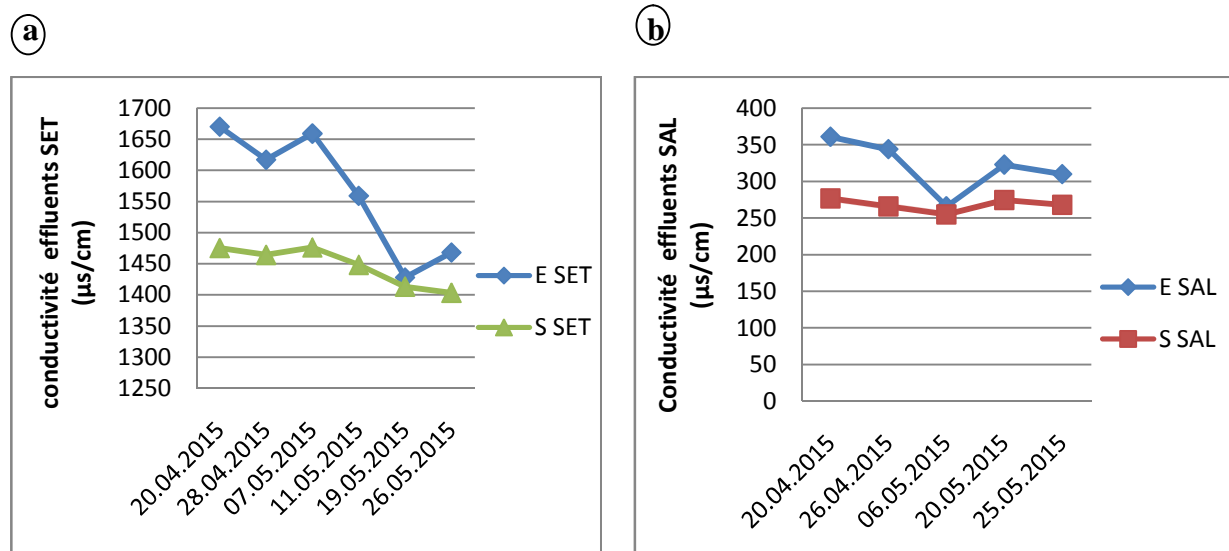
**Figure III-2. Evolution du pH journalier.**

### III-2-3. La conductivité électrique

La conductivité électrique constitue un bon indicateur d'appréciation de la composante ionique d'une solution.

Les valeurs de la conductivité électrique de la STEP de SET données sur la figure (III-3) se situent dans un intervalle allant de 1428 à 1670  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à l'entrée et de 1403 à 1476  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , enregistrées à la sortie. Celles de la STEP de Sidi-Ali-Lebhar, varient entre 266 et 361  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à l'entrée et de 255 à 277 pour les eaux épurées. Ces valeurs sont de 5 fois moins importantes aux que celles obtenues à la station de SET.

Ces valeurs sont fonction de la minéralisation naturelle de l'eau potable et celle à usage domestique. La variation de ce paramètre pour une même agglomération, et sa comparaison avec la conductivité de l'eau distribuée, permettent de conclure sur une variation de charge polluante. Pour une même eau distribuée, tout rejet polluant s'accompagne d'un accroissement de la conductivité. Il faut noter également que les traitements physiques ou biologiques n'ont qu'une faible incidence sur ce paramètre et que sa valeur varie peu entre l'eau brute et l'eau traitée.

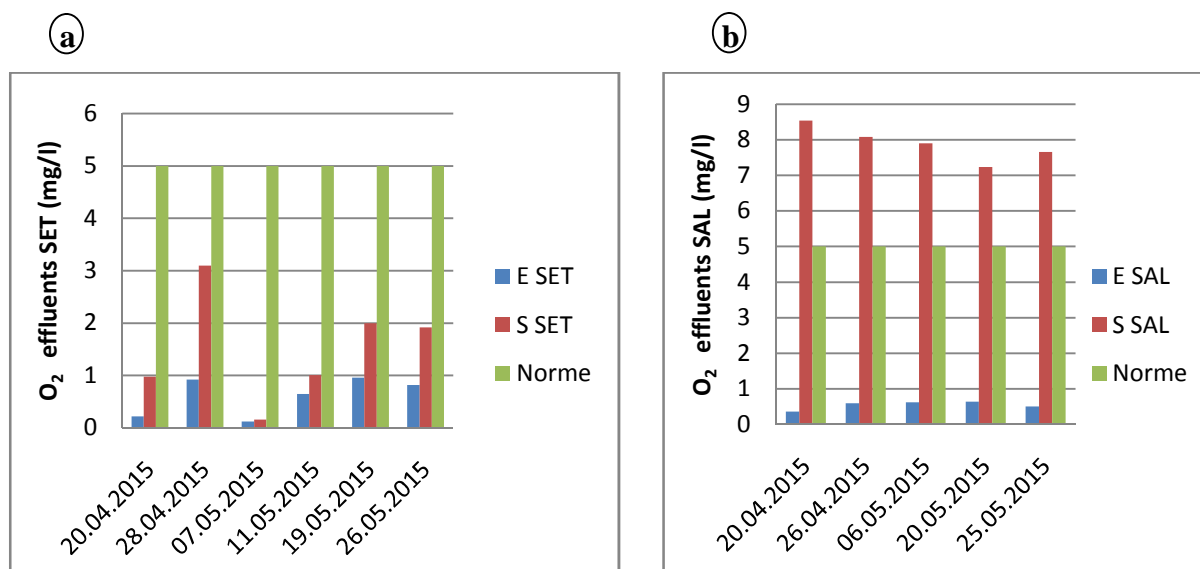


**Figure III-3. Evolution de la conductivité électrique journalière.**

### III-2-4. Le taux d'oxygène dissous

Pour l'oxygène dissous les valeurs obtenues (voir figure III.4) montrent une fluctuation avec des taux allant de 0,12 mg/l à 0,92 mg/l pour les eaux brutes de la STEP de SET et de 0,98 mg/l à 3,1 mg/l pour les eaux traitées. Quant à la STEP de SAL, on enregistre un taux d'oxygène dissous de l'ordre de 0,36 à 0,64 à l'entrée et de 7,24 à 8,54 à la sortie. Par comparaison des deux stations étudiées, on remarque que l'oxygène dissous des eaux traitées de la STEP de SAL est beaucoup plus important que celui de SET.

Les teneurs en O<sub>2</sub> dissous enregistrées à la sortie sont nettement supérieures à celles de l'entrée, ceci est dû à une bonne aération des eaux au niveau du bassin d'aération, nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées. Les faibles taux d'O<sub>2</sub> dissous enregistrés à l'entrée, caractérisant une arrivée d'eau usée riche en matières organiques et inorganiques dissoutes ainsi que la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface due à la présence des graisses, des détergents...etc.).



**Figure III-4. Evolution du taux d'oxygène journalier.**

### III-2-5. Les Matières en Suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, l'ensemble des particules minérales et organiques de nature biodégradable.

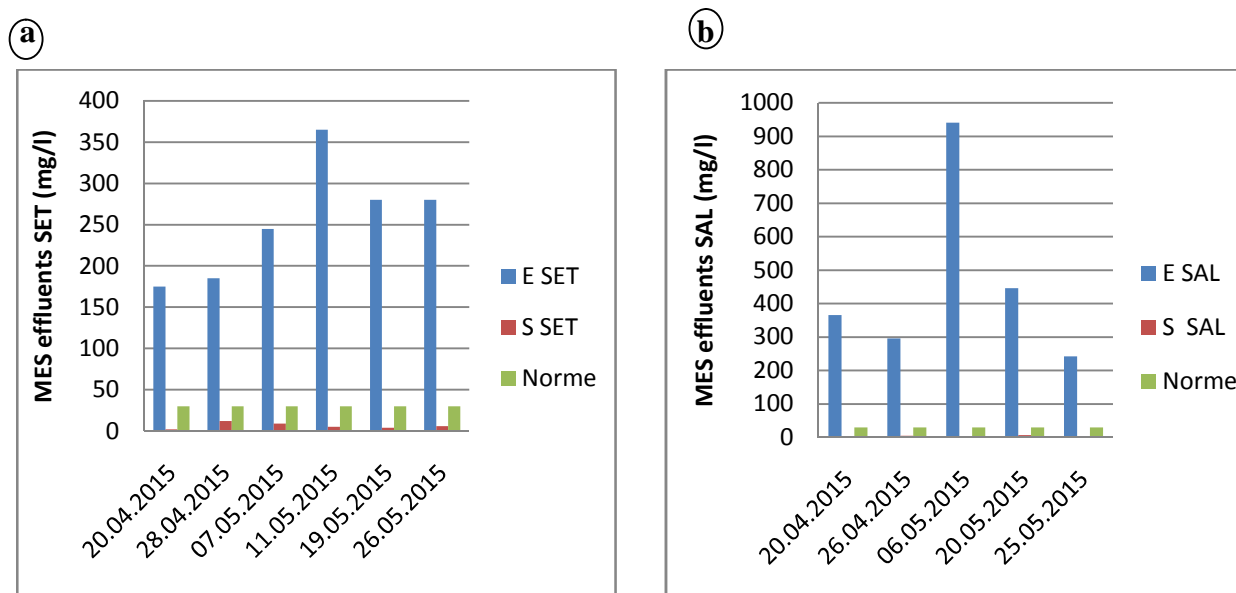
Les valeurs enregistrées (voir figure III.5) au cours de cette étude révèlent une réduction importante des MES au cours du traitement. Pour la STEP de SET, elles se situent entre 280 et 583 mg/l à l'entrée et entre 4 à 30 mg/L, à la sortie avec un rendement moyen de 97,29%. Quant à la STEP de SAL, les MES varient de 242 à 941 mg/l à l'entrée et de 1 à 30 mg/l pour les eaux traitées avec un rendement épuratoire de l'ordre de 98,98 %.

Ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet. La remontée brusque de la concentration en MES observée dans la STEP de SAL qui correspond à la valeur de 941 mg/l enregistrée le 06/05/2015 est probablement liée à un arrivage d'eau chargée en matière minérale à savoir le sable, limon, argile...etc.

Les valeurs constatées dans les deux STEP restent inférieures aux normes Algérienne et OMS relatives aux rejets et qui sont de 40 mg/L et 30 mg/L, respectivement.

La variation temporelle des valeurs constatées est influencée par la différence de la nature, la forme, la taille et les propriétés de dispersion et d'absorption de la lumière des particules en suspension qui composent l'effluent.





**Figure III-5. Variations des matières en suspension.**

### III-2-6. La demande chimique en oxygène (DCO)

L'un des paramètres globaux qui caractérise la pollution d'une eau est la demande chimique en oxygène DCO, qui est une indication sur les quantités de substances organiques chimiquement oxydables, présentes dans l'eau.

Comme montré sur la figure (III-6), les valeurs de la DCO de la STEP de SET sont variables selon les jours, elles oscillent entre 332 et 510 mg O<sub>2</sub>/l pour les eaux brutes, et varient de 9 à 19 mg O<sub>2</sub>/l pour les eaux traitées, avec un rendement moyen de 96,65 %. Concernant la STEP de SAL les résultats obtenus présentent une fluctuation de l'ordre de 513 à 553 mg O<sub>2</sub>/l pour les eaux brutes, et varient de 23,6 à 27,4 mg O<sub>2</sub>/l pour les eaux épurées, avec un rendement moyen de 96,65 %. On peut noter aussi que dans les deux stations la DCO ne présente pas d'écarts importants au fil du temps.

Les rendements élevés de l'élimination de la DCO (DCO Sortie <30 mg/L) indiquent une bonne exploitation de la station : taux d'O<sub>2</sub> suffisant pour dégrader ces matières, taux de recirculation des boues adéquats.

Par ailleurs, les DCO moyennes obtenues à la sortie des deux STEP, obéissent aux normes Algériennes de rejet (120 mg O<sub>2</sub>/l), celle de la communauté européenne (125 mg O<sub>2</sub>/l) ainsi qu'aux normes de l'OMS (<90 mg O<sub>2</sub>/l) et celles des eaux destinées à l'irrigation (<40 mg O<sub>2</sub>/l).

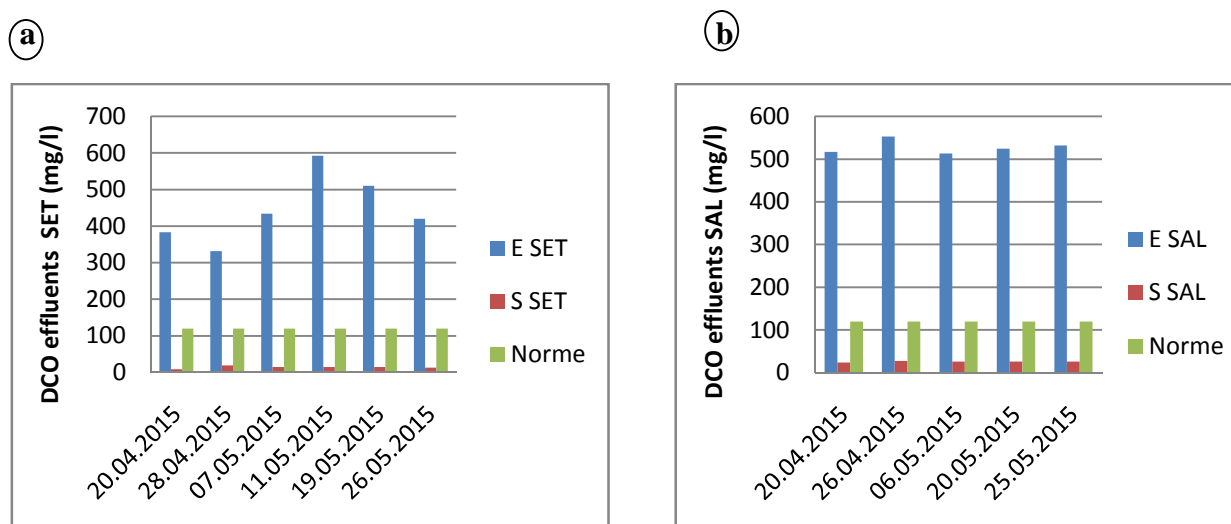


Figure III-6. Variations de la DCO.

### III-2-7. La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Le suivi de la variation de la DBO<sub>5</sub> des eaux usées de la STEP de SET, montré sur la figure (III-7), indique que les teneurs en DBO<sub>5</sub> varient entre 180 à 270 mg O<sub>2</sub>/l, et de 2 à 8 mg O<sub>2</sub>/l, à l'entrée et à la sortie de la STEP respectivement. Par contre, dans la STEP de SAL on enregistre des valeurs oscillantes entre 240 et 400 mg O<sub>2</sub>/l pour l'eau brute et de 2 à 9 mg O<sub>2</sub>/l pour les eaux épurées.

Le profil de la DBO<sub>5</sub> des effluents des deux STEP concernées ne présente pas de différence significative, sauf le pic de l'ordre de 400 mg O<sub>2</sub>/l enregistré à l'entrée la STEP de SAL le 11/05/2015, cela revient probablement à une augmentation significative de la matière biodégradable dans l'effluent.

Les taux d'abattement journalier moyen de la DBO<sub>5</sub> est de 96,65% dans le cas de la STEP de SET et de 98,11 % dans le cas de la STEP de SAL, Cette performance de la station est liée à une optimisation des réglages d'exploitation, en particulier le bon fonctionnement de l'aérateur qui fournit l'oxygène requis pour la consommation des bactéries pour dégrader les matières organiques biodégradables.

Les résultats montrent que la DBO<sub>5</sub> a la sortie des deux STEP répondent aux normes des rejets dans le milieu récepteur, elle est inférieure aux normes Algérienne de rejet (40 mg O<sub>2</sub>/l), et celle la communauté européenne (30 mg O<sub>2</sub>/l) ainsi qu'aux normes extrêmes, limitées aux eaux d'irrigations (<30 mg O<sub>2</sub>/l).

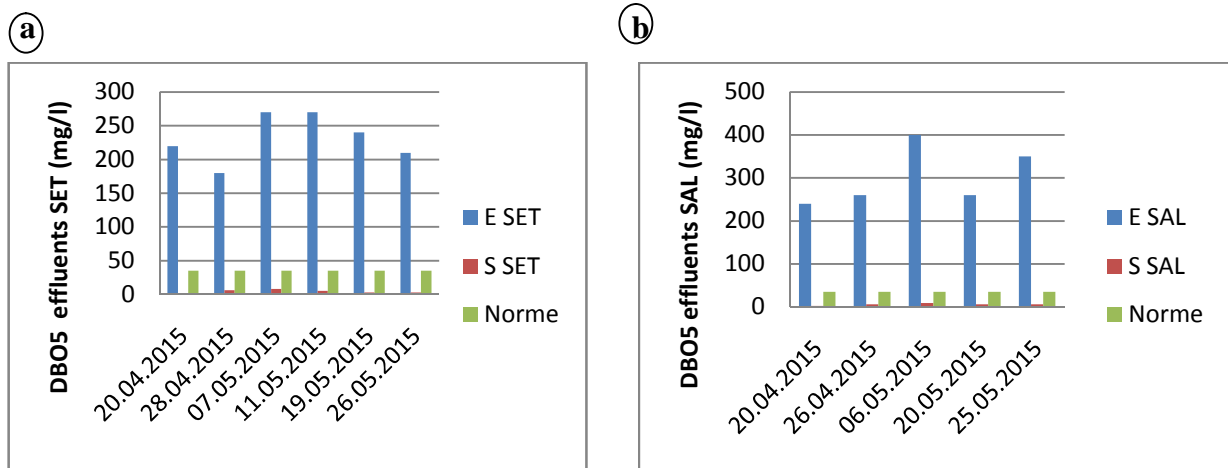


Figure III-7. Variations de la DBO<sub>5</sub>.

### III-2-8. Coefficient de biodégradabilité (DCO/DBO)

Le rapport entre la DCO et la DBO<sub>5</sub> permet d'évaluer la biodégradabilité de l'effluent à l'entrée de la STEP.

Les taux de biodégradabilité recensés dans les deux stations, montrés sur la figure (III-8), restent presque constants ; en effet ce rapport varie entre 1,60 à 2,19 pour la station de SET et de 1,52 à 2,15 pour la STEP de SAL. Ainsi, on obtient un coefficient de biodégradabilité moyen de 1,91 et de 1,81 pour les deux stations. Cela signifie que les matières oxydables sont facilement biodégradables ( $DCO/DBO_5 < 2$ ).

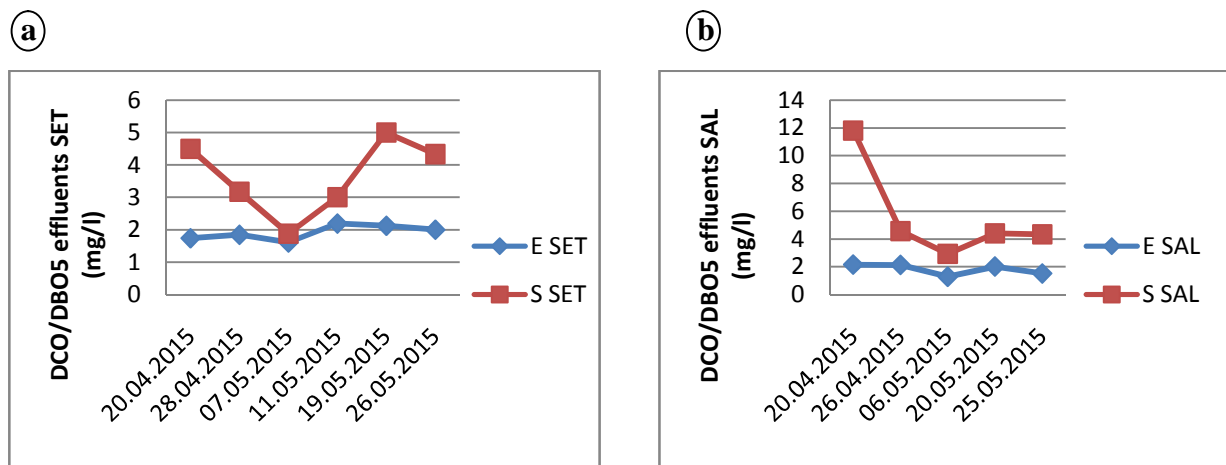


Figure III-8. Variations du coefficient de biodégradabilité.

### III-2-9. Les matières azotées

La forme de l'azote ciblée par cette étude est la forme minérale, ammoniacale ( $NH_4^+$ ) et nitrique ( $NO_3$ ), ( $NO_2$ ).

### III-2-9-1. Azote total

L'azote est un constituant essentiel de la matière vivante, mais sa présence en quantité importante dans les eaux usées nécessite une surveillance attentive. L'azote des eaux usées se trouve sous formes organique et inorganique.

L'analyse de l'azote total montrés dans la figure (III-9) a permis de constater que les eaux usées brutes de la station d'épuration de SET et SAL sont peu chargées en ces éléments. En effet, les concentrations varient entre 100 à 125 mg/l et 58,3 à 85,4 mg/l à l'entrée des deux stations, respectivement.

En ce qui concerne les eaux traitées, les concentrations moyennes obtenues sont de l'ordre de 15,8 mg/l et de 16,19 mg/l dans les stations de SET et SAL, respectivement. Ces valeurs sont inférieures à celles de la norme Algérienne qui est 30 mg/l.

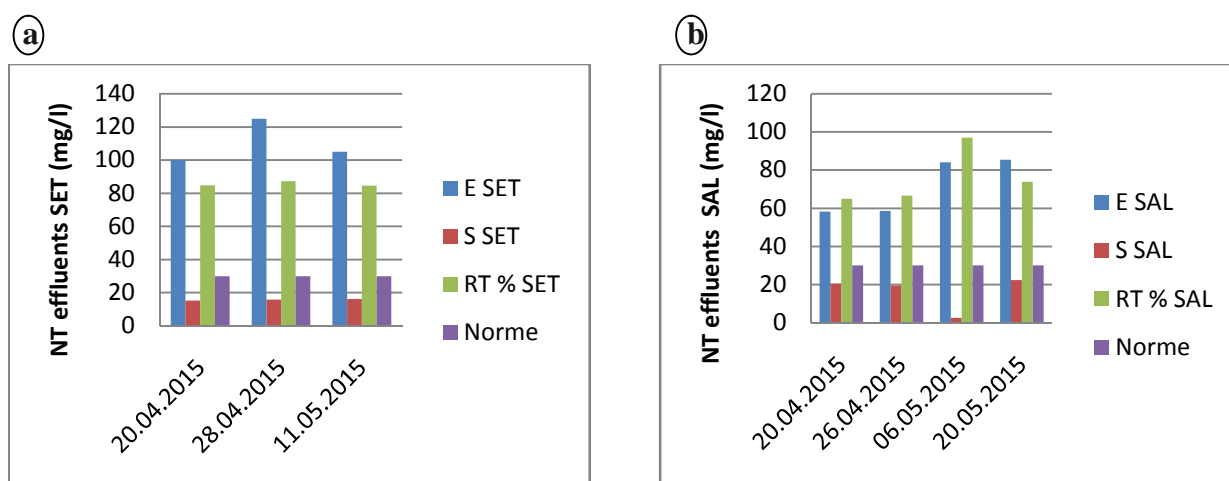


Figure III-9. Variation de l'azote total.

### III-2-9-2. Nitrates NO<sub>3</sub>

Les valeurs des nitrates obtenues (voir tableau III-1), dans la station de SAL oscillent entre 8,7 à 47,1 mg/l à l'entrée et de 3,4 à 23,5 mg/l à la sortie, par contre celles de la station de SET elles sont inférieures à 20mg/l à l'entrée et à la sortie. Nous avons enregistré un taux de nitrates qui augmente considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes

En effet, la faible teneur en nitrates dans les eaux brutes, est due au fait que l'azote, se trouve sous ses formes ammoniacale ou organique, fortement présentes dans les eaux usées domestiques, puis progressivement, ces derniers s'oxydent, générant les nitrates, cette différence peut être aussi due à la prolifération des algues au niveau du bassin de finition.

Ce qui fait aussi une augmentation significative des nitrates à la sortie est les bactéries autotrophes telles que *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*, qui transforment l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) en présence d'oxygène pour produire des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) puis des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

En moyenne les nitrates restent inférieurs aux normes internationales des eaux destinées à l'irrigation selon (<50mg/l).

**Tableau III-1. Variations des Nitrates de la STEP de SET et SAL.**

Date (SAL)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	
	E	S
Norme	-	1
20/04/2015	12,4	23,5
26/04/2015	13,3	13,2
06/05/2015	30	3,4
20/05/2015	47,1	21,4
25/05/2015	8,7	21,2
Moyenne	22,1	16,54

Date (SET)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	
	E	S
Norme	-	1
20/04/2015	<20	<20
28/04/2015	-	-
11/05/2015	<20	<20
Moyenne	<20	<20

### III-2-9-3. Ammonium NH<sub>4</sub>

L'azote ammoniacal existe dans les eaux riches en matière organique en décomposition lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa minéralisation.

Les valeurs de NH<sub>4</sub> (voir tableau III-2), à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de SET sont respectivement de l'ordre de 35 à 49 mg/l et 1 à 10,5 mg/l, avec un rendement d'élimination de 89.62 %.

En ce qui concerne la STEP de SAL, on enregistre une variation de 44,8 à 74,4 mg/l pour les eaux brutes et 0,3 à 4,2 mg/l pour les eaux traitées avec un rendement de 96,56 %, ce qui indique une bonne nitrification.

Nous remarquons, qu'à l'entrée de la station la concentration en ammonium est élevée, par contre la concentration en nitrates est faible, En sortie de la station Il existe que des traces d'ammonium dans l'eau épurée, mais la concentration en nitrates est élevée. Pour raison de nitrification l'ammonium est oxydé en nitrate par l'oxygène, la teneur en nitrate augmente et l'ammonium diminue c'est-à-dire il y a une bonne régulation de l'aérateur.

**Tableau III-2. Variations de l'Ammonium dans la STEP de SET et SAL.**

Date (SAL)	NH <sub>4</sub> (mg/l)			Date (SET)	NH <sub>4</sub> (mg/l)		
	E	S	RT%		E	S	RT%
Norme	-	-	-	Norme	-	-	-
20/04/2015	57	0,33	99,42	20/04/2015	35	1	97,14
26/04/2015	61,5	0,6	99,02	28/04/2015	49	10,5	78,57
06/05/2015	51,25	0,3	99,41	11/05/2015	36,5	2,5	93,15
20/05/2015	44,8	4,2	90,62	Moyenne	40,16	4,66	89,62
25/05/2015	74,4	4,2	94,35				
Moyenne	57,79	1,926	96,56				

**III-2-9-4. Les nitrites**

Les résultats obtenus (voir tableau III-3), au cours de la campagne d'étude, indiquent que la teneur en nitrites des eaux, à savoir brutes et traitées est très faible, pour les deux STEP. La différence de ces valeurs entre l'entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs moyenne sont de 0,226 mg/l à l'entrée et 0,033 mg/l au niveau des eaux épurées de la STEP de SET. Pour la STEP de SAL, on a obtenu des valeurs comprise entre 0,072 à 0,429 mg/l à l'entrée et 0,045 à 0,213 mg/l à la sortie.

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque où la nitrification qui n'était pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

Une eau refermant des nitrites est à considérer comme suspecte car ces substances sont souvent associées à une détérioration de la qualité microbiologique. Cependant, la moyenne de la concentration des nitrites reste inférieure aux normes internationales de l'OMS (1989) (<1mg/l).

**Tableau III-3. Variations des Nitrites dans la STEP de SET et SAL.**

Date (SAL)	NO <sub>2</sub> (mg/l)		Date (SET)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	
	E	S		E	S
Norme	-	-	Norme	-	-
20/04/2015	0,381	0,104	20/04/2015	0.213	0.033
26/04/2015	0,032	0,129	28/04/2015	-	-
06/05/2015	0,45	0,035	11/05/2015	0.239	0.033
20/05/2015	0,429	0,213	Moyenne	0.226	0.033
25/05/2015	0,072	0,045			
Moyenne	0,2728	0,1052			

### III-2-10. Pollution phosphorée

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, est essentiellement constitué : de phosphore inorganique (essentiellement des polyphosphates) et des orthophosphates dont une part provient de l'hydrolyse des polyphosphates, de phosphore organique : phospholipides, esters, polynucléotides, ATP, ADP.

#### III-2-10-1. Phosphore totale

Comme montré dans le tableau (III-4), Les quantités du phosphore présentent une moyenne de 3,96 mg/l, à l'entrée de la station de SET et une concentration allant de 0,71 et 3,11 mg/l, ce dernier résultat dépasse les normes Algériennes et internationales de rejet (<2 mg/l) et celle des eaux d'irrigation (<0,94 mg/l) selon l'OMS (1989).

**Tableau III-4. Variations du Phosphore total dans la STEP de SET.**

Date	Pt (mg/l)		
	E	S	RT%
Design	-	2	86,66
20/04/2015	4,21	3,11	26,12
28/04/2015	-	-	-
11/05/2015	3,72	0,71	80,913
Moyenne	3,96	1,91	53,52

#### III-2-10-2. Phosphate

Comme montré dans la figure (III-10), les phosphates varient de 10 mg/l à 22,6 mg/l au niveau des eaux brutes de la station de SAL et les concentrations oscillent entre 2,1 mg/l à 10,7 mg/l pour les eaux épurées.

La variabilité des valeurs des Phosphates s'explique, spatialement, par les rejets additionnels des agglomérations et unités industrielles artisanales avoisinant les alentours de la STEP, alors que temporellement, par la dilution due aux apports des eaux issues des précipitations pendant les campagnes de prélèvement.

Concernant les eaux traitées, nous avons recensé la valeur du 06/05/2015 de l'ordre de 10.2 mg/l, qui est relativement supérieure à la norme Algérienne et la norme fixée à 10 mg/l.

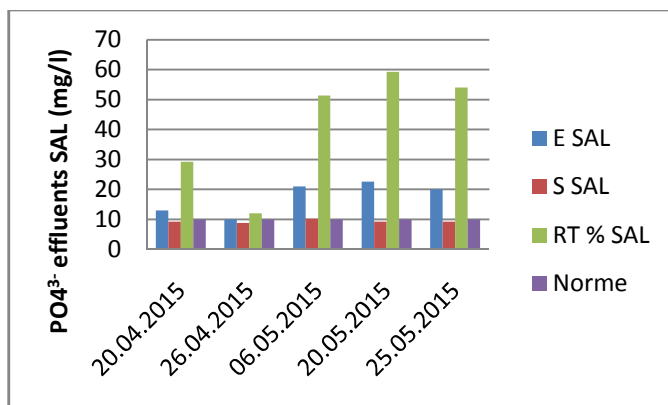


Figure III-10. Variations des Phosphates.

### III-2-11. Matière sèche et Matière volatile sèche

#### III-2-11-1. Boue de recirculation

Les matières sèches englobent des matières minérales et des matières organiques appelées aussi matières volatiles sèches, le contrôle de ce paramètre permet de suivre la stabilité de la boue et son aptitude à divers traitement (déshydratation, incinération,...)

Notre étude a mis en valeur le pourcentage de matière sèche et de matière volatile sèche présente dans la boue de recirculation. Comme illustrer dans la figure (III-11), On enregistre à la STEP de SET des moyennes de 9,6 g/l de MVS et 5,47 g/l de MS avec un rendement moyen de 57 %, par contre dans la STEP de SAL on constate un taux moyen de MS de 9,51 g/l et de 4,89 g/l de MVS avec une efficacité moyenne de 49,36%.

Par comparaison, on déduit que le rendement de la STEP de SET est plus important que celui de SAL, ce qui indique que la boue analysée est plus ou moins stable, il est important de signaler aussi que la boue recirculée est une boue liquide.

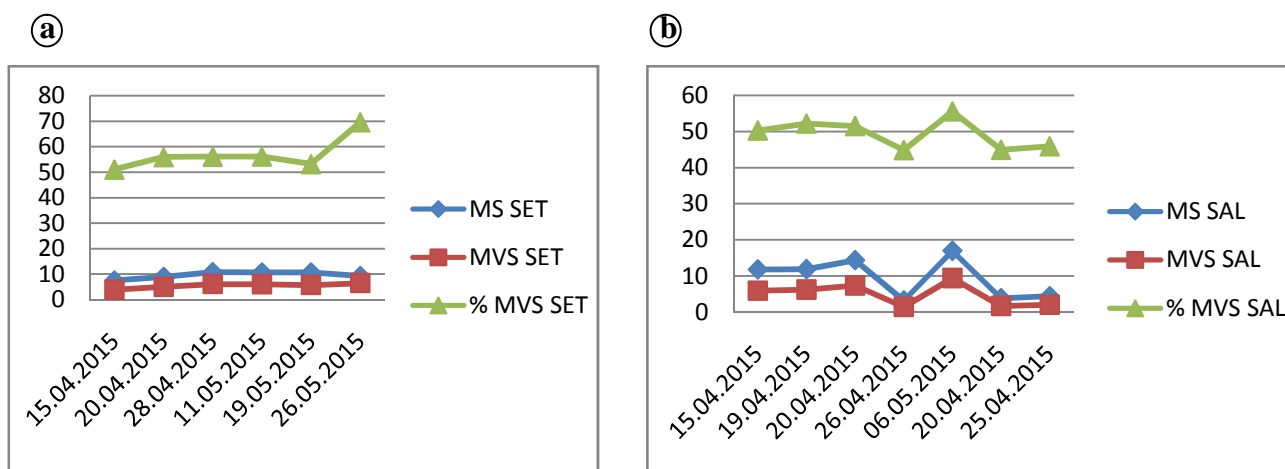


Figure III-11. Variations de la matière sèche et les MVS des boues de recirculation.



### III-2-11-2. Boue de bassin biologique

Les bous du bassin biologique sont issues de la métabolisation de la pollution organique biodégradable soluble et colloïdale, Dans le cas des boues issues du bassin biologique on constate, d'après la figure (III-12) qu'il ya une différence insignifiante de la quantité de MS et de MVS dans la station de SET, avec une moyenne de 63,19 % de MVS, ce qui implique une instabilité de la boue.

Pour la STEP de SAL une oscillation de MS et MVS, qui va de 2,61 à 4,38 g/l de MS, et de 1,42 à 4,38 mg/l de MVS, ce qui donne un rendement moyen de 50,8 %, cette proportion indique que la boue est plus stable que celle de la station de SET.

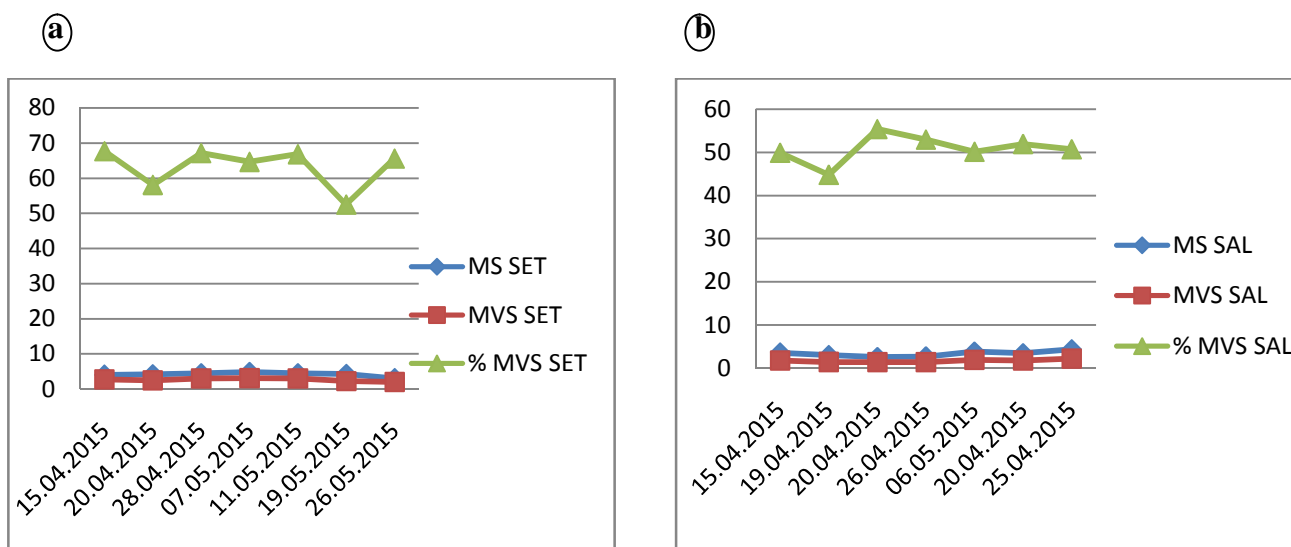


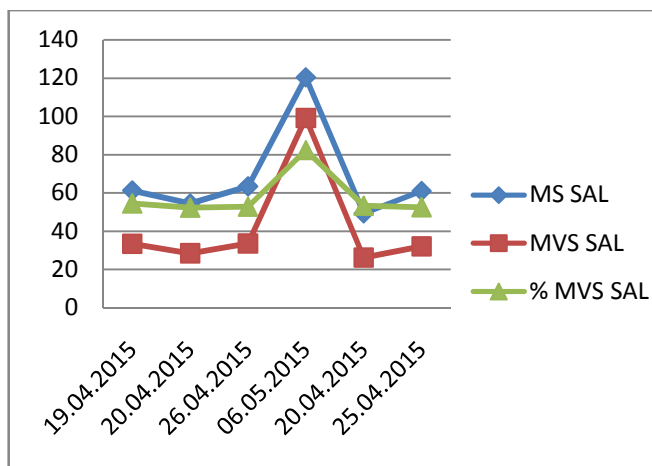
Figure III-12. Variations de la matière sèche et les MVS des boues de bassin biologique.

### III-2-11-3. Boue de l'épaississeur

Les boues épaissies sont des boues en excès introduites par pompage, par l'intermédiaire d'une tuyauterie au centre de l'épaississeur vers le fond. Par la suite les boues sont acheminées par un mécanisme racleur à destination d'un autre compartiment.

Les résultats montrés sur les figures ci-dessous indiquent des teneurs très importantes des MS et des MVS, de la STEP de SAL, ou on enregistre une proportion de matière sèche qui varie entre 49,37 à 120,4 g/l et de 26,29 à 82,35 g/l de MVS, avec un pourcentage de 57,97 % en MVS.

Ces résultats indiquent un pic du taux des MVS, mesuré le 06/05/2015, ceci est probablement dû à une insuffisante aération dans le bassin biologique qui a conduit à une dégradation partielle de la matière organique.



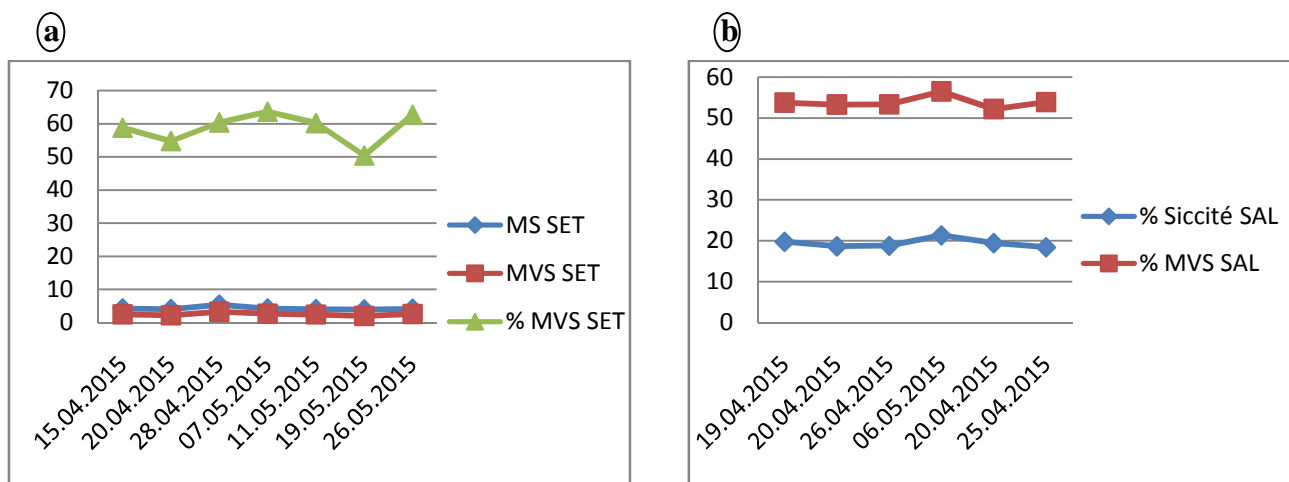
**Figure III-13. Variations de la matière sèche et les MVS des boues de l'épaisseur dans la STEP de SAL.**

**III-2-11-4. Boue de déshydratation**

La déshydratation vise à augmenter significativement la siccité en faisant passer la structure des boues de l'état liquide à un état pâteux ou solide.

D'après la figure (III-14), on constate que le taux de MS et de siccité sont relativement constant dans les deux stations, on prend par exemple la STEP de SET, elle se caractérise par une siccité qui varie entre 17,24 et 20,91 %, et un taux moyen de MVS de l'ordre de 58,64 %. De même à la STEP de SAL, on trouve 18,44 à 19,77 % de siccité, et une moyenne de 53,83 % de MVS.

Ces valeurs nous permettent de dire que la boue produite après déshydratation est dite boue pâteuse, le pourcentage de MVS calculé nous montre que la boue est relativement stable.



**Figure III-14. Variations de la MVS et la siccité des boues de déshydratation.**

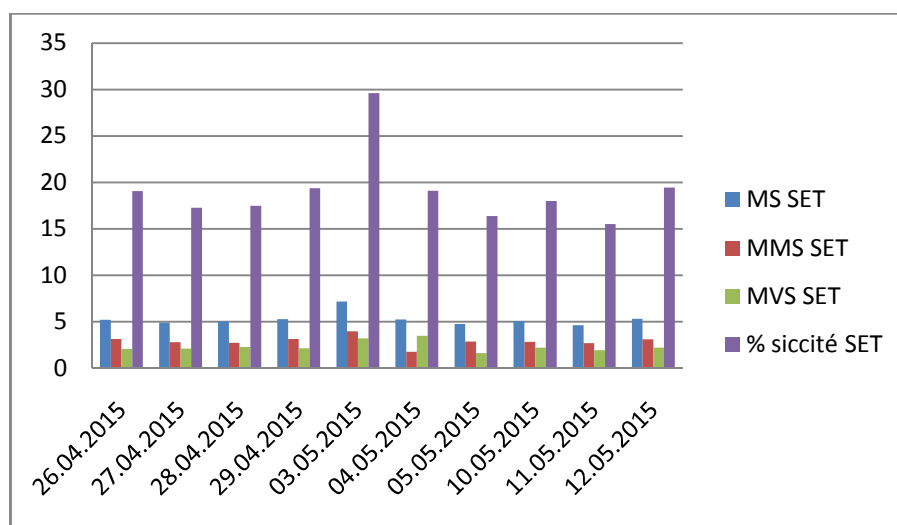
### III-2-11-5. MS et MVS de boue de déshydratation au bout de 10 jours

Les boues déshydratées, sont séchées par le moyen de filtres à bandes et donnent des boues plutôt pâteuses avec une siccité de 18 à 25%.

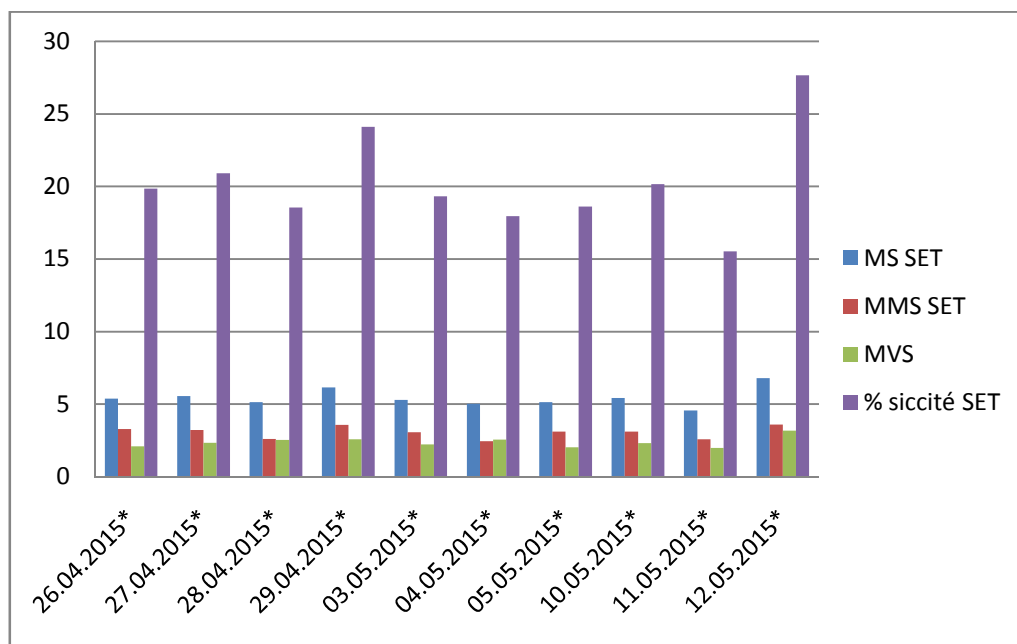
Evidemment, d'après les analyses effectuées pour une série de prélèvement, allant sur une période de 10 jours à raison de deux échantillonnages par jour, le premier immédiatement après la déshydratation mécanique, l'autre après 24H de stockage, on a eu des valeurs relativement équitables.

Ainsi pour les prélèvements réalisés juste après déshydratation selon la figure illustrée dans le tableau (III-15), on a enregistré un taux de matière sèche variant de 4.608 à 5.3096 g, et 1.6126 à 3.4815 g de MVS, en ce qui concerne la siccité nous avons eu des teneurs proches les uns les autres, avec une moyenne de 19.12%, sauf pour le 03/05/2015 on a aperçu une valeur de 29.62% qui signifie qu'elle est de nature solide.

Egalement selon la figure illustrée dans le tableau (III-16), pour les boues prélevées après 24H de stockage dans le sol à l'air libre, nous constatons des moyennes de 5.44 et 2.38 g de MS et MVS respectivement, quant à la siccité elle est de l'ordre de 20.26% cette valeur correspond à une boue de nature pâteuse.



**Figure III-15. Variations de MVS et la siccité des boues nouvellement déshydratées dans la STEP de SET au bout de 10 jours.**



**Figure III-16. Variations de la MVS et la siccité des boues déshydratées après 24H dans la STEP de SET au bout de 10 jours.**

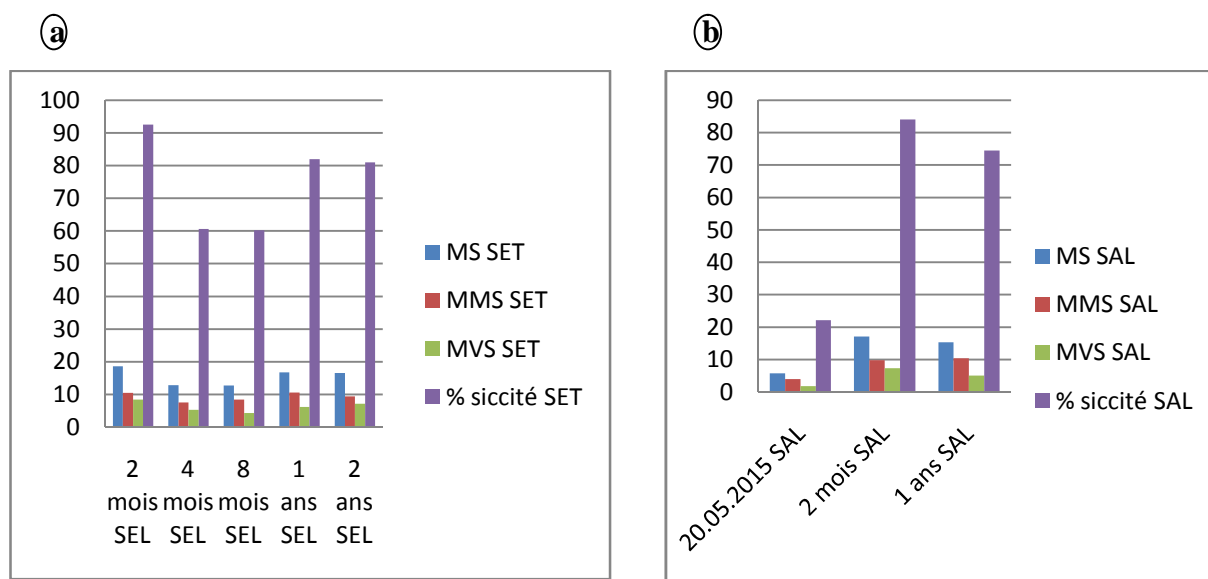
#### III-2-11-6. MS et MVS de boue anciennement déshydratées

D'après la figure (III-17), le suivi de l'évolution de la matière sèche pendant une longue période nous permet de quantifier l'évolution de sa composition organique et minérale,

En outre les résultats obtenus à la STEP de SET varient entre 18,64 à 16,70 g et 4,3047 à 8,397 g de MS et MVS successivement, quant à la siccité nous avons enregistré une forte valeur pour la boue ancienne de 2 mois de l'ordre de 92,594 % par la suite on constate une diminution à 60,25 % pour celle de 8 mois, finalement augmente jusqu'à 81,01 %. Ce phénomène est du vraisemblablement aux précipitations et aux eaux de ruissèlement qui altèrent les propriétés physico-chimiques de la boue.

Comparativement aux résultats précédents, dans le cas de la station de SAL, d'un côté on a eu des résultats pour une boue nouvellement prélevée des teneurs en MS et MVS semblables à ceux de SET, de l'ordre de 5,7626 et 1,8242 g respectivement. D'un autre cas, on a eu un taux de 60,22% de siccité.

Donc la boue restante est dite stable car elle est débarrassée de ses matières organiques (MVS). Ce qui est éclairci par les pourcentages de caractérisation d'une boue par sa siccité.



**Figure III-17. Variations de la MVS et la siccité des boues anciennement déshydratées dans la STEP de SET et SAL.**

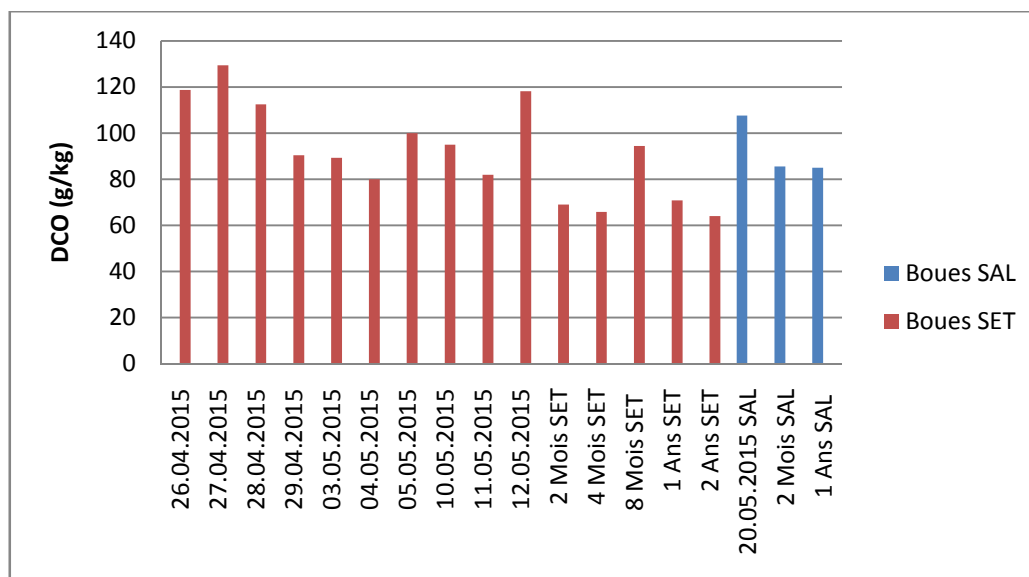
### III-3. Résultats et interprétation des résultats des boues sèches et calcinée

#### III-3-1. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les résultats relatifs à la DCO comme illustrer dans la figure (III-18) montrent une forte charge organique contenue dans la boue, elle est mise en évidence par la demande chimique en oxygène DCO, qui est une indication sur les quantités de substances chimiquement oxydables.

La DCO de la boue de la station de SET oscille entre 64 g/kg et 129,41 g/kg, Les résultats montrent également une forte charge organique contenue dans les boues nouvelles comparativement aux âgées, la valeur moyenne de la DCO des boues récemment déshydratées est de 101,55 kg, alors que celles correspondants aux anciennes ont une moyenne de 72,86 g/kg. Même cas pour les boues de SAL, on a des teneurs variables en DCO qui sont élevée de l'ordre de 107,63 g/kg dans la boue fraîche et une moyenne de 85,25 g/kg des boues âgées.

À titre de récapitulation, on peut déduire que la réduction temporelle de la matière organique, suite au stockage des boues, est due au fait que la matière organique a subi un compostage naturelle, c'est-à-dire une oxydation biologique aérobie de la matière organique fermentescible contenue dans les boues.



**Figure III-18. Variation spatio-temporelle de la DCO des boues sèches.**

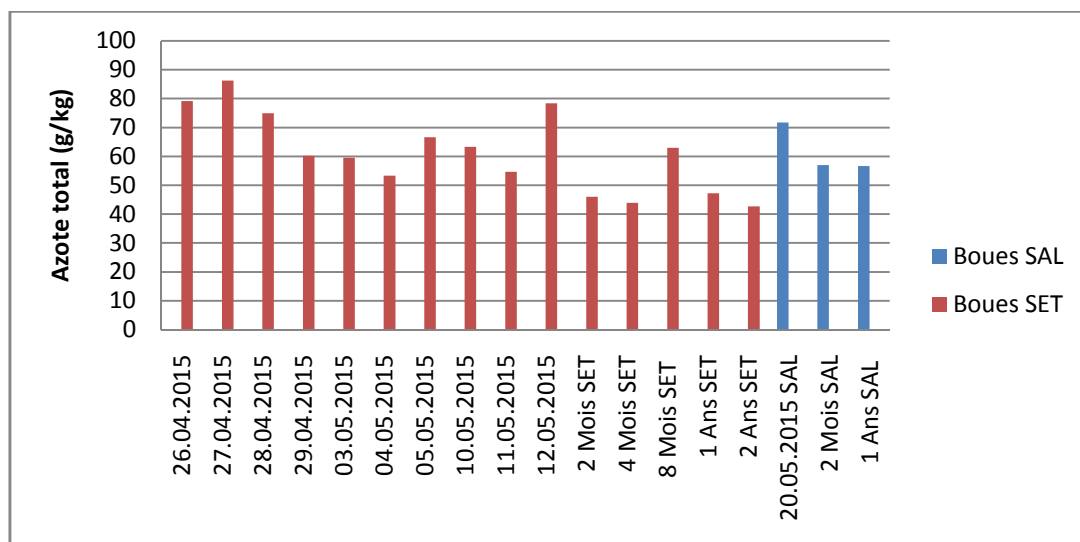
### III-3-2. Azote totale Nt

L'azote des boues se trouve sous formes organique et inorganique. Les formes inorganiques sont immédiatement disponibles pour la plante tandis que les formes organiques doivent être minéralisées par les microorganismes. La forme de l'azote ciblée par cette étude est la forme minérale, ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) et nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ).

Les valeurs (voir figure III-19) des nitrates obtenues dans la STEP de SET se situent entre 8,4 à 38,86 g/kg de boues avec une moyenne de 21,43 g/kg, Celles de SAL présente une moyenne de 19,22g/kg.

Ces résultats indiquent un gradient légèrement décroissant des teneurs en azote à mesure de la longévité des boues.

En effet cette dégradation de l'azote minérale est due à la prédominance de la forme organique ce qui n'est pas surprenant, puisque les boues sont le produit d'une dégradation biologique d'une matière organique une fois l'absorption des formes minérales terminées il faut que la forme organique soit minéralisée pour que l'absorption se poursuive cette tâche est attribuée aux micro-organismes présents dans les boues.



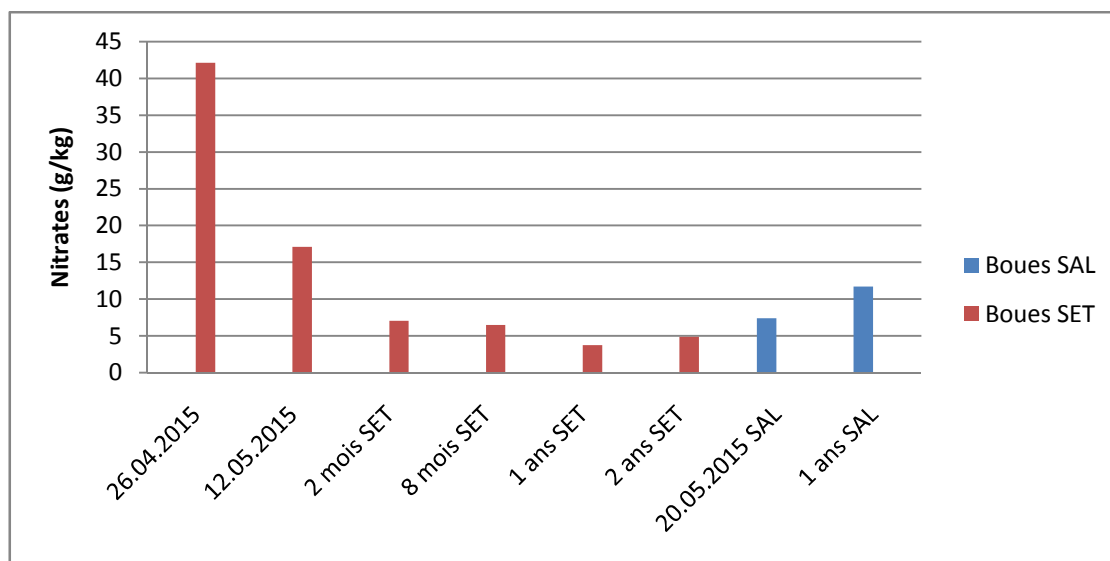
**Figure III-19. Variation spatio-temporelle de l'Azote total des boues sèches.**

### III-3-3. Nitrates NO<sub>3</sub>

Comparées aux valeurs des teneurs en nitrates dans les boues sèches nouvellement produite dans la STEP de SET, à celles des boues âgées (voir figure III-20), on remarque une diminution considérable des nitrates (voir figure ci-dessous). Les valeurs obtenus varient de 17,09 à 17,5 g/kg pour les nouvelles boues, et de 4,88 à 7,06 g/kg pour les boues âgées. Contrairement aux valeurs enregistrés à la STEP de SAL ou on remarque l'inverse, avec une augmentation de la teneur des nitrates de l'ordre de 5,02 pour la nouvelle boue et 7,39 pour l'ancienne.

La décroissance des teneurs en nitrates peut être expliquée par le processus de dénitrification, celle-ci est accompagnée d'une augmentation de la teneur en ammonium, sous l'action de bactéries dénitrifiantes. A la fin de la métabolisation, on aura de l'azote gazeux.

Le NO<sub>3</sub> présente la propriété de perte au lessivage, cette perte a le double désavantage de créer des problèmes de pollution pour les nappes phréatiques et ne pas servir à la fertilisation des sols.



**Figure III-20. Variation spatio-temporelle des Nitrates des boues sèches.**

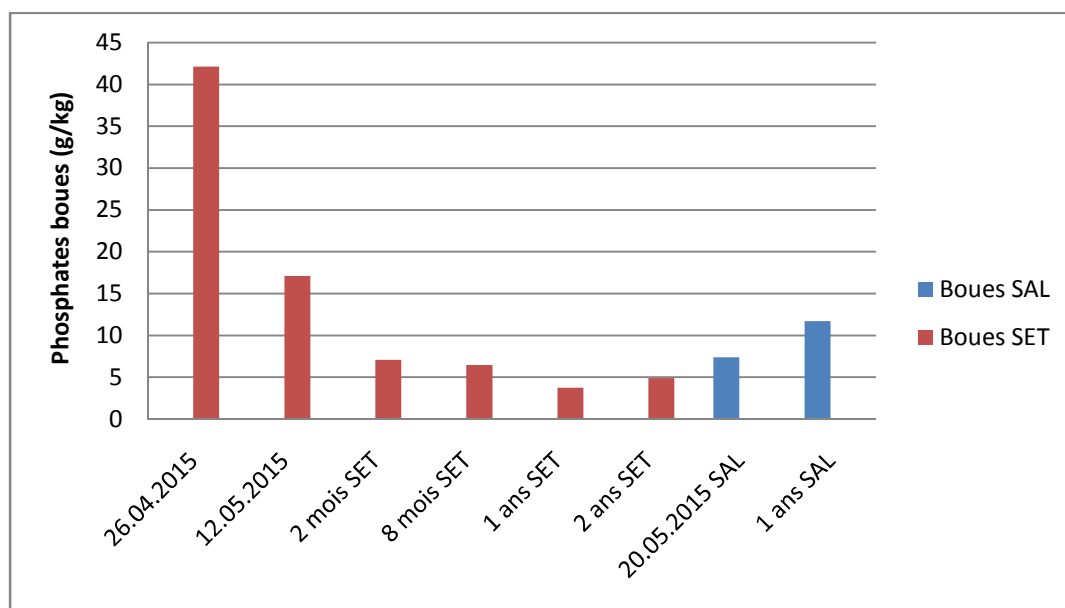
#### III-3-4. Phosphates $PO_4$

Les phosphates constituent un facteur de précocité, ils jouent un rôle régulateur : ils favorisent tous les phénomènes concernant la fécondité.

D'après les résultats montrés sur la figure ci-dessous, on constate que le phosphate représente une proportion importante dans la composition de la matrice boue, en raison d'une forte accumulation des phosphates dans les eaux traitées. Dans les deux STEP, on remarque un abaissement remarquable des teneurs en phosphates au fil du temps. En outre on enregistre des concentrations allant de 19,69 à 137,5 g/kg et de 25,5 à 61,5 g/kg, dans les stations de SET et SAL respectivement.

Quant au phénomène qui est à l'origine de cet abattement, on peut l'associer aux micro-organismes qui assurent la dégradation du carbone et de l'azote et intègrent du phosphore à leur matériel cellulaire (structure membranaire, ATP et ARN). La part de phosphore éliminée, simplement par cette voie, représente environ 25 % de la quantité journalière à dégrader.





**Figure III-21. Variation spatio-temporelle des phosphates des boues sèches.**

### III-3-5. Dosage des métaux

La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à réglementer les émissions en fixant des teneurs limites. Cette réglementation n'est cependant d'aucun secours pour déterminer sans ambiguïté une liste de métaux à surveiller car la liste varie selon les milieux considérés : émissions atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge. La contamination par les métaux lourds est due aux ordures ménagères (piles au cadmium, batteries au plomb, cuivre et zinc des pesticides, etc.) qui représente 25 % de ces émissions dans la nature. [3]

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport aux capacités d'assimilations de l'organisme.

Pour cela on s'est référé à la norme française en Teneurs-limites en micropolluants métalliques dans les boues destinées en Agricultures, dont un résumé est donné au tableau (III.5).

Le dosage des métaux lourds des boues des stations étudiées, ont été effectués par divers équipements dont dispose l'Université Abderrahmane Mira de Béjaia.

**Tableau III-5. Valeurs limites de concentration dans les boues (mg/kg de matière sèche) autorisées pour leur valorisation en agriculture**

VALEURS LIMITES DE CONCENTRATION EN MÉTAUX LOURDS DANS LES BOUES DESTINÉES À L'UTILISATION EN AGRICULTURE	
(mg/kg de matière sèche)	
Paramètres	Valeurs limites
Cadmium	20 à 40
Cuivre	1 000 à 1 750
Nickel	300 à 400
Plomb	750 à 1 200
Zinc	2 500 à 4 000
Mercuré	16 à 25
Chrome (I)	—

### III-3-5-1. Dosage des métaux par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique:

Pour les 36 échantillons de boues étudiés dont (18) échantillons Brutes et (18) Calcinées, nous avons recherché neuf métaux : le plomb (Pb), le nickel (Ni), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le cadmium (Cd), le cobalt (Co), le calcium (Ca), le manganèse (Mn) et le Fer (Fe).

Sur la base des résultats obtenus, nous avons établi les graphiques pour les teneurs des métaux étudiés.

#### a) Plomb

La pollution des eaux de surface par le plomb à partir de la circulation routière peut avoir caractère significatif : des teneurs allant de 100 à 200  $\mu\text{g/L}$  sont susceptible d'être retrouvées aux abords d'une autoroute avec des dépôts de plomb allant de 100 à 1 000  $\mu\text{g/m}^2$  par jour. Bien que les eaux de distribution à la sortie des usines de traitement respectent le plus souvent les concentrations autorisées en plomb, Les causes peuvent être liées à la présence de tuyaux en plomb, très utilisée autrefois.

La figure donnée ci-dessous indique que la teneur en Plomb dans les boues calcinées, varie entre 01 et 250 mg/kg, et de 01 à 200 mg/kg pour les boues brutes, cependant elles ne renferment qu'une faible teneur en Plomb. Elle est largement inférieure à la norme requise pour leur utilisation l'agriculture et qui est de 1200mg /kg.

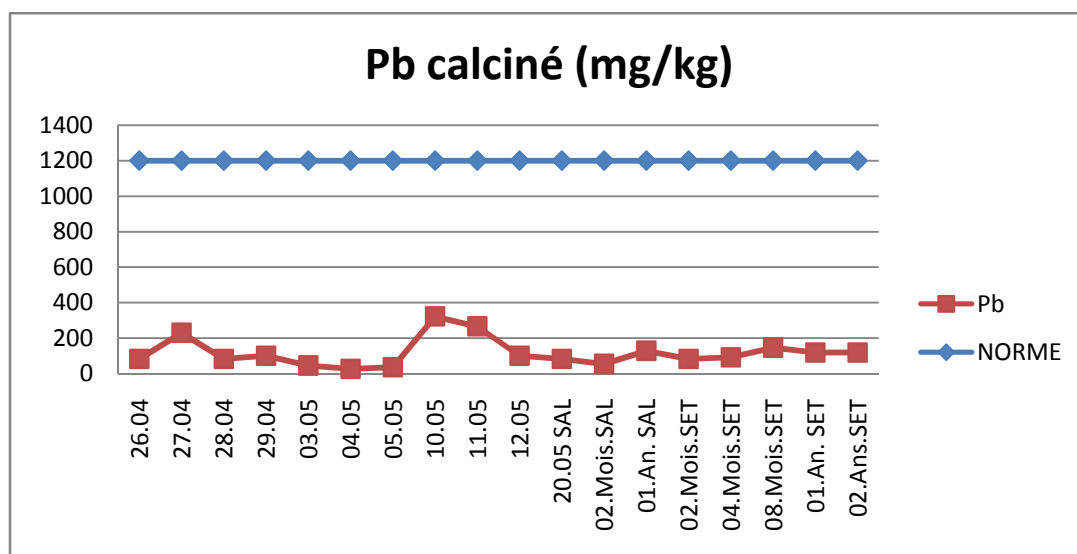


Figure III-22. Concentration du Plomb dans les boues calcinées.

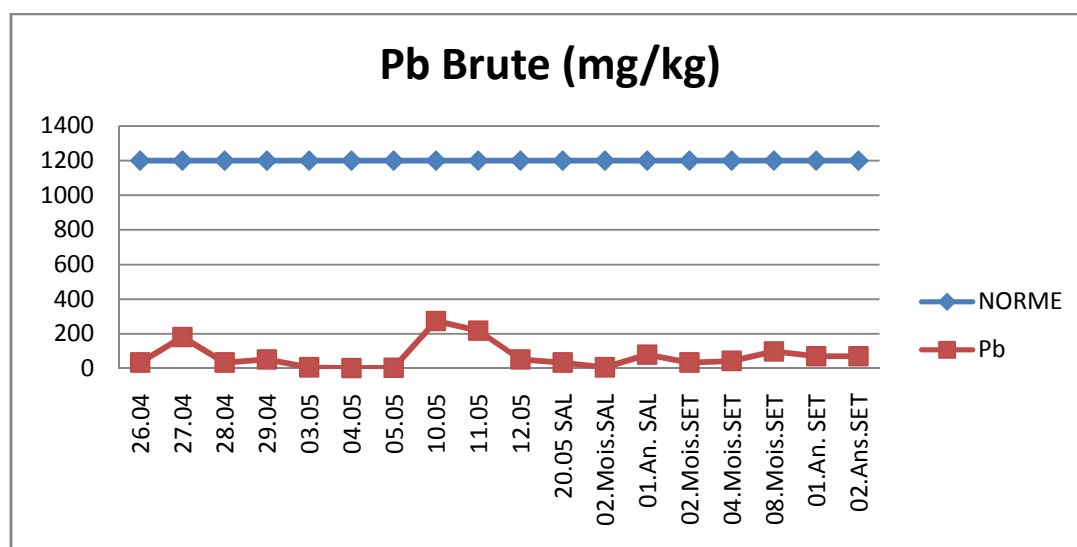


Figure III-23. Concentration du Plomb dans les boues brutes.

### b) Le Nickel

Dans les pollutions d'origine industrielle, on retrouve le nickel généralement associé aux cyanures, au mercure, à l'arsenic, au chrome, etc.

Le fait que le nickel ne soit généralement pas retrouvé dans les eaux souterraines ou en quantités très faibles indique que la présence de ce métal est principalement liée aux activités humaines. Les quantités retrouvées dans les eaux de surface varient de quelques microgrammes à 100 µg/L. Les directives du Conseil des communautés européennes et la réglementation française indiquent également une valeur limite de 400mg/Kg dans les boues destinées à l'agriculture, Il faut aussi se rappeler que le nickel est également susceptible de provoquer des corrosions dans les circuits de distribution.

Les résultats des analyses des boues étudiées sont donnés sur la figure ci-dessous. Nous remarquons une différence significative des concentrations entre les deux types de boues, à savoir 215 mg/kg dans la boue calcinée, et 15 mg/kg dans la boue brute, ce résultat peut être expliqué par la disposition et l'emplacement des métaux dans la boue, sachant que dans les boues brute les métaux sont dans leurs états naturel formant des complexes organiques et minérales avec une ou plusieurs autres molécules, par contre dans la boue calcinée, la chaleur imposée pour faire volatilisé la matière organique a permis de faire des ruptures des liaisons monovalente et bivalentes y compris les liaisons fortes. Cette situation a conduit à la libération des métaux initialement emprisonnés, et par conséquent leurs augmentations dans la boue calcinée.

Toutefois, les valeurs trouvées répondent à la norme exigée qui est de 400 mg/kg.

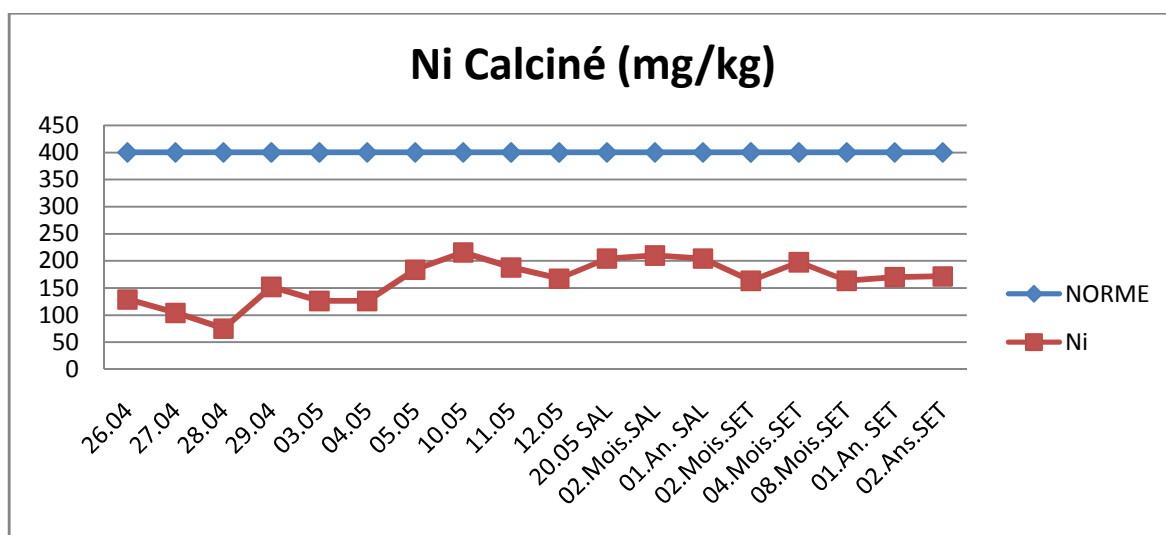


Figure III-24. Concentration du Nickel dans les boues calcinées.

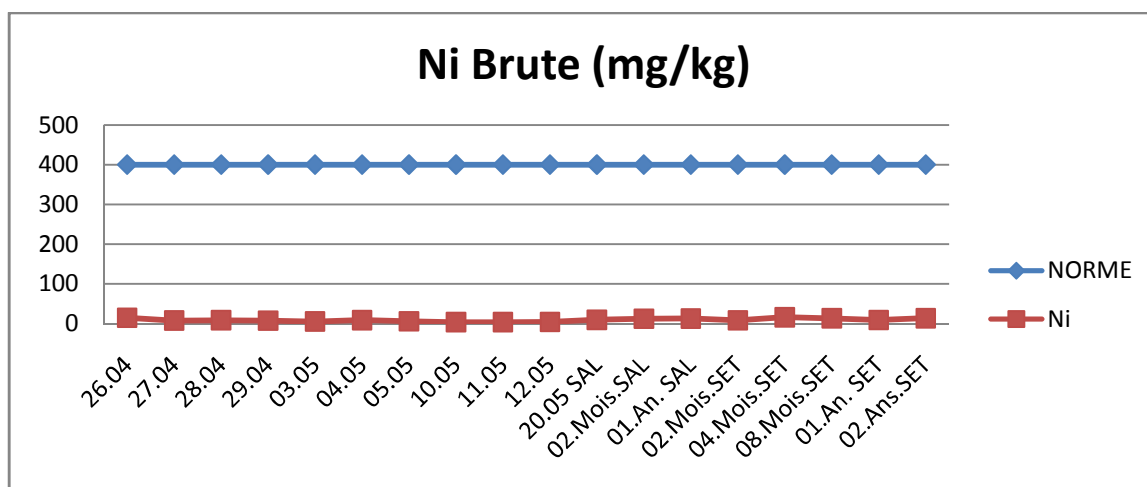


Figure III-25. Concentration du Nickel dans les boues brutes

### c) Le Zinc

La présence de zinc dans les eaux de surface doit être rattachée à des activités industrielles. Et aussi provient généralement des canalisations de laiton ou de fer galvanisé, Le zinc est considéré comme un élément essentiel dans la nutrition humaine et animale.

Le zinc aurait une action de protection vis-à-vis du cadmium et du plomb et jouerait le rôle d'antioxydant vis-à-vis des radicaux libres. D'un point de vue physiologique, et sans que la toxicité puisse entrer en jeu.

Il y a lieu de noter que dans les eaux résiduaires de traitement de surface, le zinc est habituellement accompagné de plomb et de cadmium.

Pour l'usage agricole, les boues destinées pour l'épandage ne doivent pas dépasser la norme de 4000 mg/kg de teneurs en Zinc.

Les concentrations en zinc déterminées dans les deux types de boues sont représentées sur la figure ci-dessous: pour les boues calcinées, les teneurs de Zinc sont comprises entre 720 et 1170 mg/kg, tandis que dans les boues brutes elles sont réduites à 392 mg/kg et par conséquent répondent à la norme requise (4000mg/l).

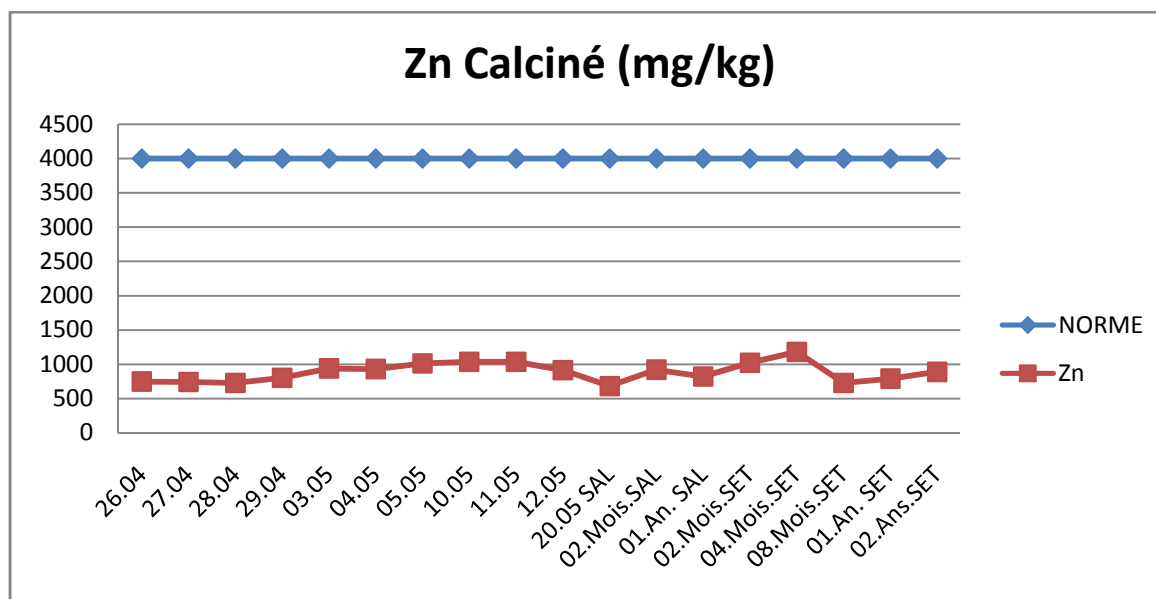


Figure III-26. Concentration du Zinc dans les boues calcinées.

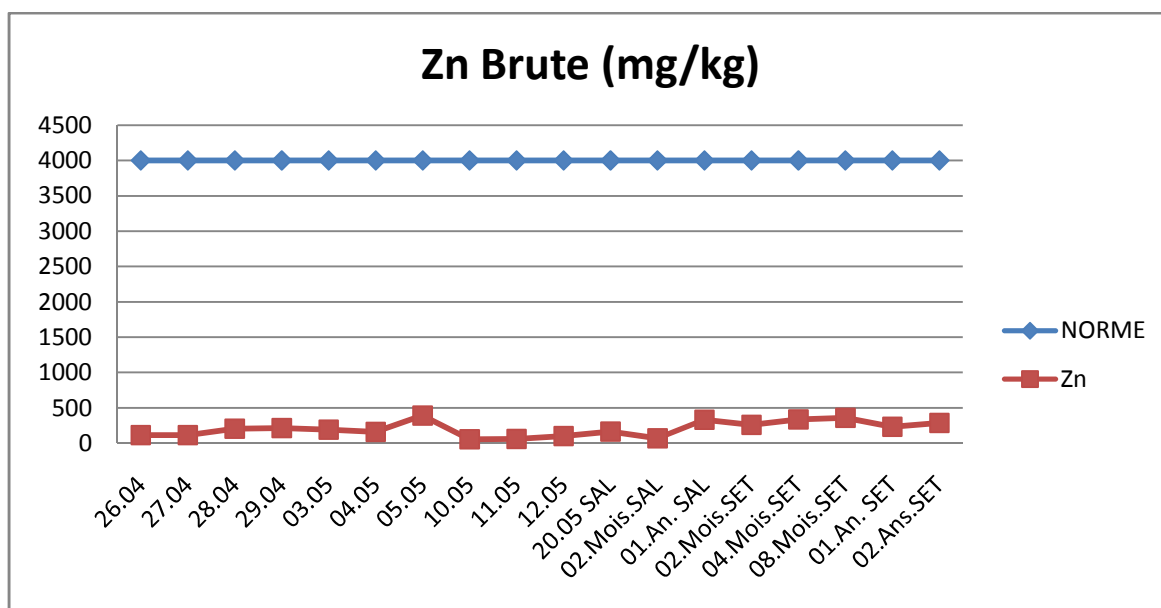


Figure III-27. Concentration du Zinc dans les boues calcinées et brutes

*d) Le Cuivre:*

Les sels de cuivre (sulfate, acétate, dérivés organiques) sont utilisés comme fongicides ou algicides en agriculture, pour les traitements chimiques de surface, pour le tannage des peaux, la fabrication de céramiques et de peintures. En dehors de pollutions industrielles ou de traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution.

Les résultats d'analyse du cuivre portés sur la figure ci-dessous montrent que les concentrations en Cuivre enregistrées dans les boues calcinées ainsi que les boues brutes pour les deux stations, sont comprises entre 40 et 400 mg/kg. Ce qui représente un avantage du point de vue norme, ou on trouve toutes les valeurs inférieure à la limite requise (1750 mg/kg).

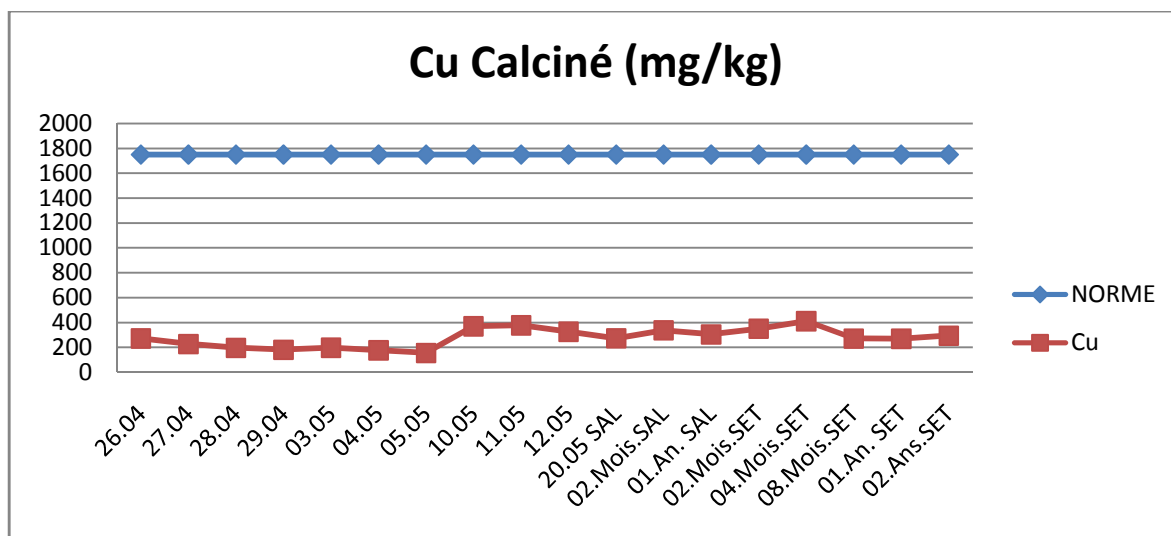
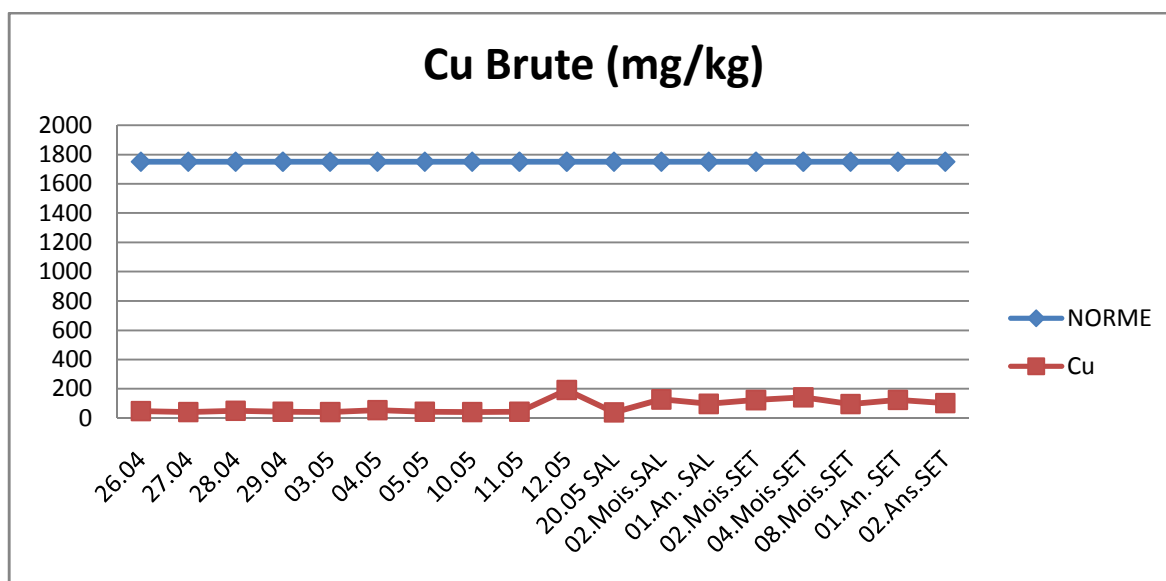


Figure III-28. Concentration du Cuivre dans les boues calcinées.



**Figure III-29. Concentration du Cuivre dans les boues brutes.**

#### *e)Le Cadmium*

Outre la contamination par le cadmium, résultant de ses applications connues ou de celles de ses composés, sa présence accidentelle dans l'environnement sous forme d'articles galvanisés, de boues d'épuration et d'engrais ne peut qu'accroître la charge polluante du milieu qui nous entoure. On le qualifie d'élément à utilisation dispersive, en raison de son introduction sans retenue dans l'environnement. Ce sont les déchets industriels et les ordures ménagères qui constituent les principales sources de pollution par le cadmium. Des moutons et des bovins peuvent également concentrer ce métal.

D'après les figures ci-dessous, les résultats d'analyses du cadmium, effectuées sur les boues calcinées, sont au maximum de 11 mg/kg, largement inférieures à la norme requise (40 mg/kg). Dans les boues brutes, ces concentrations sont réduites jusqu'à moins de 6 mg/kg. Ces dernières représentent des valeurs nettement inférieures à la norme requise (40 mg/kg).

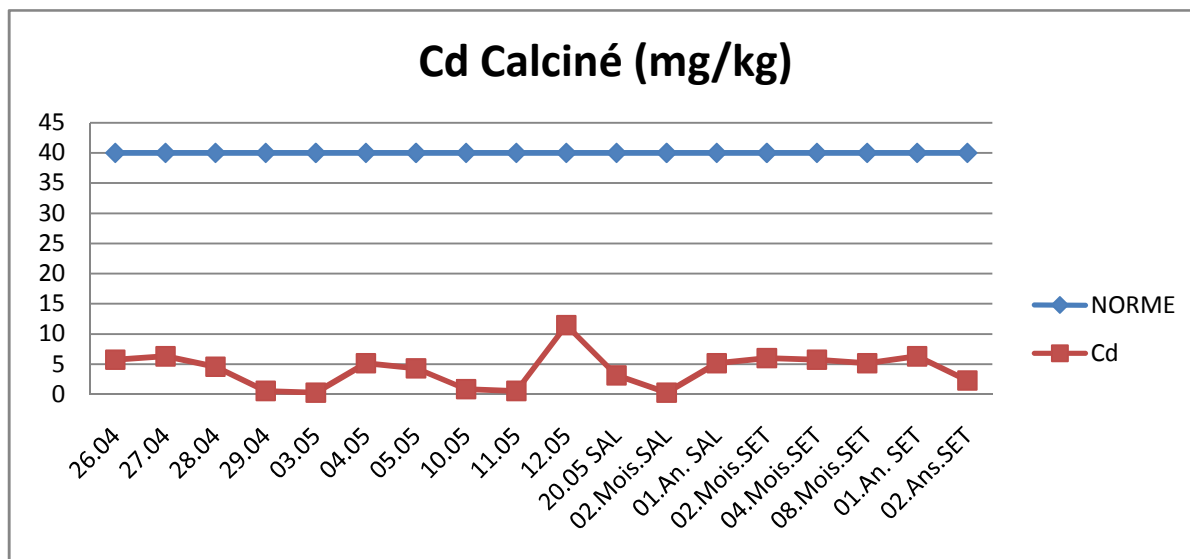


Figure III-30. Concentration du cadmium dans les boues calcinées.

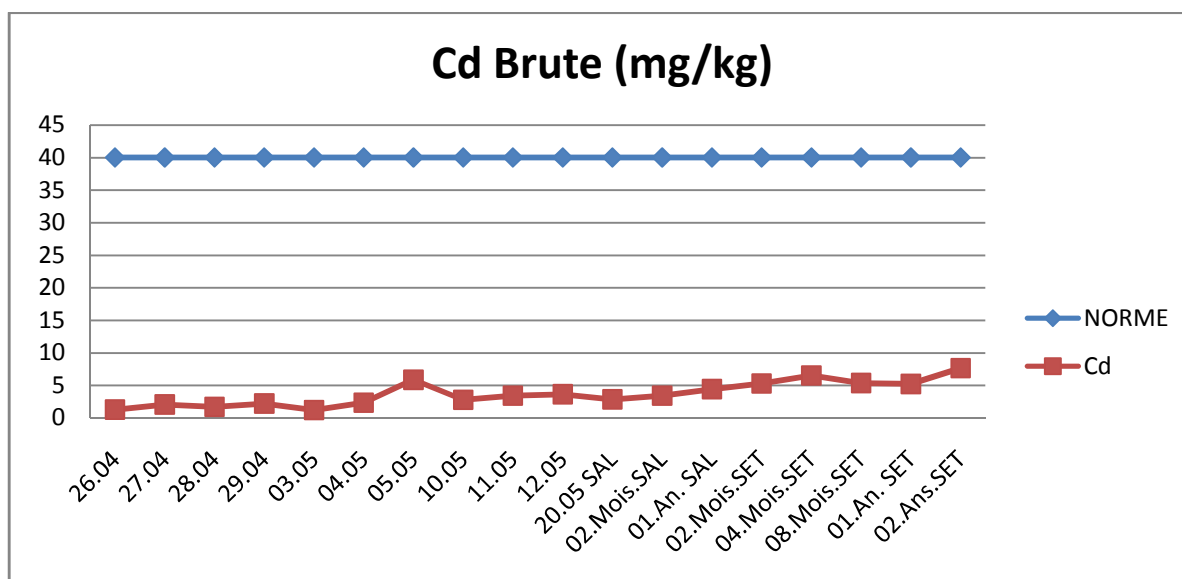


Figure III-31. Concentration du cadmium dans les boues brutes.

#### f) Le Cobalt

De petites quantités de cobalt peuvent être mises en solution par le développement d'une activité bactérienne spécifique. Le cobalt est très utilisé dans la métallurgie des aciers spéciaux très résistants ; les sels de cobalt sont également employés comme pigments colorés (peintures, céramiques) et comme catalyseurs.

Ce métal intervient en tant qu'oligo-élément pour les plantes.



Les directives du Conseil des communautés européennes, L’OMS et la réglementation française ne donnent pas de normes pour le cobalt pour les boues destinées à l’agriculture.

D’après les résultats d’analyses obtenus (voir figure ci-dessous) pour les échantillons mis en évidence, on remarque une présence de 03 à 64 mg/kg pour les bous calcinées et de 0 à 6 pour les boues brutes, ces traces de cobalt sont probablement dues à une industrie de fabrication artisanale des citernes en acier, limitrophe de la zone d’étude.

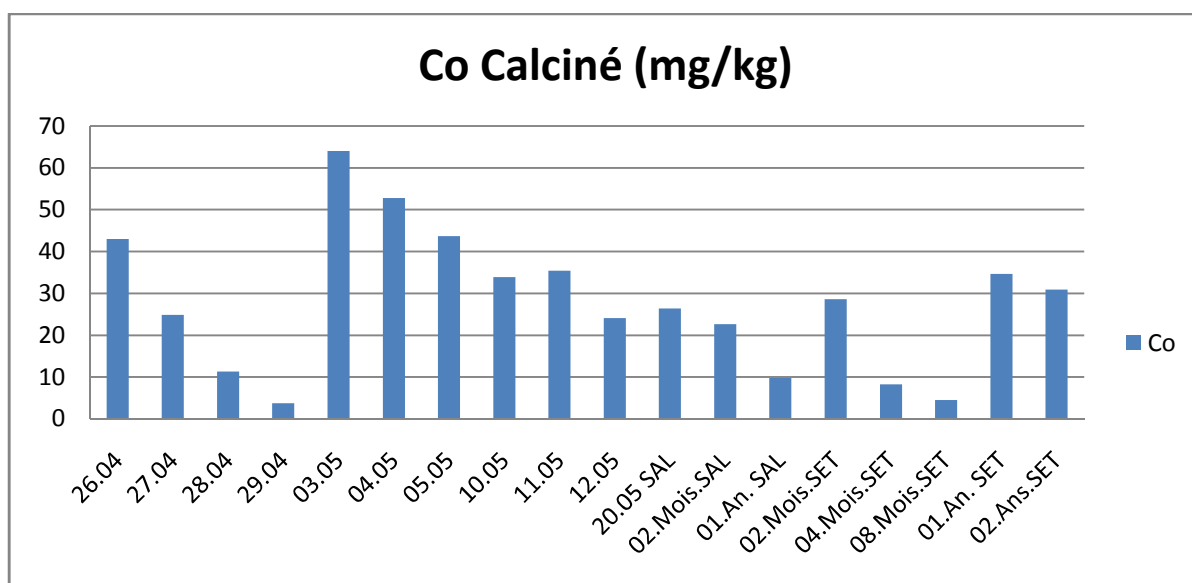


Figure III-32. Concentration du Cobalt dans les boues calcinées.

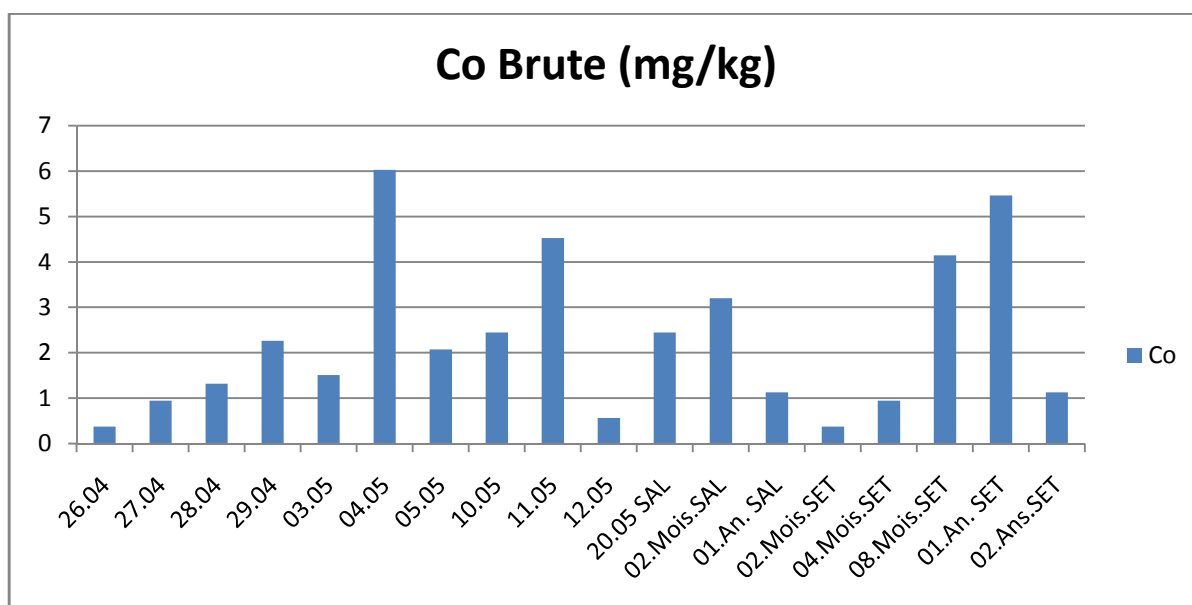


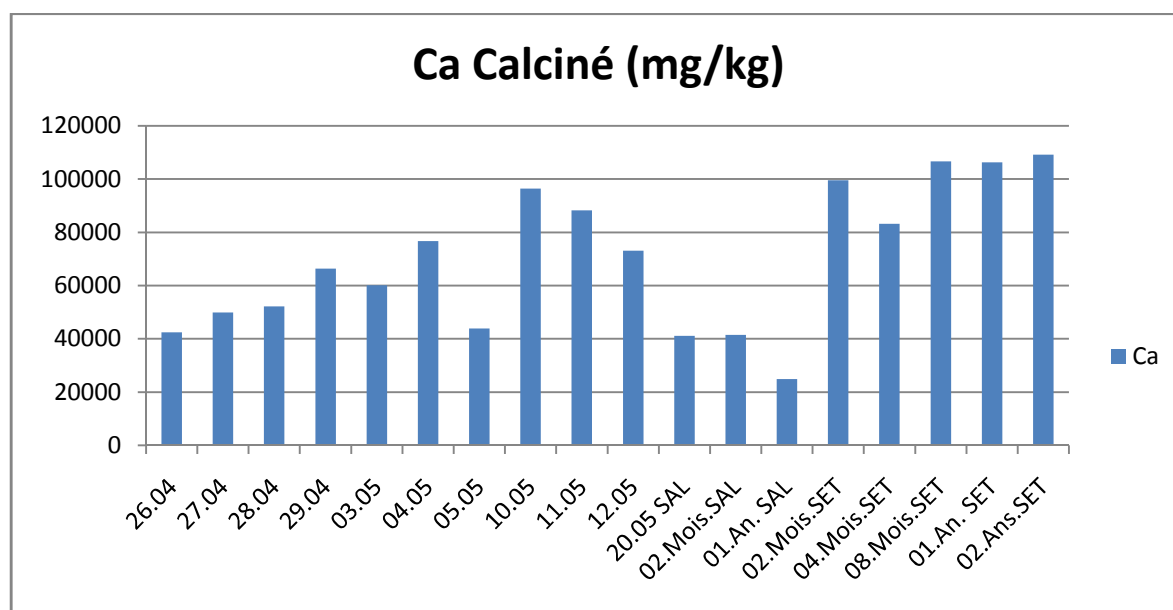
Figure III-33. Concentration du Cobalt dans les boues brutes.

**g) Le Calcium**

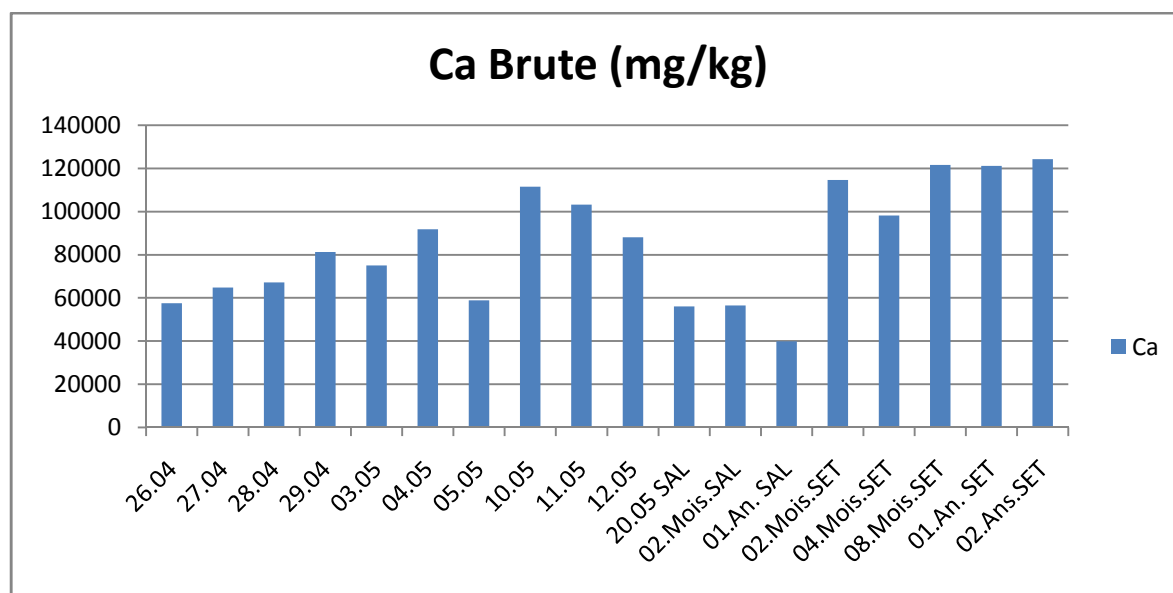
L'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/L de calcium soit 150 à 200 mg en CaO ou 250 à 350 mg en CaCO<sub>3</sub>.

À titre indicatif, les directives du Conseil des communautés européennes n'indiquaient pas les teneurs du calcium dans la boue destinée à l'agriculture.

Cependant on enregistre d'après les figures ci-dessous, de forte charge en calcium pour les boues analysées, pour les deux qualité de boues analysées, en outre les boues calcinées donne une valeur maximale de l'ordre de 109000 mg/kg et de 124000 mg/kg pour les boues brute, les teneurs élevées enregistrées dans notre cas, sont probablement liées à la nature et aux propriétés physico-chimiques de l'eau, qui sont chargées en oligo-éléments particulièrement le calcium, cette eau est exploitée pour la déshydratation des boues issues de la chaîne du traitement.



**Figure III-34. Concentration du calcium dans les boues calcinées.**



**Figure III-35. Concentration du calcium dans les boues brutes.**

### **g) Le manganèse**

Le manganèse est nécessaire à l'homme pour la croissance, la pollution de l'eau par le manganèse n'est pas un problème sauf en cas de rejet exceptionnel. La principale source de pollution des eaux provient des traitements métallurgiques.

En agriculture, le manganèse joue un rôle très important pour les cultures et il est considéré comme oligo-élément. Sa carence a des effets néfastes sur les plantes. Parmi les cultures sensibles aux carences de Mn, on trouve les céréales (blé, avoine), les cultures maraîchères et les légumineuses.

Pour les boues destinées à l'agriculture, aucune institution internationale ou locale n'a intégré de normes dans leurs réglementations, relatives à la limitation du Manganèse dans les boues pour une éventuelle valorisation.

Les boues des deux stations SET et SAL se caractérisent par des teneurs relativement élevées en Mn comme illustré dans les figures ci-dessous, de 400 à 1300 mg/kg pour les boues calcinées et de 30 à 600 mg/kg pour les boues brutes, on peut relier cette hausse en concentration de manganèse aux industries artisanales qui déversent leurs rejets dans le réseau d'assainissement urbain, à savoir l'unité de fabrication de citernes de stockage d'eau à proximité de la STEP de SET, et les petites fabriques de matériaux de constructions qui utilisent certains métaux pour produire de la céramique, on trouve aussi les déchets des ménages qui sont parfois chargés par des débris de nature électroniques (piles, téléphone,...etc), équipements électroménagers.

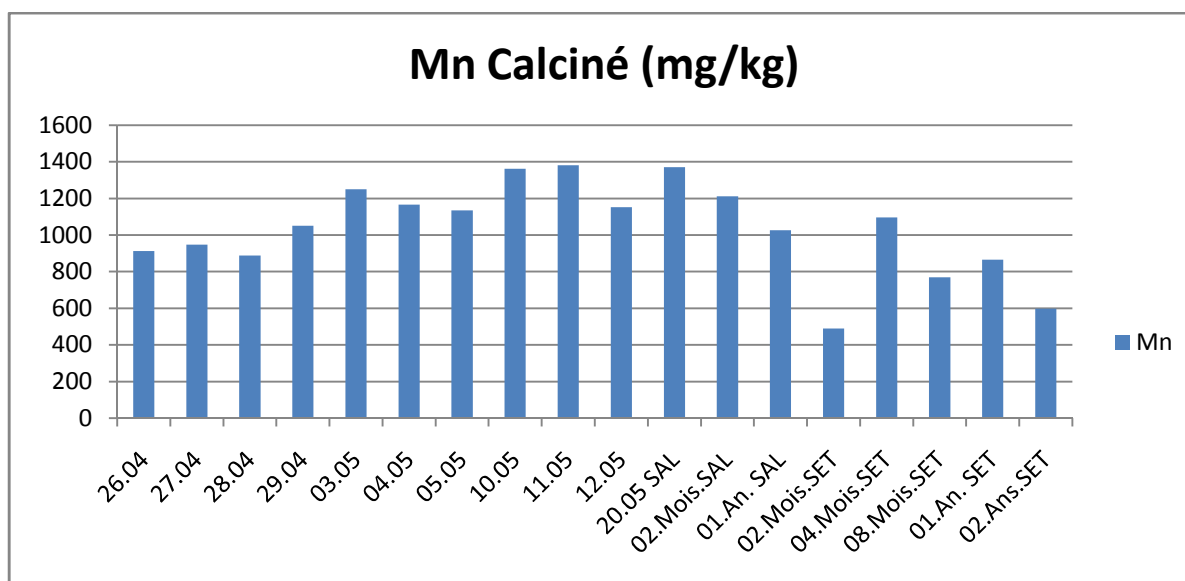


Figure III-36. Concentration du manganèse dans les boues calcinées.

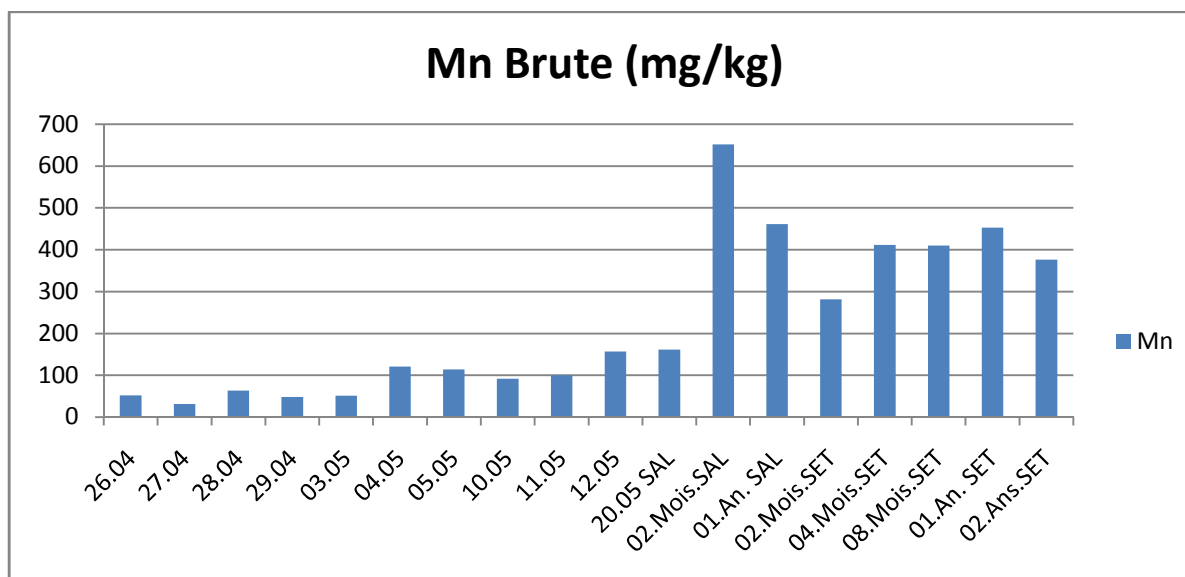


Figure III-37. Concentration du manganèse dans les boues brutes.

### i) Le fer

Les eaux de surface peuvent contenir une grande quantité de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles ; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'amenées.

Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau ; il précipite à la suite du dégagement de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air. Suivant les cas, il pourra exister en solution à l'état colloïdal, sous forme de complexes organiques ou minéraux, notamment si des polyphosphates sont utilisés dans le traitement de l'eau.

Il existe certaines bactéries très avides de fer : ces ferrobactéries se fixent sur les parois des canalisations et entraînent des phénomènes de corrosion avec formation de concrétions volumineuses et dures.

En agriculture, le fer est un élément qui intervient dans la synthèse des éléments organiques indispensables à la vie des plantes. Le manque de fer disponible pour la plante entraîne un symptôme bien connu et fréquent : la chlorose des feuilles, qui prennent alors une teinte jaune plus ou moins prononcée. La chlorose affecte la capacité photosynthétique de la feuille, ce qui affecte la croissance et le développement de la plante entière. Ni les directives du Conseil des communautés européennes ni la réglementation française ne donnent des normes pour la concentration du fer dans les boues destinées pour l'Agriculture.

Cependant d'après les figures ci-dessous, les teneurs moyennes en fer, des boues de SET et de SAL, varient de 3400 à 6100 mg/kg pour les boues calcinées et de 350 à 5300 pour les boues brutes et cela est due à l'industrie du métal de production des citernes en acier et aux canalisations corrodées dans certaines conduites.

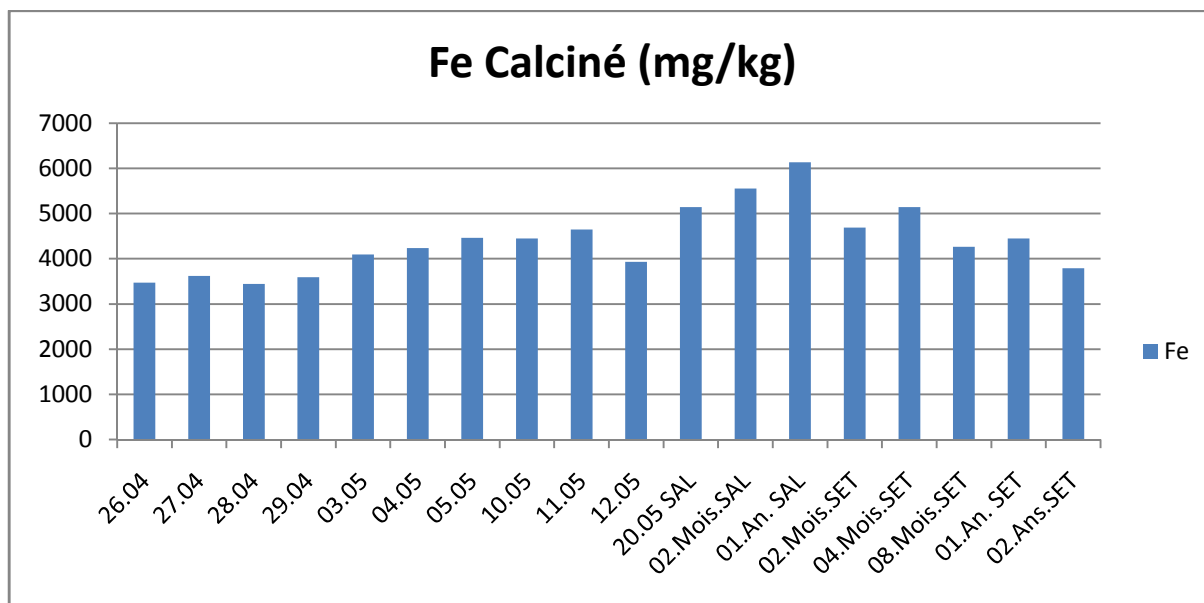
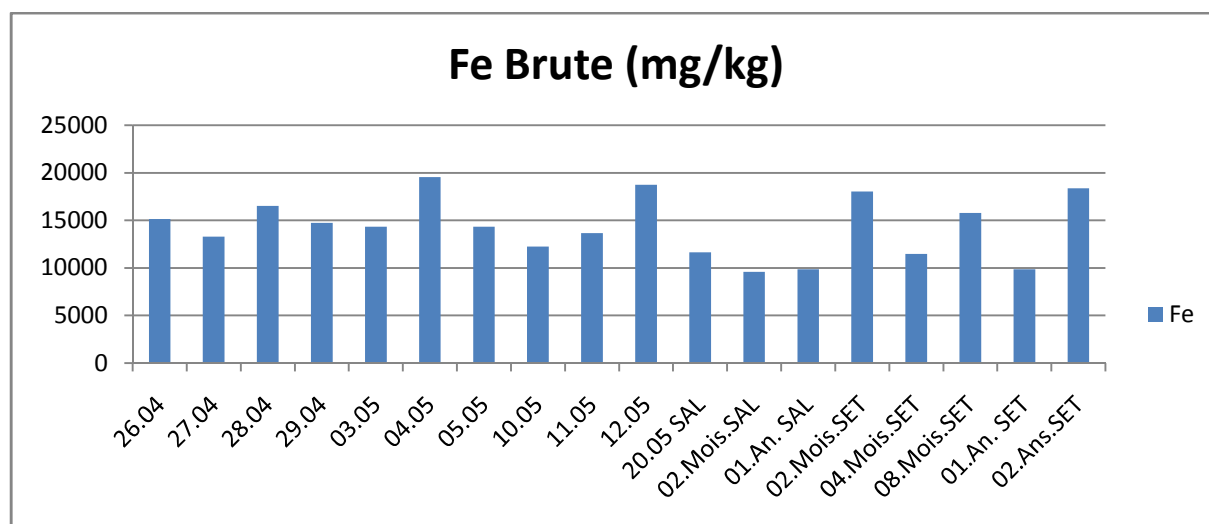


Figure III-38. Concentration du fer dans les boues calcinées.



**Figure III-39. Concentration du fer dans les boues brutes.**

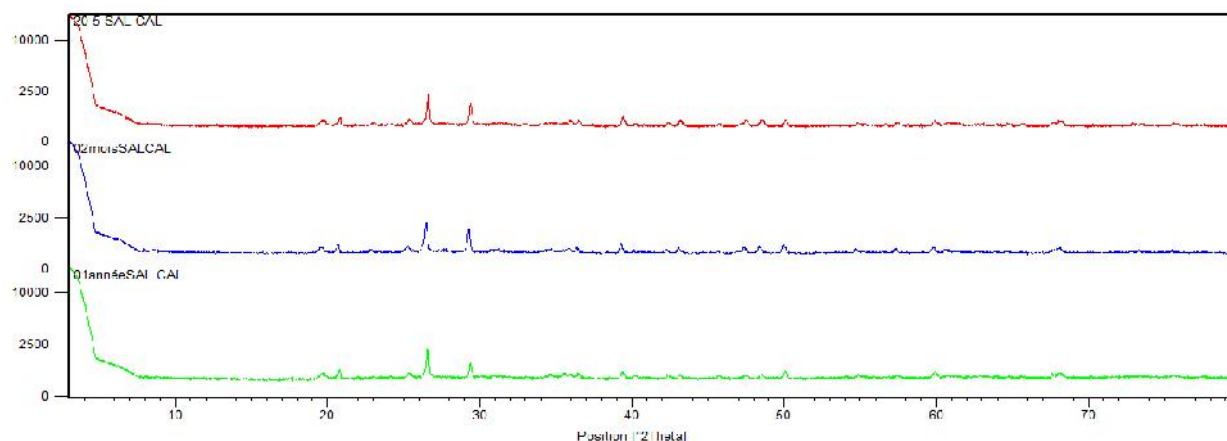
En conclusion, Les résultats obtenus montrent que les concentrations en métaux lourds présents dans ces boues ne posent pas de problèmes majeurs pour que ces dernières puissent être valorisées dans l'agriculture selon les normes françaises.

### III-3-5-2. Analyse minéralogique de la boue par DRX

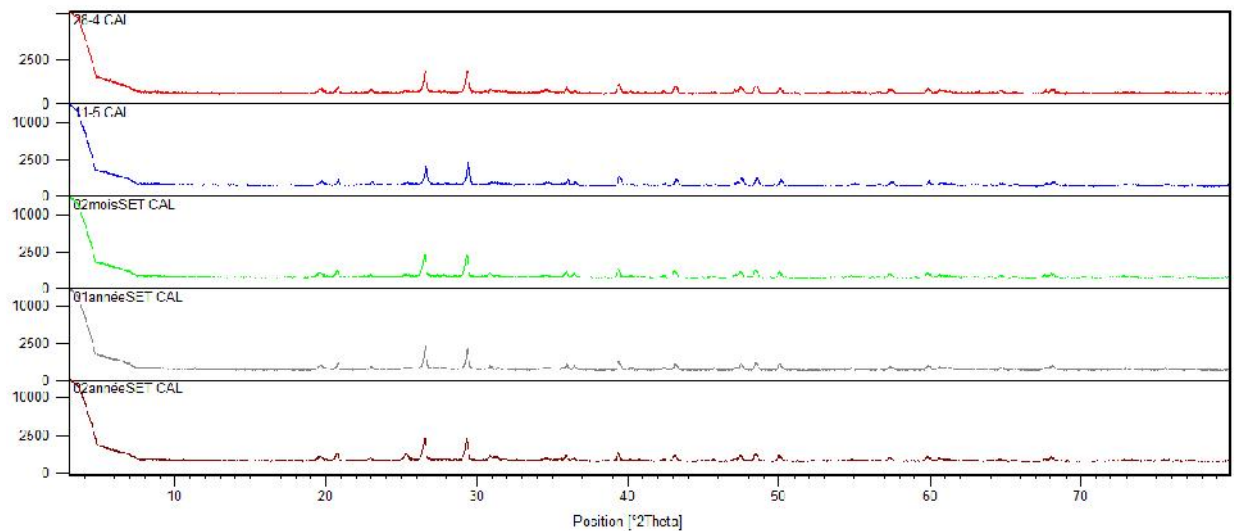
Les figures suivante présentent les diffractogrammes des échantillons analysés concernant les boues Calcinées et Brutes :

Nous constatons que tous les spectres obtenus présentent une série de pics de diffraction bien définis qui correspondent à des phases solides et liquide majoritairement bien cristallisées, et un bruit de fond dont la forme indique la présence de phases mal cristallisées. Ce résultat montre aussi que les boues prélevées à différentes échéances semblent présenter une composition minérale très proche.

#### A. Boues Calcinées



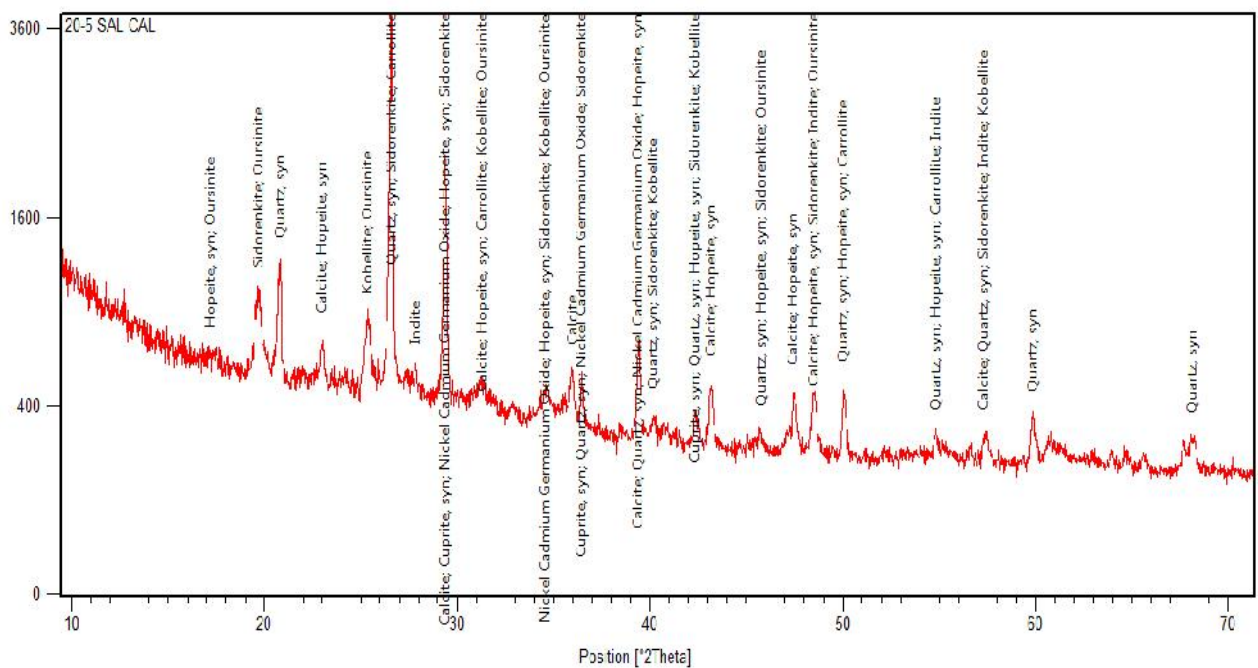
**Figure III-40. Spectres DRX des boues Calciné nouvelle et ancienne Sid Ali Labhar.**



**Figure III-41. Spectres DRX Calciné nouvelle et ancienne Souk el Tenine**

On remarque sur (Figure III-40 et Figure III-41) que les spectres résultants de la boue calcinée journalière et ancienne sont presque identiques pour cela pour leurs identifications nous avons pris deux spectres (un spectre d’une ancienne boue et l’autre journalière):

**A-1. Boue Calcinée Journalière**



**Figure III-42. Identification d’un spectre DRX d’une boue Calciné Journalière.**





- *Carrollite* :  $Co_2CuS_4$
- *Polydymite* :  $Ni_3S_4$
- *Quartz, syn* :  $SiO_2$

Pour le spectre d'une boue calcinée ancienne (Figure III-43) on a choisie celle de 01 année de la station de Sid Ali Lebhar pour cela on a constaté que les métaux mesurés par SAA sont présents dans les boues calcinés anciennes aussi, sous différentes formes minéralogiques.

### B. Boues Brutes

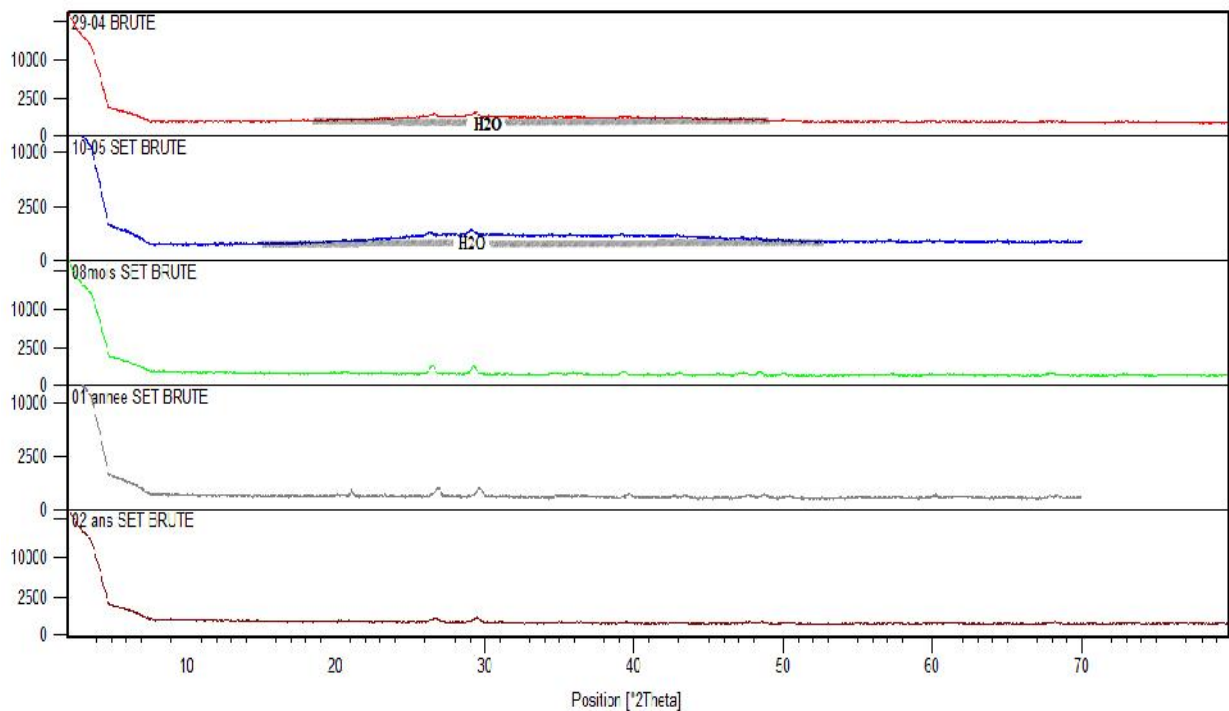


Figure III-44. Spectres DRX des boues Brutes nouvelles et anciennes Souk el Tenine.

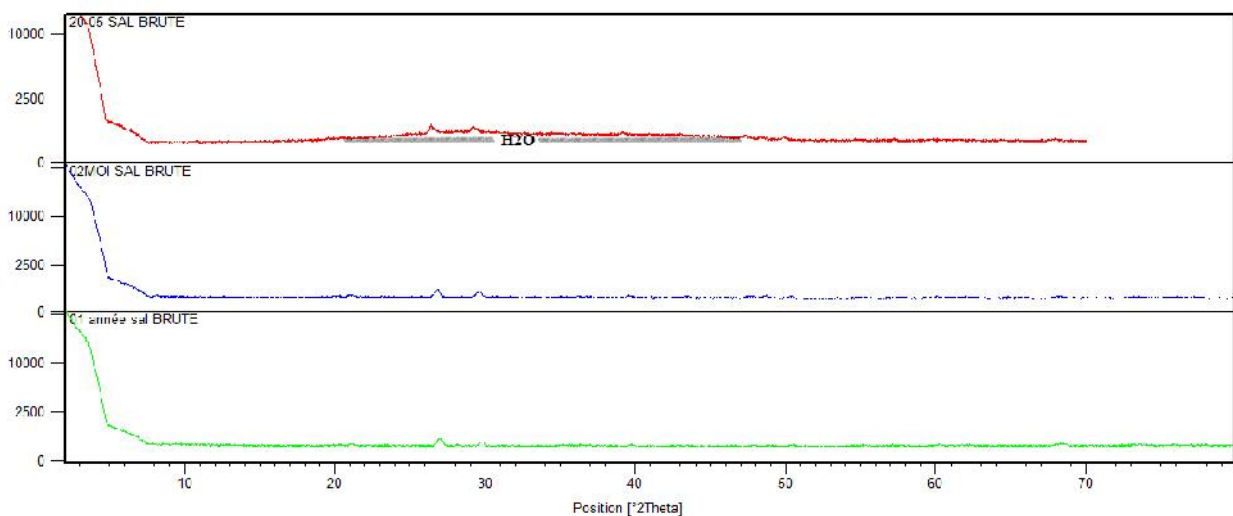
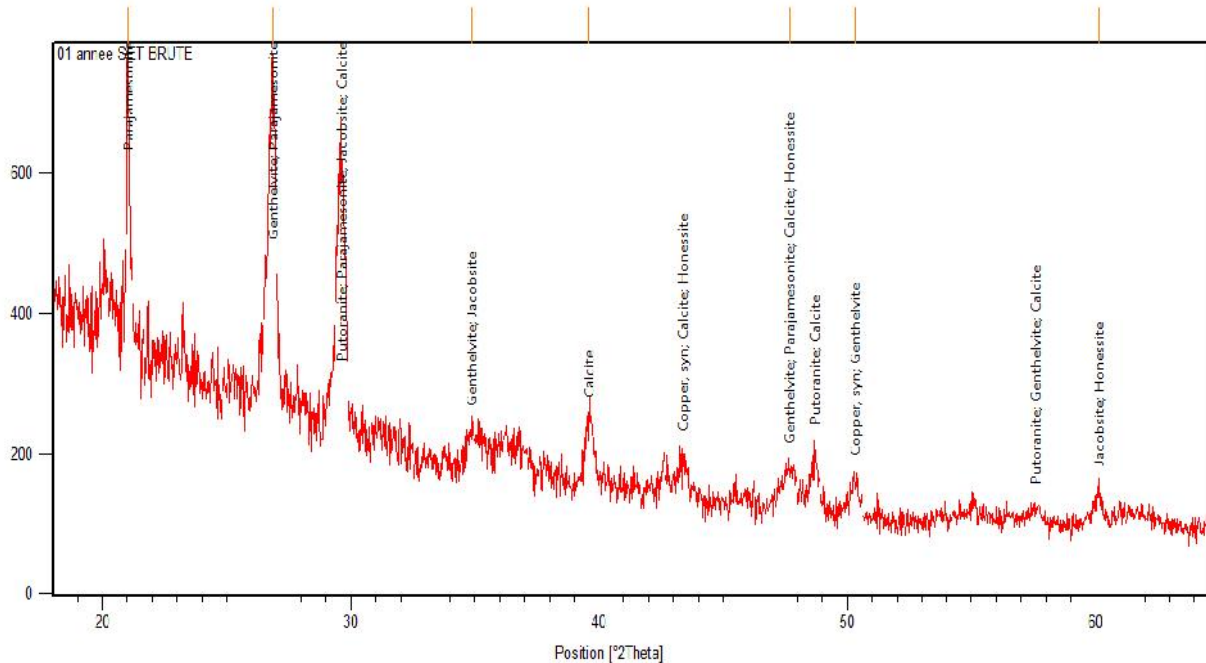


Figure III-45. Spectres DRX des boues Brutes nouvelles et anciennes de Sid Ali Labhar.

Pour les Brutes (Figure III-44 et Figure III-45) les diagrammes résultants de la boue brute journalière et ancienne ont presque les mêmes pics par contre on remarque un petit décalage pour les boues brutes journalières (nouvelles) et cela est due à la forte teneur en eaux comparativement aux boues brutes anciennes.

### B-1. Boue Brute Ancienne :

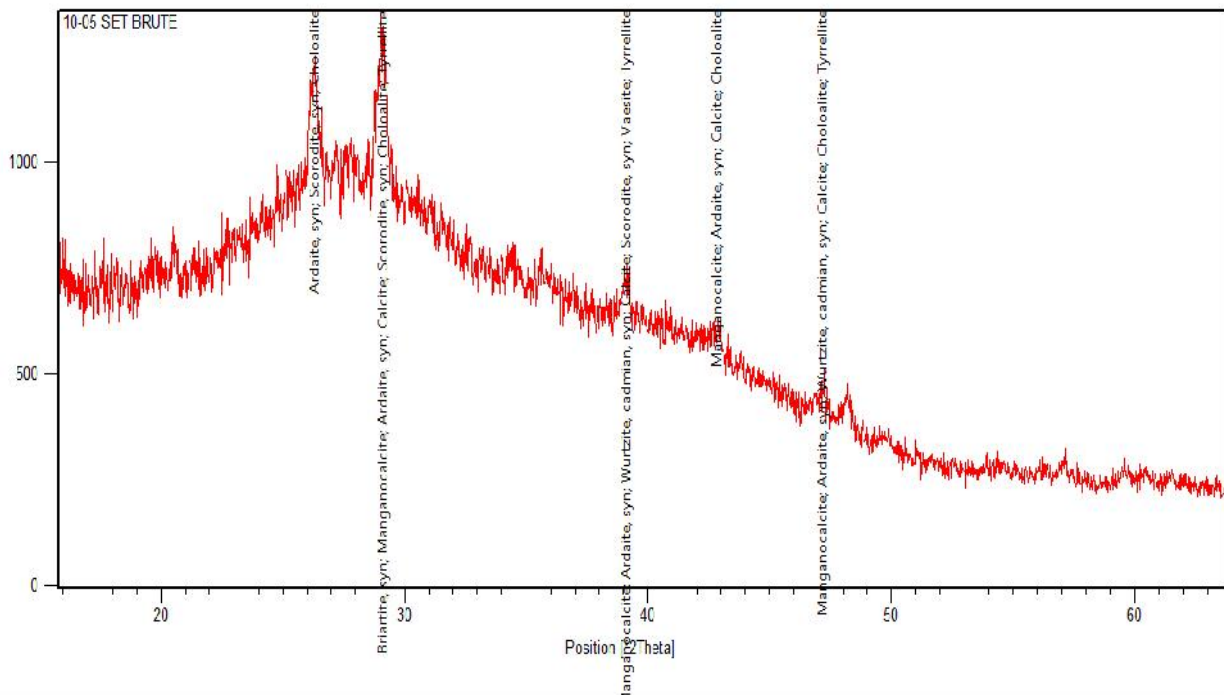


**Figure III-46. Identification d'un spectre DRX d'une boue Brute ancienne.**

- *Copper, syn* :  $Cu$
- *Putoranite* :  $CuFeS_2$
- *Genthelvite* :  $Zn_4Be_3Si_3O_{12}S$
- *Parajamesonite* :  $Pb_4FeSb_6S_{13}$
- *Jacobsite* :  $MnFe_2O_4$
- *Calcite* :  $CaCO_3$
- *Honessite* :  $Ni_6Fe_2(SO_4)(OH)_{16} \cdot 4H_2O$

L'examen du diffractogramme d'une boue brute ancienne (Figure III-46) révèle la présence des métaux dosés en SAA.

## B-2. Boue Brute Journalière



**Figure III-47. Identification d'un spectre DRX d'une boue brute Nouvelle.**

- Briartite, syn :  $Cu_2FeGeS_4$
- Manganocalcite :  $(Ca, Mn)CO_3$
- Ardaite, syn :  $Pb_{10}Sb_6S_{17}Cl_4$
- Wurtzite, cadmian, syn :  $Zn_{0.9}Cd_{0.1}S$
- Calcite :  $CaCO_3$
- Vaesite :  $NiS_2$
- Choloalite :  $CuPb(TeO_3)_2 \cdot H_2O$
- Tyrrillite :  $(Cu, Co, Ni)_3Se_4$

Pour le spectre d'une boue brute Nouvelle (Journalière) on a pris la boue du 10/05 de la station de Souk-El-Tenine on constate d'après les pics trouvés que tous les métaux mesurés en SAA sont présent dans les boues Brute Nouvelles ,on remarque que le manganèse est présent avec le calcium sous le Manganocalcite :  $(Ca, Mn)CO_3$  , le Zinc et le cadmium en Wurtzite, cadmian, syn :  $Zn_{0.9}Cd_{0.1}S$  , et aussi le Fer avec le cuivre sous la forme du Briartite, syn :  $Cu_2FeGeS_4$  , le Nickel comme le Vaesite :  $NiS_2$  , le plomb comme le Choloalite :  $CuPb(TeO_3)_2 \cdot H_2O$  et on peut trouver aussi 03 métaux dans un seul composé comme le Cuivre , le cobalt et le nickel en Tyrrillite :  $(Cu, Co, Ni)_3Se_4$ .

En conclusion on voit que tous les métaux dosés en SAA sont présent en DRX.

**III-3-5-3. Analyse minéralogique de la boue par Spectroscopie IR**

Les spectres obtenus des (16) échantillons de boues Analysées par infrarouge sont présentées ci-dessous:

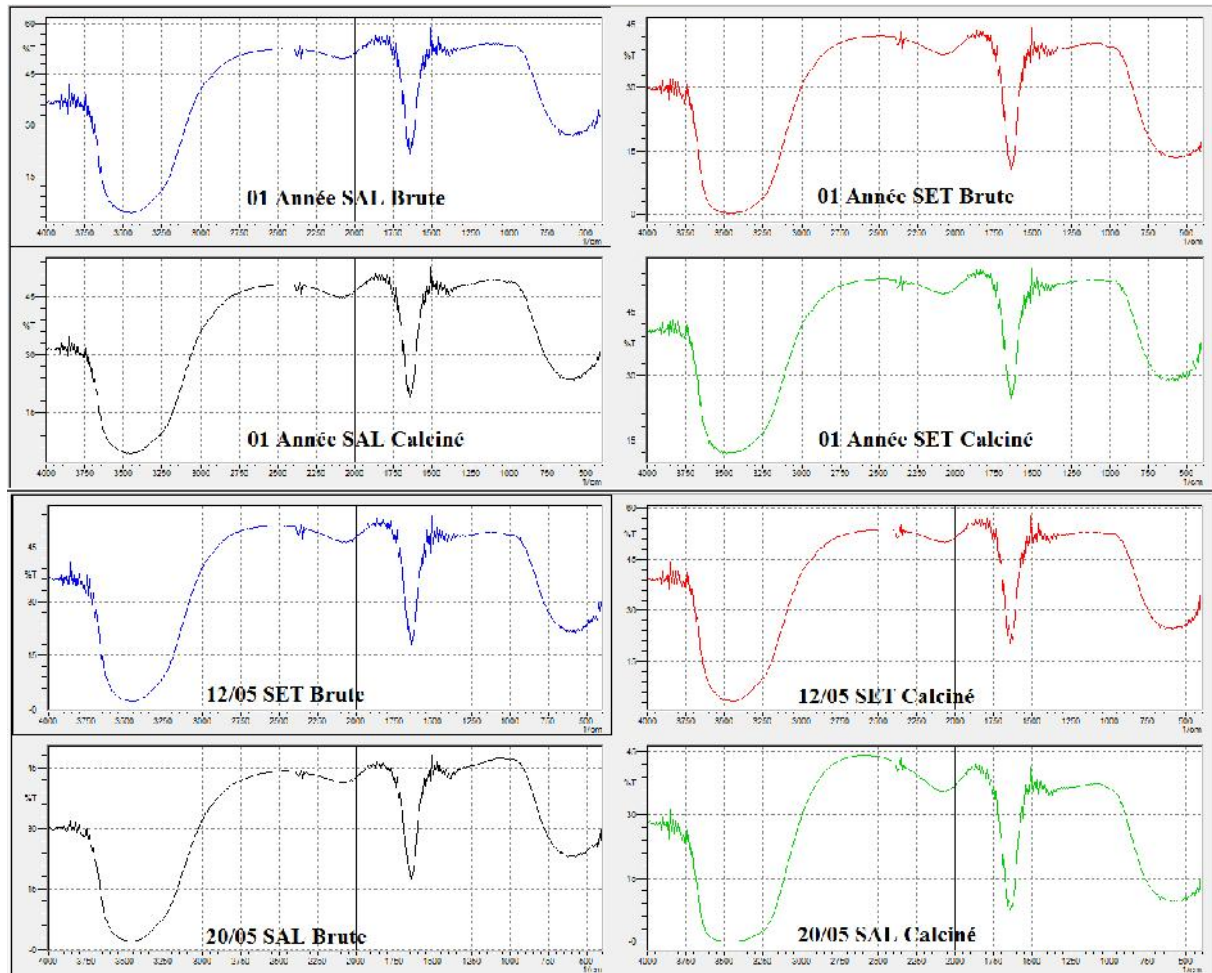


Figure III-48. Spectres IR des échantillons analysés

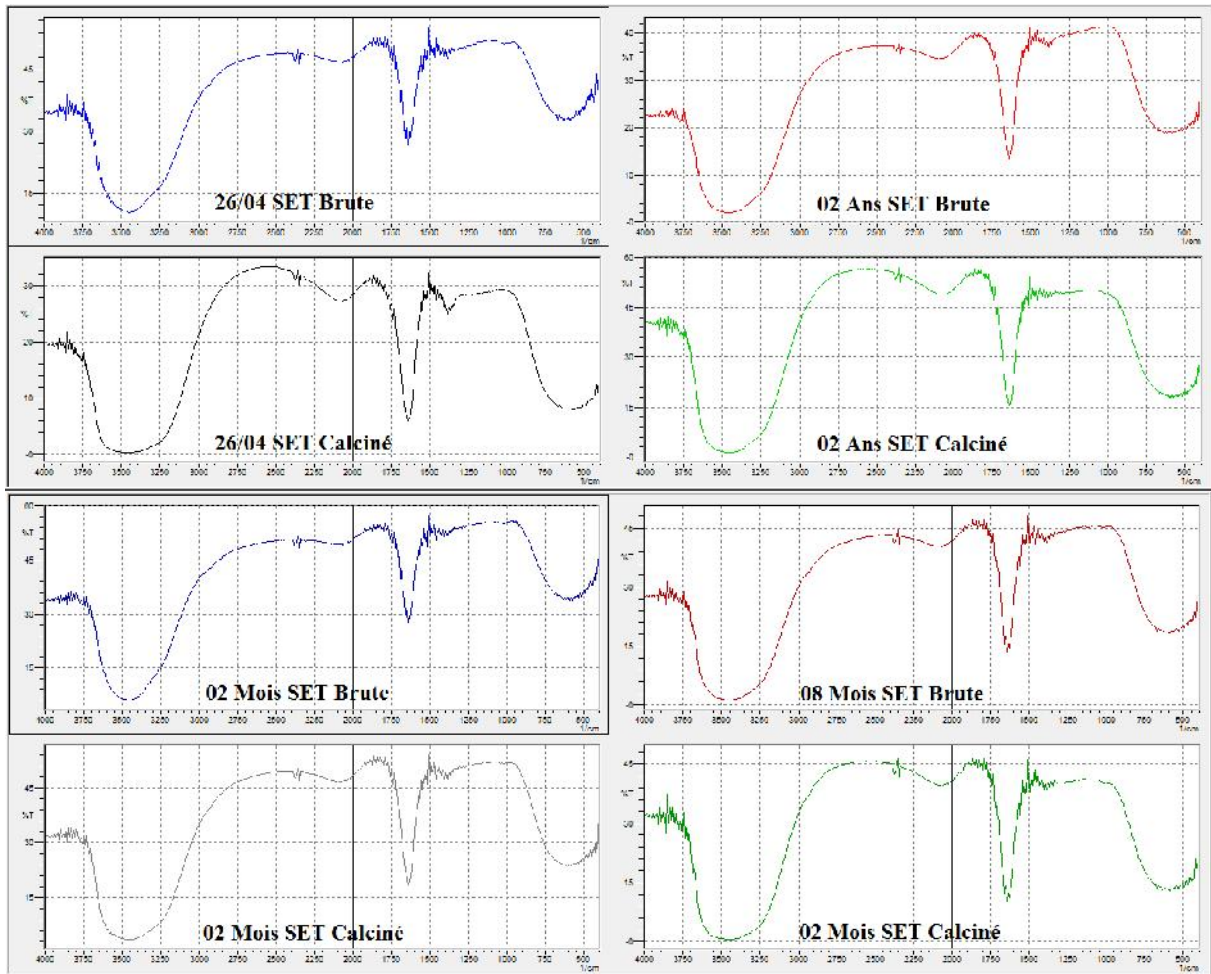


Figure III-49. Spectres IR des différents échantillons analysés.

Tous Les spectres obtenus ont presque les mêmes caractéristiques quel que soit leurs états anciens ou nouvelles brutes ou calcinées, pour cela on a identifié un spectre de 26/04 de la station de Souk-El-Tenine.

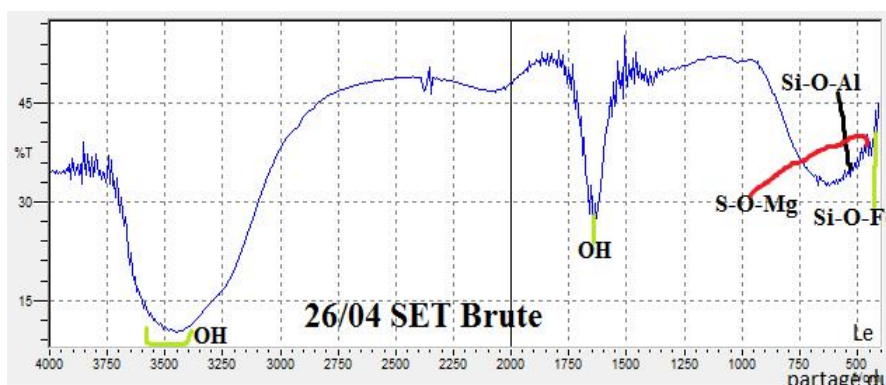


Figure III-50. Identification des bandes d'absorption d'un spectre IR d'une boue analysée.

### Groupement OH

Le spectre montre deux bandes d'adsorption situées entre  $3200-3800\text{ cm}^{-1}$  et entre  $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ .

La bande qui s'étale entre 1600-1700  $\text{cm}^{-1}$  est attribuée aux vibrations de déformation du groupement OH de l'eau de constitution.

#### **Liaison Si-O**

Les liaisons Si-O sont caractérisées par les bandes d'absorption suivantes.

Les bandes situées à 525, 468 et 425  $\text{cm}^{-1}$  sont attribuées respectivement aux vibrations de déformation des liaisons Si-O-Al<sup>VI</sup>, S-O-Mg<sup>VI</sup> et Si-O-Fe.

#### **Liaison M<sup>VI</sup>-OH (M=Al, Mg, Fe)**

Le partage du groupement OH entre les atomes Fe et Al en position octaédrique peut déplacer les vibrations Al-OH vers les basses fréquences aux environs de 815 et 915  $\text{cm}^{-1}$ , Ainsi les vibrations Mg-O et Mg-OH (confondues avec celle de Si-O) sont localisées respectivement à 530  $\text{cm}^{-1}$  et 560  $\text{cm}^{-1}$ .

#### **III-4. Etude d'une éventuelle valorisation dans l'épandage**

Malgré que les boues résiduaires puissent avantageusement servir comme fertilisant, elles ne sont pas exemptes de contaminants. Ainsi, en s'est interrogé sur les effets négatifs de la présence des métaux lourds, de composés organiques synthétiques et de pathogène, car ces substances toxiques peuvent avoir des effets tragiques sur les populations exposées.

Cependant ils ne doivent pas dépasser certaines concentrations, car alors ils deviennent toxiques et risquent de diminuer les rendements en inhibant la croissance des microorganismes. Cette inhibition peut se produire si la concentration d'un métal empêche les organismes de puiser un autre élément essentiel dans le milieu, par exemple le zinc en trop grande quantité empêche la plante de retirer le phosphore du sol.

Le fait le plus inquiétant est le passage des métaux lourds dans la chaîne alimentaire. Du point de vue agricole, ce fait est très important car on consomme directement les plantes qui auraient été fertilisées avec les boues résiduaires ou on les consomme indirectement à travers les animaux qui ont pâture dans les champs ainsi fertilisés.

La toxicité des métaux lourds dépend de leur quantité mais surtout de leur spéciation. La forme ionique libre est reconnue comme la plus dangereuse car, étant soluble, elle est directement assimilée par les plantes. Heureusement dans les boues municipales, les métaux lourds se présentent très peu sous cette forme.

L'étude des boues, lors de l'expérimentation entreprise, nous a permis de récapituler les résultats dans les tableaux (III-6) (III-7).

### III-4-1. Les dispositions de la réglementation applicables aux boues

Par le passé, les boues issues de l'épuration étaient considérées de diverses façons : déchets, matières fertilisantes, produits commercialisables, sous-produits de l'épuration. Elles obéissaient, de ce fait, à plusieurs réglementations et logiques différentes. Depuis le décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées, à l'exception de celles issues d'installations classées pour la protection de l'environnement, les dispositions réglementaires applicables à l'épandage des boues et des produits dérivés non homologués sont, outre les décrets du 29 mars 1993, le décret du 8 décembre 1997 et ses textes d'application. L'arrêté du 8 janvier 1998 fixe les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles. Il précise le contenu des documents prévus par le décret, tels que l'étude préalable, le programme prévisionnel ou le bilan agronomique. Il encadre les conditions d'entreposage des boues et les quantités maximales épandues, les caractéristiques des sols et des boues et leurs niveaux de traitement. Il fixe les modalités de surveillance des sols, des boues, des traitements et de l'épandage.

### III-4-2. L'étude préalable à l'épandage

Cette étude doit définir :

- L'aptitude des sols à l'épandage,
- le périmètre d'épandage,
- Les modalités de l'épandage y compris les matériels et dispositifs d'entreposage nécessaires.

Cette étude permet de connaître les quantités et les caractéristiques des boues, l'aptitude du sol à les recevoir, son périmètre, ses teneurs en éléments-traces métalliques, les modalités techniques de réalisation de l'épandage, y compris les matériels d'entreposage nécessaires et l'utilisation agronomique des boues.

Cette étude comporte :

- la présentation des boues ;
- l'identification des contraintes liées ;
- la présentation des terrains proposés à l'épandage ;
- Les modalités techniques de réalisation de l'épandage ;
- les préconisations générales d'utilisation des boues ;
- la représentation cartographique au 1/25 000 ;
- la représentation cartographique à une échelle appropriée ;

- la justification de l'accord des utilisateurs de boues pour la mise à disposition de leurs parcelles (préciser notamment surface, numéros de parcelles et communes concernées).
- la liste des parcelles retenues pour l'épandage précisant :
- Tous les éléments complémentaires permettant de justifier la compatibilité de l'épandage.

### III-4-3. Application dans les données de la STEP de SET et SAL

La valorisation agricole des boues résiduaires requiert des dispositions particulières, à savoir étudier leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques, ainsi que celles des sols récepteurs, aussi des mesures particulières doivent être prises au sujet des concentrations en métaux lourds qui limitent sévèrement leur épandage agricole car les temps de demie vie de ces éléments dans l'eau et dans le sol sont de l'ordre séculaire et même millénaires.

Dans le but d'assurer un épandage optimal des boues résiduaires urbaines en agriculture et de recycler les matières utilisables par les sols et les plantes, une attention particulière est portée pour les caractéristiques physico-chimiques de cette ressource.

Toutes les recommandations portant sur l'étude préalable à l'épandage ont été élaborées et analysées, caractérisées, précédemment.

Par conséquent, les analyses des paramètres de classification et des ions métalliques dans les boues résiduaires fraîches et calcinées des deux stations de dépurations dont dispose la Wilaya de Béjaïa à savoir la STEP de SET et la STEP de SAL, ont été effectuées et consignées, et résumées dans les tableaux (III-7) et (III-8) :

#### A. Les paramètres de qualité et classification des boues résiduaires urbaines

La caractérisation des paramètres de classification permet d'évaluer les nuisances olfactives dues à l'épandage des boues résiduaires. Les résultats des analyses obtenus sont consignés dans le tableau (III-6) :

**Tableau III-6. Concentration des paramètres de pollution dans les boues.**

Paramètres de pollution	unité	Moyenne	Pourcentage (%)	Fumiers
DCO	g/kg	92,11	9.211	6.79
DBO5	g/kg	61,37	6.137	-
NT	g/kg	21,06	2.106	1 à 3
PO4	g/kg	11,72	1.172	0.4 à 1
NO3	g/kg	148,76	14.876	-
N-NO3	g/kg	32,21	3.221	-



Le taux de présence des éléments nutritifs dans les boues de la STEP de SET rapporté dans le tableau comparé au fumier de ferme met en évidence leur potentiel fertilisant sur tous les aspects minéraux, organiques et oligo-éléments ainsi que leurs aptitudes d'améliorer la stabilité structurale et la perméabilité du sol.

Les valeurs des paramètres de ces boues, montrent que ces dernières se classe dans les boues minérales azotées. Leur épandage ne génère pas de nuisances olfactives vu leur caractère minéral et l'absence du risque de fermentation.

### B. Les métaux lourds

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous les formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes.

La présence des métaux dans les boues résiduaires provient de la phase de séparation liquide-solide par décantation due à une rétention par adsorption sur la matière organique, à la formation de complexe insoluble entre cette dernière et la fraction minérale et à la précipitation d'hydroxydes métalliques

Par conséquent, les teneurs des métaux dans les boues montrent toujours un niveau plus élevé que celui des eaux usées dont elles sont issues

Dans le tableau (III-7) sont représentées les concentrations moyennes en divers métaux lourds contenus dans les boues résiduaires fraîches et calcinées des deux stations de SET et SAL.

**Tableau III-7. Concentration des métaux analysés dans les boues.**

Métaux	unité	Moyenne Cal	Moyenne Brute	Pourcentage (%)	Pourcentage (%)
<b>Pb</b>	mg/kg	118,244696	70,9801626	0.0118244696	0.00709801626
<b>Co</b>	mg/kg	27,9289093	2,2715792	0.00279289093	0.00022715792
<b>Ni</b>	mg/kg	163,9844	8,55355432	0.01639844	0.000855355432
<b>Zn</b>	mg/kg	884,156923	203,258206	0.0884156923	0.0203258206
<b>Cu</b>	mg/kg	277,276538	80,0986302	0.0277276538	0.00800986302
<b>Cd</b>	mg/kg	4,10367995	3,74580089	0.000410367995	0.000374580089
<b>Ca</b>	mg/kg	70104,6279	85104,6279	7.01046279	8.51046279
<b>Mn</b>	mg/kg	1037,53482	224,217033	0.103753482	0.0224217033
<b>Fe</b>	mg/kg	4396,09883	1457,96565	0.439609883	0.145796565

**Tableau III-8. Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal officiel de la République Algérienne, 2006).**

Paramètres	Unités	Valeurs limites
<b>Température</b>	°C	30
<b>pH</b>	-	6,5 à 8,5
<b>MES</b>	mg/l	35
<b>Turbidité</b>	UTN	50
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	35
<b>DCO</b>	mg/l	120
<b>Azote Kjeldahl</b>	mg/l	30
<b>Phosphates</b>	mg/l	02
<b>Phosphore total</b>	mg/l	10
<b>Cyanures</b>	mg/l	0,1
<b>Aluminium</b>	mg/l	03
<b>Cadmium</b>	mg/l	0,2
<b>Fer</b>	mg/l	03
<b>Manganèse</b>	mg/l	01
<b>Mercure total</b>	mg/l	0,01
<b>Nickel total</b>	mg/l	0,5
<b>Plomb total</b>	mg/l	0,5
<b>Cuivre total</b>	mg/l	0,5
<b>Zinc total</b>	mg/l	03
<b>Huiles et Graisses</b>	mg/l	20
<b>Hydrocarbures totaux</b>	mg/l	10
<b>Indice Phénols</b>	mg/l	0,3
<b>Fluor et composés</b>	mg/l	15
<b>Étain total</b>	mg/l	02
<b>Composés organiques chlorés</b>	mg/l	05
<b>Chrome total</b>	mg/l	0,5
<b>(*) Chrome III +</b>	mg/l	03
<b>(*) Chrome VI +</b>	mg/l	0,1
<b>(*) Solvants organiques</b>	mg/l	20
<b>(*) Chlore actif</b>	mg/l	1,0
<b>(*) PCB</b>	mg/l	0,001
<b>(*) Détergents</b>	mg/l	2
<b>(*) Tensioactifs anioniques</b>	mg/l	10

Il apparait que les valeurs des concentrations en métaux lourds mis en évidence déterminées dans les boues résiduaire fraîches et calcinées des deux STEP étudiées sont inférieures aux valeurs guide des tableaux (III-5) et (III-8)

Leur épandage comme amendements organique ne présente donc aucune restriction, quant à leur utilisation agricole ; de même les eaux dont elles sont issues peuvent être réutilisées dans l'irrigation, étant donné que les boues résiduaire des stations d'épuration contiennent naturellement des concentrations plus élevées en métaux lourds et en micropolluants que les eaux usées dont elles sont issues.

La valorisation agricole peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adopté pour rééquilibrer les cycles biogéochimiques (C, N, P), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager également les ressources naturelles et à éviter toute pollution et gaspillage de matière organique du à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges qui nécessite des espaces de plus en plus importants.

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, phosphore, en magnésium, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences. Les éléments 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.

### **III-5. Conclusion**

Durant l'expérimentation réalisée dans les deux stations d'épuration des eaux usées de Bejaia à savoir Souk-El-Tenine et Sidi-Ali-lebhar nous avons pu toucher de près à tous ce qui se fait comme analyses.

Toutes ces procédures analytiques nous ont conduits à concrétiser notre sujet, qui est la caractérisation et la quantification de l'intégralité des paramètres de pollutions recherchées dans les effluents liquides et solides.

Finalement nous avons entrepris des discussions justifiant les résultats obtenues, ainsi que leurs analyses logiques avec une comparaison quantitative et qualitative entre les différents prélèvements.

Les aboutissements introduits dans ce chapitre nous permettent de donner une alternative pour palier aux problèmes liés aux boues des stations de traitement des eaux résiduaires urbaines résiduaires ainsi que les eaux usées épurées.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Cette étude s'inscrit dans une optique du développement durable et de protection des milieux naturels récepteurs. Elle a deux objectifs principaux:

- Caractérisation et quantification des paramètres de pollution dans deux sites d'étude, qui sont les stations de traitement des eaux usées urbaines (STEP) de Souk-El-Tenine et de Sidi-Ali-Lebhar.
- L'application des résultats obtenus pour une étude d'évaluation et de valorisation des produits émanant des deux STEP, dans le secteur agronomique tel que l'épandage des boues et l'irrigation avec les eaux traitées.

Le traitement d'une eau usée entraîne une production remarquable de boues, à cet effet on a détaillé le fondement de cette filière, avec les principaux paramètres qui caractérisent les boues résiduelles et les divers contaminants qui la composent. Le dosage des micropolluants s'est fait suivant différents protocoles conventionnés.

Les résultats d'analyses, obtenus ont montré des rendements épuratoires satisfaisants pour les deux stations, en accord avec les normes de rejet des effluents de boues activées édités par la législation Algérienne et l'Union Européenne. Les effluents traités sont caractérisés par un pH variant dans le domaine de la neutralité. Les concentrations de la DCO et la DBO5 des eaux traitées sont satisfaisantes. L'élimination des nutriments, en  $\text{NO}_3^-$  et en  $\text{PO}_4^{3-}$  est relativement faible dans certains cas et les concentrations résiduelles restent très élevées dans l'effluent traité. Cependant, ils constitueront un apport intéressant de fertilisation en nutriments azotés et phosphorés dans le cas d'une réutilisation en agriculture.

D'autre parts, nous avons évalué la contenance en métaux, des boues résiduelles des deux stations. Les résultats des analyses ont montré que la concentration en métaux cadmium (Cd), cuivre (Cu), nickel (Ni), plomb (Pb), zinc (Zn), fer (Fe), manganèse (Mn), calcium (Ca), cobalt (Co) sont faibles et sont inférieures aux valeurs guide. Par ailleurs ces résultats suggèrent la prise en charge sérieuse de la collecte et l'épuration des boues issues du traitement des eaux usées. La contamination par les ETM, ne représente pas une menace importante que la pollution microbienne et la salinité.

Par conséquent, leur épandage comme amendements organique ne présente donc aucune restriction, quant à leur utilisation agricole ; de même les eaux dont elles sont issues peuvent être réutilisées dans l'irrigation, étant donné que les boues résiduaire des stations d'épuration contiennent naturellement des concentrations plus élevées en métaux lourds et en micropolluants que les eaux usées dont elles sont issues.

L'utilisation des boues résiduaire sur de grandes étendues à des doses relativement faibles et permet d'apporter une solution à terme pour la gestion des déchets urbains. Cette solution est d'autant plus intéressante que les boues utilisées dans le domaine agricole se révèlent bénéfiques en termes d'augmentation de la production.

Actuellement en Algérie, les rejets des stations d'épuration des eaux usées ne sont pas mis en valeur, les eaux épurées sont déversées dans la nature au lieu de les exploiter dans l'irrigation, et les boues sont entassées dans les stations d'épuration au lieu de faire profiter nos terres agricoles ainsi que d'autres secteurs, cette situation prendra sûrement fin un jour, car on ne pourra plus stocker pour l'éternité, pour y remédier il suffit juste d'avoir cette volonté d'attirer l'attention des acteurs concernés à savoir les responsables du secteur en ressources en eau, pouvoirs public ainsi que les agriculteurs.

La revalorisation, doit commencer par l'élaboration d'une étude s'étalant sur une plus longue période afin d'avoir des résultats minutieux et par conséquent de prendre des décisions fermes et claires qui permettrons de tirer profit de ces sous produits, aussi bien dans les domaines de l'agriculture, de l'énergétique ainsi qu'environnemental et économique.

# **Bibliographie**

## *Bibliographie*

- [1] Silman Sy, Papa Sidy Tall (2002.2003). Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Saly portudal, Sénégal. Université de Dakar. page 01.
- [2] M. Ladjel Farid. Mme Bouchefer Soraya-Amel. Exploitation d'une station d'épuration à boues activées et d'une lagune, niveau II.
- [3] Metahri Mohamed Said. 2012. Estimation simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de STEP de la ville de Tizi-Ouzou.
- [4] Dugniolle H. 1980. L'assainissement des eaux résiduaires domestique, CSTC-revue n° 03-septembre.
- [5] Baumont S, Camaraj-p, Lefranc A, Franconi A. 2005. réutilisation des eaux épurées : risque sanitaire et faisabilité en ile- de France-institut d'aménagement et d'urbanisme de la région ile-de-France.
- [6] Bountoux. 1993. Introduction à l'étude des eaux douces : eau naturelles, eaux usées, eaux de boisson, édition technique et documentation Lavoisier.
- [7] Communauté et communes du pays de Douarnenez, contrat (octobre 2011), territorial de la baie de Douarnenez, Diagnostic de l'assainissement des eaux usées domestique et industrielles.
- [8] Ait Ayan K, Soufia, D (2009), Assainissement liquide de Marrakech, Valorisation agricole et énergétiques des boues issues de l'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech. P19, 20.
- [9] Rahou Kada Beubekeur. 2014. Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El Kerma Oran.
- [10] Gomella et Guerré. 1978. Le traitement des eaux publiques industrielle et privée. Edition Eyrolles Paris.
- [11] T, DEBBAKH et S, HERKOOS, contribution à la production de biogaz issu de la boue de la station d'épuration de Touggourt, mémoire de l'ingénieur d'état en Eco et Env. université kasdi Merbah, Ouargla, 2011. P16, 17, 18.
- [12] FABY J.A et BRISSAUD F. (1997)-L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, pp76.



- [13] Jean François Blais et Jean Louis Sasseville, Etat de l'air du traitement et de la disposition ou valorisation des boues d'usines d'épuration municipales, INRS rapport de recherche N° 429.
- [14] Eckenfelder.w.1978.Gestion des eaux usées urbaine et industriels traduit de l'américain par L.Vandevenne,technique et documentation Lavoisier. Paris.
- [15] Deronzier G, S.Schetrite,Y.Racault.J.P Canier,A.Heduit et P.Duchene .2001. Traitement de l'azote dans les stations d'épurations biologique des petites collectivités,document technique FNDAE n°25.
- [16] Martin G.1987.presence des produits phosphorés dans l'environnement : point sur l'épuration. Edition : Martin.G,Lavoisier.
- [17] DONNIER Brigitte, La pollution chimique en méditerrané, Laboratoire. C. E. R. B. O. M., Nice, France.
- [18] PAUL JEAN, BEADRY, chimie des eaux" le griffon d'argil, 1992. Odeur.
- [19] Bouhoum K.1996.Etude épidémiologique des Helminthiases chez l'enfant de la zone d'épandage des eaux usée de la ville de Marrakech. Devenir des kystes de protozoaire et des œufs d'helminthes dans différents systèmes extensifs de traitement des eaux .Marrakech.
- [20] Lamghari Moubarrad F.Z.2005.Caractérisation parasitologie des eaux usées d'El Djadida,leur impact sur le littoral(eau de sédiments) et sur la population infantile de la zone de rejet.Maroc.
- [21] Sandquist,M-J6and C.NPapadakis.1982.Surging incombined free surface-pressurized systemes journal of transportation engmeering 109.
- [22] Service de l'environnement SEN route de la fonderierFrenbourg,Notice d'information(2.2.024) définition et calcul des équivalents-habitants.
- [23] BoumedieneMohamed el-amine, 2013 , Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la STEP de Ain El Houtz, université de Tlemcen,, mémoire master.
- [24] CHELLE François et DELLALE Moustafa. Festival des sciences de la ville. Séminaire. France.2005.

- [25] Nadia Chalal « Etude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect » soutenu le 16/12/2007 Université Mentouri- Constantine.
- [26] Boussalia Amar « Contribution à l'étude de séchage solaire de produits agricoles locaux » Université mentouri-constantine .soutenu (27/06/2010).
- [27] Emilie Jardé, 2005 compostions organique des boues résiduares de station d'épuration lorraine : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation université Nancy 1
- [28] Desjardins R. (1997)., Le traitement des eaux. 2éme édition. Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 303p.
- [29] Auteur : DESHAYES Matthieu 2007/2008 Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés INSA Strasbourg. p15.
- [30] Traitement physicochimique de la pollution soluble. Technique de l'ingénieur. Volume G1270.
- [31] Camille Baar, Virginie Letebvre et all. Traitement des eaux usées (1). Université libre de Bruxelles. 2005.
- [32] CARDOT C. (1999)-Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, Paris : pp 247.
- [33] BASSOMPIERRE Cindy. (2007). procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote a la validation de modèles. Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42
- [34] AZOUZZI Marouane AIT YOUNS Omar 2012 Valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech. P14, 27, 28,
- [35] Fpf-mh.uvt.rnu.tn/295/1/traitement\_des\_eaux\_usees\_urbaines.pdf « les procédés biologique d'épuration 2008 » Université Virtuelle de Tunis.
- [36] Mémoire de DEUA (BENSABER KHEIRA) « étude des performances épuratoire d'une station d'épuration à boues activées (cas de la STEP de MAGHNIA) 2005 » Université de Tlemcen.

- [37] Mémoire de DEUA (TEKFI KARIMA) «étude des performances épuratoires d'une station à boues actives 2006 » université de Tlemcen.
- [38] Melle Faiza MEKHALIF 2009 réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement Présenté à l'Université du 20 Août 1955 SKIKDA. p25.
- [39] BRODART E et all. Modélisation statistique d'une usine de traitement de l'eau potable. Rencontres Internationales Eau et Technologies Avancées. Montpellier 1989.
- [40] JP. Kradolfer M. Deront N. Adler 19-févr.-13 Marc Deront EPFL-LBE, 75/132. 19-févr.-13 LabNotes.doc LBE laboratoire de biotechnologie environnementale école polytechnique fédérale de Lausanne méthodes analytiques pour influents / effluents de bioréacteurs ou de stations d'épurations école polytechnique fédérale de Lausanne.
- [41] Jean Rodier. l'analyse de l'eau 9<sup>e</sup> édition .
- [42] Denis Pandolfi janvier 2006 caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse des boues activées par analyse d'images institut national polytechnique de Nancy.
- [43] Mme Sahtout Naziha née Sid 2012. Étude de station de traitement des eaux à boues activées : optimisation de l'aération et la clarification en vue d'une bonne décantabilité des boues. Université Badji Mokhtar-Annaba p12, 13,14.
- [44] SATIN, Marc, SELMI, Bechir. Guide technique de l'assainissement. Paris, le Moniteur, 2006. ISBN 2-281-11239-X.
- [45] BELHANI, Mahdi, BOURGOIS, Jacques et PONS, Marie-Noelle. Analyse du cycle de Vie : Epuration des eaux usées urbaines. Revue technique de l'ingénieur, 2008.
- [46] PRESCOTT, HARLEY et KLEIN. (2007)-Microbiologie. 2<sup>e</sup>me Edition de Boeck, Paris, pp 837.
- [47] 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).
- [48] OUALI M. S. (2001)-Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des Publications Universitaires, Alger, pp12-31.

- [49] LAZAROVA V., GAID A., RODRIGUEZ-GONZALES J., ALDAY ANSOLA J. (2003)-L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. Techniques, Sciences et Méthodes 9, pp 64-85.
- [50] CAUCHI , HYVRARD, NAKACHE, SCHWARTZBROD, ZAGURY, BARON, CARRE, COURTOIS, DENIS, DERNAT, LARBAIGT, DERANGERE, MARTIGNE, et SEGURET. (1996)- Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes 2 pp 81-118.
- [51] CSHPF, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. (1995)- Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines Section des eaux, 22 pages.
- [52] CORSIN P et LE STRAT P, GLS. (2007)-Réutilisation des eaux usées, Les effluents des stations d'épuration : comment les rendre aptes à une seconde vie. L'eau, l'industrie, les nuisances 299, pp38-39.
- [53] TELLI SIDI MOHAMEDSoutenu le : 19 Septembre 2013 Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen, université de Tlemcen page 66,45.
- [54] Le Comité Européen de Normalisation (CEN) .
- [55] Mlle AIT AYANE KARIMA Mlle SOUFIYA DOUNIA. 02 Juillet 2009, Assainissement liquide de MarrakechValorisation agricole et énergétique des boues issues de l'épurationdes eaux usées de la ville de Marrakech,Université Cadi AyyadFaculté des Sciences et TechniquesMarrakech.
- [56] Sergio Perez Fabiel, 13 février. Etude de la biodégradabilité de la boue secondaire soumise à un traitement thermique à 65°C et du couplage digestion anaérobie et digestion thermophile aérobie pour la réduction de boue, Toulouse .
- [57] Les boues d'épuration : Document de synthèse Comité Sécurité Alimentaire.
- [58] BOUSSELHAJ, K « Etude du potentiel fertilisant (N et P) de deux boues de stations.
- [59] Gueblin E, 1999, lutte contre la pollution des eaux, classification des boues d'épuration, TEC-ing, traité environnement, Nancy.

- [60] Karine, Marie, Béatrice PETIT, Année 2007, actualisation des connaissances sur les éléments biologiques et minéraux persistants dans les boues des stations d'épurations. Impact sur la santé publique, école nationale vétérinaire d'Alfort. P13, 14, 15, 16, 17, 18.
- [61] MAAS G. La pollution de l'eau : origine naturelle et effets des polluants. Contrôle et législation. Epuration des eaux. Belgique, 1987, pp : 1-34.
- [62] MEINOK F, STOOFF H, KOHLSCHÜTTER H. Les eaux résiduaires industrielles. Edition MASSON, Paris, 2<sup>ème</sup> édition, 1977.
- [63] LARPENT J.P. Microbiologie alimentaire et techniques de laboratoire. Lavoisier. Edition. Tec et Doc, 1997, p : 1073.
- [64] Document technique, ONA Office National d'assainissement pour la récupération et l'élimination des déchets. La valorisation agricole des boues de stations d'épurations urbaines, Laboratoire ONA – STEP -Tlemcen jour d'exploitation (2013).
- [65] Novembre 2012, Boues de station d'épuration, Techniques de traitement, Valorisation et élimination, Amorce technique DT51.
- [66] M-Guy Atlan, 2002, Rapport, les boues d'épuration et leurs perspectives de gestion en Ile de France.
- [67] Derouiche Fatma, 2011-2012, Contribution à l'étude des boues résiduaires comme amendement organique pour les cultures maraichères. Université d'Oran.
- [68] SOUMIA AMIR « contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost » p 11,12.
- [69] Christophe Dagot & Julien Laurent 25/03/2014 Module d'enseignement ASTEP.
- [70] JUVEN Lucas, al. 2014. Traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités .université de Montpellier.
- [71] Philippe LERRANT. Novembre 2013. Epannage des boues de stations d'épuration urbaines. Calvados.

[72] comité de rédaction rassemblant : La DIREN de Bassin Artois Picardie , L'Agence de l'Eau Artois Picardie et al ,Etude préalable à l'épandage des boues urbaines

Guide méthodologique ,2ème édition.

[73] Mlle : FEDDANE ZOHRA. Mlle : HALIMI KHEIRA.2013-2014. *VALORISATION DES BOUES DE LA STATION D'EPURATION DU COMPLEXE GPI/Z EN ENGRAIS*, Université des Sciences et Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.

[74] Tom II, Cahier des prescriptions technique particulier, pièce contractuelle N°2, Volume 2.1



# **Annexes**



Tableaux des Paramètres Physico-chimiques et Biologiques des effluents liquides de la STEP Souk-El-Tenine

Date	DCO (mg/l)			DBO5 (mg/l)			MES (mg/l)			DCO/DBO5 (mg/l)	
	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S
Normes	-	120	-	-	35	-	-	30	-	-	-
20/04/2015	383	9	97,65	220	2	99,09	175	2	98,85	1,74	4,5
28/04/2015	332	19	94,27	180	6	96,66	185	12	93,51	1,84	3,16
07/05/2015	434	15	96,54	270	8	97,03	245	9	96,32	1,60	1,875
11/05/2015	592	15	97,46	270	5	98,14	365	5	98,63	2,19	3
19/05/2015	510	15	97,05	240	3	98,75	280	4	98,57	2,12	5
26/05/2015	420	13	96,90	210	3	98,57	280	6	97,85	2	4,33
Moyenne	445,16	14,33	96,65	231,66	4,5	98,04	255	6,33	97,29	1,91	3,64

Date	Pt (mg/l)			Nt (mg/l)			NH <sub>4</sub> (mg/l)			NO <sub>3</sub> (mg/l)		NO <sub>2</sub> (mg/l)	
	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S	E	S
Normes	-	2	-	-	30	-	-	0,5	-	-	1	-	1
20/04/2015	4,21	3,11	26,12	100	15,2	84,8	35	1	97,14	<20	<20	0,213	0,033
28/04/2015	-	-	-	125	15,8	87,36	49	10,5	78,57	-	-	-	-
11/05/2015	3,72	0,71	80,913	105	16,2	84,57	36,5	2,5	93,15	<20	<20	0,239	0,033
Moyenne	3,96	1,91	53,52	110	15,73	85,57	40,16	4,66	89,62	<20	<20	0,226	0,033

## Suite Tableaux des Paramètres Physico-chimiques et Biologiques des effluents liquides de la STEP Souk-El-Tenine

Date	PH		CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		T° (°c)		O <sub>2</sub> (mg/l)	
	E	S	E	S	E	S	E	S
Normes	6,5-8,5		-	-	-	30	-	5
20/04/2015	7,92	8,43	1670	1475	17	20	0,22	0,98
28/04/2015	7,99	8,3	1617	1464	14,7	19,4	0,92	3,1
07/05/2015	7,97	7,98	1659	1476	17,9	22,1	0,12	0,16
11/05/2015	7,93	8,34	1559	1448	16,4	21,4	0,65	1,01
19/05/2015	7,98	8,22	1428	1413	15,3	20,2	0,96	2
26/05/2015	7,91	8,23	1468	1403	14,2	18,1	0,82	1,92
Moyenne	7,95	8,25	1566,83	1446,5	15,916	20,2	0,615	1,5283

Date	Boue Recirculation			Boue Réacteur biologique				Boue de déshydratation			
	MS (g/l)	MVS (g/l)	MVS (%)	MS (g/l)	MVS (g/l)	MVS (%)	V30 (ml/l)	MS (g/l)	MVS (g/l)	MVS (%)	siccité %
15/04/2015	7,47	3,81	51,004	4,02	2,72	67,661	380	4,307	2,53	58,741	18,86
20/04/2015	8,86	4,95	55,869	4,185	2,43	58,064	400	4,129	2,26	54,734	20,91
28/04/2015	10,79	6,05	56,070	4,41	2,96	67,120	720	5,47	3,3	60,329	19,5
07/05/2015	-	-	-	4,79	3,096	64,634	700	4,28	2,72	63,551	17,53
11/05/2015	10,67	5,986	56,101	4,43	2,96	66,817	720	4,09	2,46	60,146	17,24
19/05/2015	10,63	5,65	53,151	4,23	2,22	52,482	730	4,01	2,02	50,374	19,23
26/05/2015	9,23	6,42	69,555	3,02	1,98	65,562	340	4,23	2,65	62,647	19,23
Moyenne	9,608	5,477	57,009	4,344	2,623	63,191	570	4,359	2,562	58,646	18,928

Tableaux des Paramètres Physico-chimiques et Biologiques des effluents liquides de la STEP Sid-Ali-Lebhar

Date	DCO mg/l			DBO5 mg/l			MES mg/l			DCO/DBO5 (mg/l)	
	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S
Normes	-	120	-	-	35	-	-	30	-	-	-
20.04.2015	517	23,6	95,43	240	2	99,16	366	4	98,90	2,15	11,8
26.04.2015	553	27,4	95,04	260	6	97,69	296	5	98,31	2,12	4,56
06.05.2015	513	26,4	94,85	400	9	97,75	941	3	99,68	1,28	2,93
20.05.2015	524	26,4	94,96	260	6	97,69	446	7	98,43	2,015	4,4
25.05.2015	532	26	95,11	350	6	98,28	242	1	99,58	1,52	4,33
Moyenne	527,8	25,96	95,08	302	5,8	98,11	458,2	4	98,98	1,81	5,60

Date	PO <sub>4</sub> (mg/l)			NT (mg/l)			NH <sub>4</sub> (mg/l)			NO <sub>3</sub> (mg/l)		NO <sub>2</sub> (mg/l)	
	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S	RT%	E	S	E	S
20.04.2015	13	9,2	29,23	58,3	20,4	65,008	57	0,33	99,42	12,4	23,5	0,381	0,104
26.04.2015	10	8,8	12	58,5	19,54	66,59	61,5	0,6	99,024	12,3	13,2	0,032	0,129
06.05.2015	21	10,2	51,42	84	2,54	96,97	51,25	0,3	99,41	30	3,4	0,45	0,035
20.05.2015	22,6	9,2	59,29	85,4	22,3	73,88	44,8	4,2	90,62	47,1	21,4	0,429	0,213
25.05.2015	20	9,2	54	-	-	-	74,4	4,2	94,35	8,7	21,2	0,072	0,045
Moyenne	17,32	9,32	41,19	71,55	16,19	75,61	57,79	1,92	96,56	22,1	16,54	0,272	0,105

## Suite Tableaux des Paramètres Physico-chimiques et Biologiques des effluents liquides de la STEP Sid-Ali-Lebhar

Date	PH		CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		T° (°c)		O <sub>2</sub> (mg/l)	
	E	S	E	S	E	S	E	S
Normes	6,5-8,5		-	-	-	30	-	5
20.04.2015	7,68	7,54	361	277	18,3	19,8	0,36	8,54
26.04.2015	7,64	7,49	344	266	19,5	20,3	0,59	8,08
06.05.2015	7,92	7,25	266	255	22,2	23,1	0,62	7,9
20.05.2015	7,72	7,61	323	275	21,5	22	0,64	7,24
25.05.2015	7,66	7,62	310	268	18,8	20	0,5	7,66
Moyenne	7,724	7,502	320,8	268,2	20,06	21,04	0,542	7,884

Date	Boue Epaisseur			Boue Recirculation			Boue Réacteur biologique				Boue déshydratation	
	MS (g/l)	MVS (g/l)	MVS (%)	MS (g/l)	MVS (g/l)	MVS (%)	MS (g/l)	MVS (g/l)	MVS (%)	V30 (ml/l)	Siccité (%)	MVS %
15.04.2015	0	0	0	11,81	5,94	50,33	3,6	1,79	49,88	180	0	0
19.04.2015	61,31	33,42	54,5	11,91	6,22	52,22	3,04	1,45	44,77	170	19,77	53,77
20.04.2015	54,54	28,53	52,32	14,37	7,4	51,53	2,61	1,44	55,36	170	18,65	53,31
26.04.2015	63,48	33,58	52,9	3,24	1,45	44,9	2,7	1,42	52,94	170	18,8	53,34
06.05.2015	120,4	99,15	82,35	16,98	9,44	55,59	3,85	1,93	50,11	180	21,34	56,5
20.04.2015	49,37	26,29	53,25	3,85	1,735	45	3,5	1,81	51,9	185	19,44	52,19
25.04.2015	61,07	32,09	52,54	4,45	2,04	45,95	4,38	2,22	50,69	200	18,44	53,88
Moyenne	68,36	42,17	57,97	9,515	4,889	49,36	3,382	1,722	50,807	179,28	19,406	53,83

Tableau des MS, MVS, Siccité des Boues Nouvellement déshydratées dans la STEP de SET au bout de 10 Jours

Jours	P. Creusés (g)	P. Echantillon (g)	MS (g)	MMS (g)	MVS (g)	Siccité (%)
26/04/2015	1,7369	20	5,2192	3,1425	2,0767	19,0674
27/04/2015	1,7606	20	4,9095	2,8045	2,1041	17,2642
28/04/2015	1,786	20	5,0179	2,7279	2,2882	17,474
29/04/2015	1,7492	20	5,2841	3,139	2,1451	19,3684
03/05/2015	1,7587	20	7,1622	3,9644	3,1978	29,6223
04/05/2015	1,7505	20	5,2386	1,7571	3,4815	19,1137
05/05/2015	1,7644	20	4,7496	2,867	1,6126	16,3703
10/05/2015	1,7368	20	5,0565	2,8267	2,1998	18,013
11/05/2015	1,7787	20	4,608	2,6781	1,9299	15,5274
12/05/2015	1,7639	20	5,3096	3,1147	2,1949	19,4437
Moyenne	1,75857	20	5,25552	2,90219	2,32306	19,12644

Tableau des MS, MVS, Siccité des Boues après 24H dans la STEP de SET au bout de 10 Jours

Jours	P. Creusés (g)	P. Echantillon (g)	MS (g)	MMS (g)	MVS (g)	Siccité (%)
26/04/2015*	1,77	20	5,388	3,2858	2,1022	19,8464
27/04/2015*	1,7409	20	5,5576	3,2152	2,3424	20,903
28/04/2015*	1,75	20	5,1373	2,6027	2,5346	18,5605
29/04/2015*	1,7655	20	6,1639	3,5754	2,5885	24,1213
03/05/2015*	1,7625	20	5,2855	3,0681	2,2174	19,3173
04/05/2015*	1,7415	20	5,0217	2,4532	2,5685	17,9654
05/05/2015*	1,7487	20	5,1474	3,1103	2,0371	18,622
10/05/2015*	1,7339	20	5,4174	3,1078	2,3087	20,1659
11/05/2015*	1,7252	20	4,563	2,5815	1,9815	15,5285
12/05/2015*	1,731	20	6,7836	3,6049	3,1787	27,657
Moyenne	1,74692	20	5,44654	3,06049	2,38596	20,26873

Tableau des MS, MVS, Siccité des Boues anciennement déshydratées dans la STEP de SET

Jours	P. Creusés (g)	P. Echantillon (g)	MS (g)	MMS (g)	MVS (g)	Siccité (%)
2 mois SEL	1,7398	20	18,6476	10,5206	8,397	92,594
4 mois SEL	1,7008	20	12,7914	7,5035	5,2879	60,6072
8 mois SEL	1,7259	20	12,7364	8,4317	4,3047	60,2519
1 ans SEL	1,739	20	16,7016	10,55	6,1516	81,9377
2 ans SEL	1,733	20	16,5312	9,3995	7,1317	81,0106
MOY	1,7277	20	15,48164	9,28106	6,25458	75,28028

Tableau des MS, MVS, Siccité des Boues anciennement déshydratées dans la STEP de SAL

Jours	P. Creusés (g)	P. Echantillon (g)	MS (g)	MMS (g)	MVS (g)	Siccité (%)
20/05 SAL	1,7141	20	5,7626	3,9384	1,8242	22,1405
2 mois SAL	1,751	20	17,0894	9,7911	7,2983	84,051
1 Ans SAL	1,7393	20	15,3382	10,3349	5,0033	74,471
MOY	1,7348	20	12,7300667	8,021466667	4,7086	60,2208333

Tableau des Paramètres Physico-chimiques et Biologiques des boues brutes Nouvelles et anciennes des STEP SET et SAL

Date	DCO (g/kg)	DBO5 (g/kg)	NT (g/kg)	PO4 (g/kg)	NO3 (g/kg)	N-NO3 (g/kg)
Normes	-	-	-	-	-	-
26.04.2015	118,75	79,16	17,5	42,125	137,5	37,5
27.04.2015	129,41	86,27	26,47	-	-	-
28.04.2015	112,5	75	19,37	-	-	-
29.04.2015	90,36	60,24	34,93	-	-	-
03.05.2015	89,28	59,52	38,86	-	-	-
04.05.2015	80	53,33	23	-	-	-
05.05.2015	100	66,66	12,35	-	-	-
10.05.2015	95	63,33	16	-	-	-
11.05.2015	82	54,66	27,16	-	-	-
12.05.2015	118,25	78,33	35,47	17,09	290,25	21,5
2 Mois SET	69,06	46,04	23,15	7,06	125,93	32,5
4 Mois SET	65,87	43,91	10,46	-	-	-
8 Mois SET	94,5	63	19,35	6,48	121,5	31,5
1 Ans SET	70,89	47,26	9,05	3,74	78,77	19,69
2 Ans SET	64	42,66	8,4	4,88	100	28
20.05.2015 SAL	107,63	71,75	28,19	5,02	251,15	61,5
2 Mois SAL	85,5	57	18	-	-	-
1 Ans SAL	85	56,66	11,47	7,39	85	25,5
Moyenne	92,11	61,37	21,06	11,72	148,76	32,21



**Tableaux des courbes d'étalonnages utilisées pour le dosage des métaux en SAA :**

<b>Ni</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>0,05</b>	<b>0,004</b>
<b>0,5</b>	<b>0,049</b>
<b>1,5</b>	<b>0,146</b>
<b>3</b>	<b>0,277</b>
<b>5</b>	<b>0,44</b>

<b>Pb</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>2</b>	<b>0,0166</b>
<b>4</b>	<b>0,0592</b>
<b>8</b>	<b>0,1229</b>
<b>10</b>	<b>0,1499</b>
<b>20</b>	<b>0,2876</b>

<b>Cu</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>0,5</b>	<b>0,066</b>
<b>1</b>	<b>0,1082</b>
<b>1,5</b>	<b>0,1773</b>
<b>2,5</b>	<b>0,3355</b>
<b>3</b>	<b>0,351</b>

<b>CO</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>1</b>	<b>0,157</b>
<b>2</b>	<b>0,331</b>
<b>3</b>	<b>0,5188</b>
<b>4</b>	<b>0,6773</b>
<b>5</b>	<b>0,8224</b>

<b>Fe</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>1</b>	<b>0,191</b>
<b>2</b>	<b>0,3341</b>
<b>3</b>	<b>0,4779</b>
<b>5</b>	<b>0,7668</b>
<b>6</b>	<b>0,8599</b>

<b>Cd</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>0,15</b>	<b>0,0567</b>
<b>0,2</b>	<b>0,0943</b>
<b>0,25</b>	<b>0,1159</b>
<b>0,35</b>	<b>0,1492</b>
<b>0,5</b>	<b>0,2157</b>
<b>0,6</b>	<b>0,2693</b>

<b>Ca</b>	
<b>Conc</b>	<b>Abs</b>
<b>10</b>	<b>0,0708</b>
<b>20</b>	<b>0,1237</b>
<b>30</b>	<b>0,179</b>
<b>40</b>	<b>0,2431</b>
<b>50</b>	<b>0,3123</b>
<b>60</b>	<b>0,4034</b>

<b>Zn</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>0,01</b>	<b>0,012</b>
<b>0,1</b>	<b>0,052</b>
<b>0,5</b>	<b>0,224</b>
<b>1</b>	<b>0,39</b>
<b>1,5</b>	<b>0,56</b>
<b>2</b>	<b>0,667</b>

<b>Mn</b>	
<b>conc</b>	<b>Abs</b>
<b>0,25</b>	<b>0,022</b>
<b>0,5</b>	<b>0,048</b>
<b>1</b>	<b>0,08</b>
<b>2</b>	<b>0,157</b>
<b>3</b>	<b>0,234</b>
<b>4</b>	<b>0,298</b>
<b>5</b>	<b>0,357</b>

Tableau des teneurs en Métaux lourds dosée par SAA :

Metaux	Pb	Co	Ni	Zn	Cu	Cd	Ca	Mn	Fe
Calciné									
26.04	82,9248517	42,9611108	128,931973	748,200519	271,694554	5,72606505	42478,1535	913,003175	3470,40229
27.04	230,34681	24,872222	104,242871	740,849455	227,608268	6,29867155	49845,2134	948,534601	3619,35318
28.04	82,9248517	11,3055555	75,4389201	728,674254	196,850394	4,58085204	52196,4027	888,285661	3440,45855
29.04	101,352596	3,76851849	152,249457	801,495736	181,471457	0,5726065	66342,725	1050,49435	3595,55175
03.05	46,069362	64,0648144	126,188739	939,557913	197,875656	0,28630325	60112,0734	1249,7793	4096,91739
04.05	27,6416172	52,7592589	126,188739	930,139362	177,370407	5,15345854	76727,1445	1166,35769	4236,65483
05.05	36,8554896	43,7148145	183,796642	1011,69023	155,839895	4,29454879	43928,0536	1135,4608	4466,99126
10.05	322,485534	33,9166664	215,343826	1035,58119	369,094488	0,85890976	96477,1347	1362,55296	4449,33214
11.05	267,2023	35,4240738	187,911492	1035,58119	377,296588	0,5726065	88208,7856	1381,0911	4648,18926
12.05	101,352596	24,1185184	167,337241	913,140026	326,033465	11,4521301	73161,174	1152,45409	3934,9141
20.05 SAL	82,9248517	26,3796294	204,370893	681,811219	272,719816	3,14933578	41067,4399	1370,27718	5145,71596
02.Mois.SAL	55,2832344	22,611111	209,85736	920,950532	337,311352	0,28630325	41459,3048	1211,15819	5551,87587
01.An. SAL	128,994214	9,79814808	204,370893	820,562559	304,502953	5,15345854	24922,6067	1027,32168	6136,16263
02.Mois.SET	82,9248517	28,6407405	163,222391	1020,1899	349,614501	6,0123683	99612,0538	489,715747	4691,18539
04.Mois.SET	92,1387241	8,29074068	197,512809	1179,15667	411,130249	5,72606505	83232,1016	1096,83969	5142,64481
08.Mois.SET	147,421959	4,52222219	163,222391	727,29593	270,669291	5,15345854	106665,622	769,332624	4264,2952
01.An. SET	119,780341	34,6703701	170,080474	790,928581	269,644029	6,29867155	106234,57	865,112991	4449,33214
02.Ans.SET	119,780341	30,9018516	171,452091	889,019346	294,250328	2,29042602	109212,743	597,854871	3789,80214
Moyenne Cal	118,244696	27,9289093	163,9844	884,156923	277,276538	4,10367995	70104,6279	1037,53482	4396,09883

Brute	Pb	Co	Ni	Zn	Cu	Cd	Ca	Mn	Fe
26.04	32,9248517	0,37685185	14,0590715	116,181275	47,4183891	1,28836464	57478,1535	51,752295	440,902326
27.04	180,34681	0,94212962	7,20098783	114,343509	40,4978675	2,07569858	64845,2134	31,2831037	388,692734
28.04	32,9248517	1,31898147	7,88679619	206,116953	49,2125984	1,71781951	67196,4027	63,7248409	463,168181
29.04	51,3525965	2,26111111	6,85808365	216,052376	42,5483924	2,21885021	81342,725	47,8901834	440,902326
03.05	5,56342133	1,5074074	4,80065855	191,357394	41,0104987	1,21678882	75112,0734	51,3660839	401,937079
04.05	1,00231445	6,02962959	8,22970037	159,770789	53,3136483	2,36200183	91727,1445	120,497881	596,955261
05.05	3,23913402	2,07268517	5,14356273	392,42049	43,8299705	5,86921667	58928,0536	114,318502	410,382748
10.05	272,485534	2,44953702	3,08613764	55,0755525	40,2415518	2,79145671	111477,135	91,9182553	349,151646
11.05	217,2023	4,52222219	3,08613764	59,3253866	42,2920768	3,43563903	103208,786	100,02869	370,649713
12.05	51,3525965	0,56527777	3,771946	99,5265198	191,724081	3,65036647	88161,174	157,187941	515,56972
20.05 SAL	32,9248517	2,44953702	8,91550874	163,10174	38,9599738	2,86303252	56067,4399	161,436264	664,136721
02.Mois.SAL	5,28323444	3,20324072	11,6587422	70,8114246	127,388862	3,43563903	56459,3048	651,538222	2932,18282
01.An. SAL	78,9942137	1,13055555	12,0016464	333,152534	96,8873031	4,43770041	39922,6067	461,136121	5372,21345
02.Mois.SET	32,9248517	0,37685185	7,54389201	261,020215	123,031496	5,29661017	114612,054	281,547933	2993,60587
04.Mois.SET	42,1387241	0,94212962	15,4306882	339,757006	141,742536	6,51339899	98232,1016	411,701093	2945,23522
08.Mois.SET	97,4219585	4,14537034	12,6874547	360,776455	95,8620407	5,36818598	121665,622	409,770037	2916,05927
01.An. SET	69,7803413	5,46435181	8,57260456	233,740875	123,800443	5,22503436	121234,57	452,639476	1422,71138
02.Ans.SET	69,7803413	1,13055555	13,0303589	286,117208	102,013615	7,658612	124212,743	376,169667	2618,92527
Moyenne Brute	70,9801626	2,2715792	8,55355432	203,258206	80,0986302	3,74580089	85104,6279	224,217033	1457,96565

**Résumé :** Le présent travail, consiste à évaluer les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des effluents et des boues issues de deux stations de traitement des eaux usées urbaines (STEP), à savoir Souk el Tnine et Sid Ali labhar, ainsi que leurs évolution dans le temps (en fonction de la durée et de l'entreposage). Nous nous sommes aussi intéressés en particulier, à la composition minéralogique de ces boues afin d'en déterminer la concentration en métaux lourds car des concentrations élevées en ces substances toxiques peuvent nuire à la valorisation de ces boues. Les résultats trouvés montrent un taux appréciable en éléments nutritifs dans les boues des deux STEP, ce qui met en évidence leur potentiel fertilisant sur tous les aspects minéraux, organiques et oligo-éléments ainsi que leurs aptitudes d'améliorer la stabilité structurale et la perméabilité du sol. Concernant les teneurs en éléments-traces métalliques présents dans ces boues, les taux enregistrés ne posent pas de problèmes majeurs pour que ces dernières puissent être valorisées dans l'agriculture, selon les normes retenues. La valorisation agricole peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adopté pour rééquilibrer les cycles biogéochimiques (C, N, P), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager également les ressources naturelles et à éviter toute pollution et gaspillage de matière organique du à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges qui nécessite des espaces de plus en plus importants.

**Mots-clés :** Boues, Station d'épuration, Déchets, Pollution, Epannage et Valorisation.

**Abstract:** This work aims the evaluation the physico-chemical and biological characteristics of effluent and sludge from two stations of treatment of urban wastewater (STEP), namely Souk el Tnine and Sid Ali Sara, as well as their evolution in time (according to the duration and storage). We are also interested in particular; to the mineralogical composition of the sludge in order to determine the concentration of heavy metals because of high concentrations in these toxic substances affect the valorization of these sludge. The found results show a significant rate nutrient in the sludge of the two STEPS, highlighting their potential fertilizing on all aspects, both organic and mineral and trace elements as well as their abilities to improve the structural stability and the permeability of the soil. Concerning the trace metal concentrations in sludge, registered rates pose no problems, so they are to be valued in agriculture, according to the selected standards.

Agricultural development can be regarded as the recycling mode the most adopted to rebalance cycles biogeochemical (C, N, P), for the protection of the environment and of very great economic interest. It aims also to spare natural resources and avoid all pollution and organic waste from incineration or burial in landfills that requires larger spaces.

**Keywords:** Sludge, Sewage treatment plant, waste, pollution, land and valuation.