



Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Génie Minier

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par

Mr BEKKI Abd elmadjid

Mr KORICHI Maamar

Thème

**Caractérisation et valorisation de la boue
de la station d'épuration de Sidi Ali
lebharBEJAIA**

Soutenu le 10/07 /2019 devant le jury composé de:

Président:	Mme MALEK N	M.C.B	U.A.M.B
Examineur :	Mme SOUCI Z	M.C.B	U.A.M.B
Promoteur :	Mme BOUNAB S	M.C.B	U.A.M.B
Co promoteur :	Mme BIRH Attachée de recherche		CRAPC

Année Universitaire: 2018-2019

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^{me} Bounab, pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous encadrant, pour sa gentillesse, son aide et le temps qu'elle nous à consacré.

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à M^{me} Malek qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Nos remerciements également à M^{me} Souici, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements vont également : le, chef de la STEP de sidi ali lebhar pour son aide, sa disponibilité et les moyens qu'il a mis à notre disposition pour la réalisation de ce travail, ainsi qu'à les techniciens laboratoire au sein de la STEP de sidi ali lebhar , pour bonne orientation. Toute notre gratitude pour vos efforts et vos précieux conseils.

A Toute l'équipe de l'ONA de béjaia, en particulier le personnel de la STEP de sidi ali lebhar .

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

Dédicaces

Au nom de Dieu le clément le miséricordieux

Je dédie ce travail :

✓ *A celle qui m'a donné la vie et que ma vie n'est rien sans elle, à ma tendre mère, qui m'a soutenu d'amour et de bonheur ; tout ce que je suis, je le doit à elle.*

✓ *A mon père ; l'homme le plus affectueux celui qui a tout donné pour que je puisse arriver à mon but. Qu'il trouve ici mes remerciements les plus sincères.*

Que Dieu me les protège

✓ *A mon encadreur qui m'a aidé beaucoup d'élaborer mon mémoire à cause de sa compréhension et sa grande gentillesse avec moi M_{me} BOUNAB que dieu lui protège.*

✓ *A mes chères soeurs que je les aime beaucoup : RANIA*

✓ *A mes frères : SALAH .NADHIR*

✓ *A toute ma grande famille.*

✓ *A tous mes amis.*

Merci ...

ABDELMADJID

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère et à mon père qui ont une très grande place dans

Mon cœur.

A mes chères frères : Salim Mohamed Abd Ennacer Mourad Souhait.

A mes très chères sœurs : Fatima-zohra Razzan Samira Nacira.

A Manel, ma source d'espoir et de joie.

A tous les membres de ma grande famille.

A tous les membres de'' L'ASSOCIATION CULTURELLE TAFATH IRYAHEN'' qui m'ont permis de passer des moments inoubliables et 'ASA Iryahen'.

A tous mes camarades : Rahim Bilal Mammon Dadi Koukous Nounou Walid Touhou Mamin Hicham Dz Mohamed Zaki Sifou Kaza sofiane faouzi ourthi A Mezyen Djafar Islam Yougarithen Marouane Omar Ghillas cheikh Bachir Toufik Farouk Azzedine Fokrache Abd Ennour ...

À mon binôme, Bekki Abd el Madjid, pour les efforts inlassables fournis pour l'élaboration de ce travail.

A M^{me} la directrice de la r.u.iryahen et les travailleurs d'iryahen

Et tous les étudiants et les résidents d'iryahen.

A mes enseignant(s) : M^{me} bounab M^{me} suissi et son fils « Anes » M^{me} Malek et son fils 'Ghayen' Ryma Amina Mr Ait merzeg M^{me} Adouane et tous les techniciennes des laboratoires ...

K Maamar

Sommaire

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

I.1. Introduction générale 1

Chapitre I

I.1.	Introduction.....	2
I.2.	Généralités sur eau usée.....	2
	I.2.1. Nature et origine d'une eau usée	2
I.3.	la station d'épuration (STEP).....	3
	I.3.1. Procédé de traitement des eaux usées dans une station d'épuration	4
	I.3.1.1. Prétraitements	4
	I.3.1.2. Le traitement primaire	5
	I.3.1.3. Les traitements secondaires	5
	I.3.1.4. Le traitement tertiaire	5
I.4.	Paramètre de pollution des eaux usées.....	6
	I.4.1. Paramètres physiques	7
	I.4.1.1. La Température.....	7
	I.4.1.2. La Conductivité (Ce)	7
	I.4.1.3. La Couleur	7
	I.4.1.4. L'Odeur	7
	I.4.1.5. Matières en suspension (MES) et matière volatile en suspension (MVS).....	7
	I.4.2. les Paramètres chimiques	8
	I.4.2.1. PH.....	8
	I.4.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	8
	I.4.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO).....	8
	I.4.2.4. L'oxygène dissous (O ₂).....	8
	I.4.2.5. Azote (N)	8
	I.4.2.6. Phosphore (PO ₄ ³⁻).....	9
	I.4.3. Paramètres biologique	9
	I.4.4. Les normes de rejet.....	9
I.5.	La Boue d'épuration.....	10

I.5.1.	classification des boues	11
I.5.2.	Les origines des boues.....	11
I.5.2.1.	La boue des eaux usées industriels	11
I.5.2.2.	La boue des eaux usées domestiques.....	11
I.5.3.	Les type des boues.....	11
I.5.3.1.	Les boues primaires	12
I.5.3.2.	Les boues secondaires.....	12
I.5.3.3.	Boues de traitement physico-chimique.....	13
I.6.	Le traitement des boues.....	14
I.6.1.	Les déférentes étapes de traitement des boues	15
I.6.1.1.	Epaississement.....	15
I.6.1.2.	La stabilisation.....	15
I.6.1.3.	Le Conditionnement	16
I.6.1.4.	La déshydratation	16
I.6.1.5.	Digesteurs	16
I.7.	composition des boues	16
I.7.1.	Cadmium (Cd).....	17
I.7.2.	Chrome (Cr)	17
I.7.3.	Cuivre (Cu).....	18
I.7.4.	Nickel (Ni).....	18
I.7.5.	Zinc (Zn)	18
I.7.6.	Plomb (Pb).....	18
I.7.7.	Le fer (Fe).....	19
I.7.8.	Le manganèse (Mn).....	19
I.8.	Conclusion	19

Chapitre II

II.1.	Introduction	20
II.2.	Historique de la station	20
II.3.	Localisation de la station	20
II.4.	Filières de traitement	22
II.4.1.	Arrivée de l'eau.....	22
II.4.1.1.	Puits et grille grossière	22

II.4.1.2. Puits de pompage	23
II.4.2. Prétraitement	24
II.4.2.1. Dégrillage	25
II.4.3. Dessablage et déshuilage	27
II.4.4. Traitement biologique par boues activées.....	28
II.4.4.1. Caractéristiques du réacteur biologique	29
II.4.4.2. Elimination additionnelle du phosphor	31
III.4.4.3.Décantation secondaire	31
II.4.4.4. Recirculation des boues et évacuation des boues en excès	32
II.4.4.5. Boue en excès.....	33
II.4.5. Déshydratation	33
II.4.5.1. Pompage des boues digérées par déshydratation	34
II.4.6. Désinfection des eaux traitées.....	34
II.4.7. Bassin de chloration	36
II.5. Laboratoire d'Analyse de la STEP Sidi-ali-labhar	36
II.5.1. Caractéristiques des eaux usées (brute et traité) de la station de traitement de SAL	38
II.6. Conclusion.....	38

Chapitre III

III.1. Introduction	40
III.2. Echantillonnage et prélèvement	40
III.2.1. Mode opératoire.....	41
III.2.2. Conditionnement des échantillons.....	42
III.3. Préparation d'échantillon pour les analyses au laboratoire	42
III.3.1. Séchage.....	42
III.3.2. Le quartage	42
III.3.3. Broyage.....	43
III.3.4. Tamisage.....	43
III.3.4.1. Mode opératoire	43
III.4. Les analyses.....	45
III.4.1. Analyses des paramètres physico-chimiques.....	45
III.4.1.1. L'humidité.....	45

III.4.1.2. Le potentielle d'hydrogène (pH), conductivité électrique(CE).....	46
III. 4.2. Analyse par Infrarouge (IR).....	46
III.4.2.1. Principe de la méthode.....	46
III.4.2.2. Manipulation.....	47
III. 4.3. Analyse par Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAAF).....	47
III.4.3.1. Matériels et méthode.....	48
III.4.3.2. Principe de la technique.....	48
III.4.3.3. Matériel spécial.....	48
III.4.3.4. Réactifs.....	48
III.4.3.5. Préparation des échantillons à analyser.....	49
III.4.3.6. La digestion.....	49
III.4.3.7. La filtration.....	49
III.4.3.8. Le dosage.....	49
III.4.3.9. Expression des résultats.....	49
III.4.4. Analyse minéralogique par Diffraction des rayons X (DRX).....	50
III.4.4.1. Principe de la méthode.....	50
III.4.4.2. Manipulation.....	50
III.5. Conclusion.....	52

Chapitre IV

IV.1. Introduction.....	53
IV.2. Résultats et discussions.....	53
IV.2. 1. Paramètre physicochimique.....	53
IV.2.1.1. Humidité.....	53
IV.2.1.2. pH.....	54
IV.2.1.3. Conductivité (CE).....	54
IV.2.1.4. Température.....	55
IV.2.2. Analyse minéralogique par DRX.....	55
IV.2.3. Analyse par Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à Flamme (SAAF).....	56
IV.2.4. L'Analyse par infrarouge.....	57
IV.2.5. Conclusion.....	59
Conclusion générale.....	60

Références bibliographiques

Annexes

listes des abreviation

K : Coefficient de biodégradabilité.

Kg poly/Tm.MS : Kilogramme polyélectrolyte par temps moyen en matière en suspension.

Kgss/j : Kilogramme solide en suspension par jour.

ppm : partie par million 1% = 10000ppm.

mg/Nm³ : milligrammes par normal m³.

ml : Millilitre

nm : Nanomètre

mg/Nm³ : milligrammes par normal m³.

µS/cm : Micro-siémens par centimètre.

µm : Micromètre.

°C : Degré cils suce.

Mg O₂/l : Milligramme d'oxygène par litre

V₃₀ : Volume des boues après 30 minutes de décantation [m³]. .

NO₂⁻ : les nitrites

NO₃⁻ : les nitrates

PT : Le phosphore total

N-NH₄ : Azote sous forme ammoniacale (mgN/L)

N-NO₃ : Azote sous forme de nitrates (mgN/L)

N : Azote (mgN/L)

SET : Souk El Tenine

SAL : Sidi Ali Lebhar

COMSA : une entreprise espagnole de construction et d'infrastructures dont l'activité principale était historiquement les travaux d'infrastructure ferroviaire

Labo : laboratoire d'analyse.

CO₂ : Dioxyde de carbone. .

d : Densité.

H₂O : Dioxyde d'hydrogène.

P : phosphore.

V : Volume [m³].

L₀ : Charge organique totale.

MES : Matière en suspension.

MVS : Matière volatile sèche.

MMS : Matière minérale sèche.

MOX : Matière organique oxydable.

MO : Matière organique.

MASS : Mixte alcools solide en suspension.

Cu : cuivre.

Fe : fer.

Mn : Manganèse

Ni : nickel.

Cr : chrome.

Pb : Plomb.

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Zn : Zinc

m.c.a : Mètre colonne à l'aspiration.

m.c.e : Mètre colonne d'eau.

CE : Conductivité Electrique.

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène..

pH : Potentiel hydrique.

SAR : Ratio d'adsorption du sodium.

STEP : Station d'épuration.

Eq/hab : Equivalent habitant.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office National d'Assainissement de

DTD : Division Technologie et Développement ex CRD.

I.P.A : Institut Pasteur d'Alger.

En amont : A l'entrée de la Station d'épuration.

En aval : A la sortie de la Station d'épuration.

Bio GNV : Bio gaz naturel véhicule.

PSA : Pressure System Adsorption.

Pi : Production initiale de boues.

PCI : Pouvoir calorifique inférieur.

PCS : Pouvoir calorifique supérieur.

Liste de figures

Chapitre I

Figure I.1 Schéma d'écoulement d'une station d'épuration..... 4

Figure I.2: configurations d'une chaîne de traitement 6

Figure I.3 Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boues
activées 11

Figure I.4 Boues primaire..... 12

Figure I.5 Boues biologique 13

Figure I.6 Boues physico-chimique 14

Figure I.7 Schéma des différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires..... 15

Chapitre II

Figure II.1 Localisation de la station de SAL 2

Figure II.2 Schéma générale de la STEP SAL 3

Figure II.3 canal d'arrivée d'eaux usées de la STEP SAL 4

Figure II.4 une fosse..... 5

Figure II.5 La cuillère bivalve STEP SAL 7

Figure II.6 Dégrilleurs de la STEP de SAL 8

Figure II.7 bassin de dessablage et déshuilage de la STEP SAL 10

Figure II.8 Réacteur biologique (système Carrousel) de la STEP SAL 12

Figure II.9 les réacteurs de bassin STEP SAL 12

Figure II.10 Oxymètre STEP SAL 13

Figure II.11 clarificateur de la STEP SAL 14

Figure II.12 pompe de recirculation 15

Figure II.13 boues déshydraté de la station de SAL 16

Figure II.14 filtre à bande de la STEP SAL 16

Figure II.15 désinfecteur de la STEP SAL 18

Figure II.16 bassin da chloration..... 19

Chapitre III

Figure III.1 Localisation de la station de SAL 22

Figure III.2 Prélèvement de la boue au niveau de la STEP SAL 22

Figure III.3 étuve de séchage du labo 24 23

Figure III.4 Opération de quartage 24

Figure III.5 boues après broyage 25

Figure III.6 boues avant broyage	26
Figure III.7 photo des tamis, labo GP	31
Figure III.8 boue tamisé labo GP	33
Figure III.9 boue après tamisage (labo GP)	34
Figure III.10 Equipements de mesure (labo de chimie).....	40
Figure III.11 Appareil de mesure du PH et de labo GP	45
Figure III.12 Agilante Technologie labo GP	46
Figure III.13 Appareil d'analyse SAA labo 11 GP	48
Figure III.14 Appareil de DRX labo GP	49

Chapitre IV

Figure IV.1 Évolution d'humidité	53
Figure IV.2 variation de la valeur du pH.	54
Figure IV.3 évolution de la conductivité électrique	54
Figure IV.4 Diffractogrammes des échantillons : (a) échantillon 2015,(b) échantillon 2019 .55	
Figure IV.5 Concentration des métaux lourds	57
Figure IV.6 Spectre infrarouge de l'échantillon 2015.....	57
Figure IV.7 Spectre infrarouge de l'échantillon 2019.....	58

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 Les normes (O.M.S) de rejet des eaux usées appliqué en Algérie	10
Tableau I.2 Différents type des boues.....	14

Chapitre II

Tableau II.1 les paramètres contrôlés au niveau du laboratoire de la STEP.....	37
Tableau II.2 composition physicochimique et organique des eaux usées de la station de Sidi Ali labhar.....	38

Chapitre IV

Tableau IV.1 résultats d'humidité de la boue de la station d'épuration 2015 et 2019.....	53
Tableau IV.2 la concentration des métaux lourds dans les boues de la station d'épuration des eaux usées urbaines de Sidi Ali labhar(Bejaia)	57
Tableau IV.3 Les résultats de l'identification des bandes de la boue 2015 et 2019	58

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 remarquable des besoins en eau (industrie, agriculture, eaux domestiques...). Les citoyens utilisant des quantités de produits chimiques toujours plus importantes, notamment les produits ménagers, cosmétiques, médicaments, carburants...

Les eaux usées sont de plus en plus chargées en matières difficiles à éliminer, c'est pourquoi il a fallu mettre en place un système de traitement. 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 usées implique une série de procédés chimiques et/ou biologiques.

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.

Par ailleurs, les boues d'épurations sont considérées comme une importante source de biomasse en Algérie, cependant leur utilisation comme source d'énergie reste restreinte par rapport à d'autres pays dans le monde.

Ce travail, représente une contribution à la caractérisation de la boue produite de l'épuration des eaux usées urbaines de la station de Sidi Ali lebha (Béjaia), pour une éventuelle valorisation.

Ce mémoire est structuré en deux parties, la première est une étude bibliographique, englobe les paramètres d'épuration des eaux usées (eau usée, station d'épuration et boue).

La deuxième partie se divise en trois chapitres une présentation de la station de Sidi Ali lebhar, matériels et méthodes utilisés et le troisième chapitre s'intéresse aux discussions des résultats d'analyses. Nous terminons ce travail par une conclusion générale.

Chapitre I
Synthèse
bibliographique

Chapitre II

Présentation de la STEP de sidi ali lebhar

Chapitre III

Matériels et

méthodes

Chapitre IV

Résultats et

discussion

Introduction général

Conclusion général

I.1. Introduction

Avec le développement urbain et industriel, ainsi que l'évolution des modes de consommation de l'eau, les rejets d'eaux usées ont considérablement évolué en quantité et en qualité. L'assainissement des eaux usées (urbaines ou industrielles) est perçu comme une évidence, aussi bien pour la protection de l'environnement que pour la préservation de l'eau en tant qu'écosystème.

Le différent procédé d'épuration des eaux usées se conduit à une production d'une quantité importante de boues dont il faut s'en débarrasser.

I.2. Généralités sur eau usée

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. [11]

I.2.1. Nature et origine d'une eau usée

Les eaux usées ont quatre origines possibles (Figure I-1):

➤ **Les eaux usées domestiques :**

Ces eaux issues de l'utilisation de l'eau potable pour satisfaire tous les usages ménagers (les eaux de cuisine, les eaux de salle de bains, les eaux de vannes qui proviennent des sanitaires)

➤ **Les eaux usées industrielles**

Ce sont les eaux des rejets des usines, les rejets des activités artisanales ou commerciales (blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.)

➤ **Les eaux usées de ruissellement.**

Ce sont les eaux pluviales, peuvent contenir en plus, des métaux lourds comme plomb, zinc et des hydrocarbures chargées de poussières, et les eaux de pluie parfois acides.)

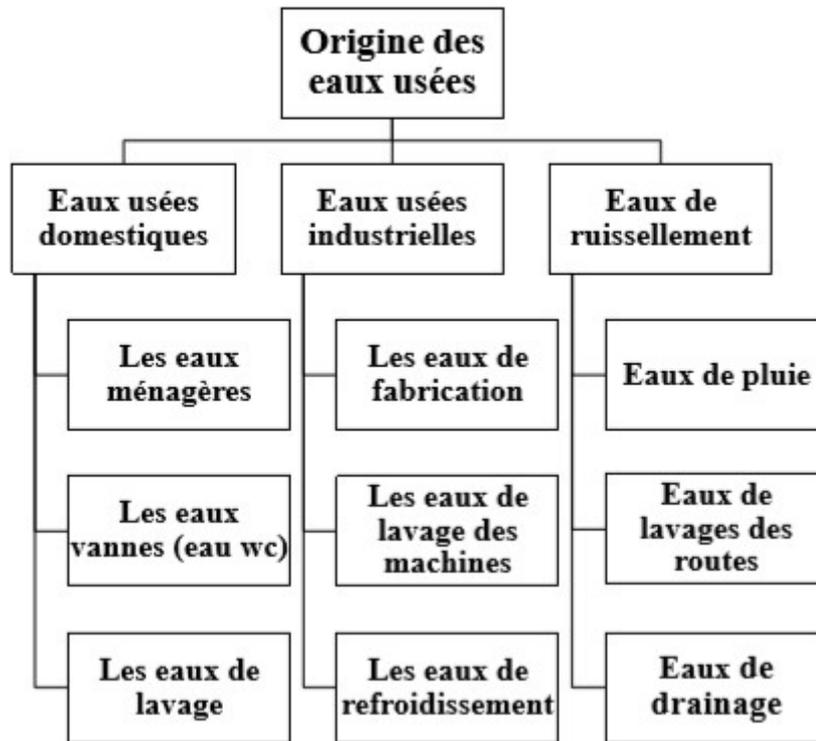


Figure I.1 : Origine des eaux usées [12]

I.3. la station d'épuration (STEP)

La station d'épuration est une installation de plusieurs dispositifs et de procédés bien spécifique, chaque procédé a pour rôle d'éliminer ou de diminuer le taux d'un polluant présent dans l'eau usée. Elle est équipée d'un laboratoire d'analyse qui a pour but de suivre le rendement de la STEP et d'étudier l'anomalie (si nécessaire), d'une façon générale il surveille le fonctionnement de la station. (Figure I-2): Une station d'épuration (STEP) permet de collecter et de traiter les eaux usées qu'elles soient d'origines industrielles ou urbaines avant de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel sans risquer de polluer l'environnement.

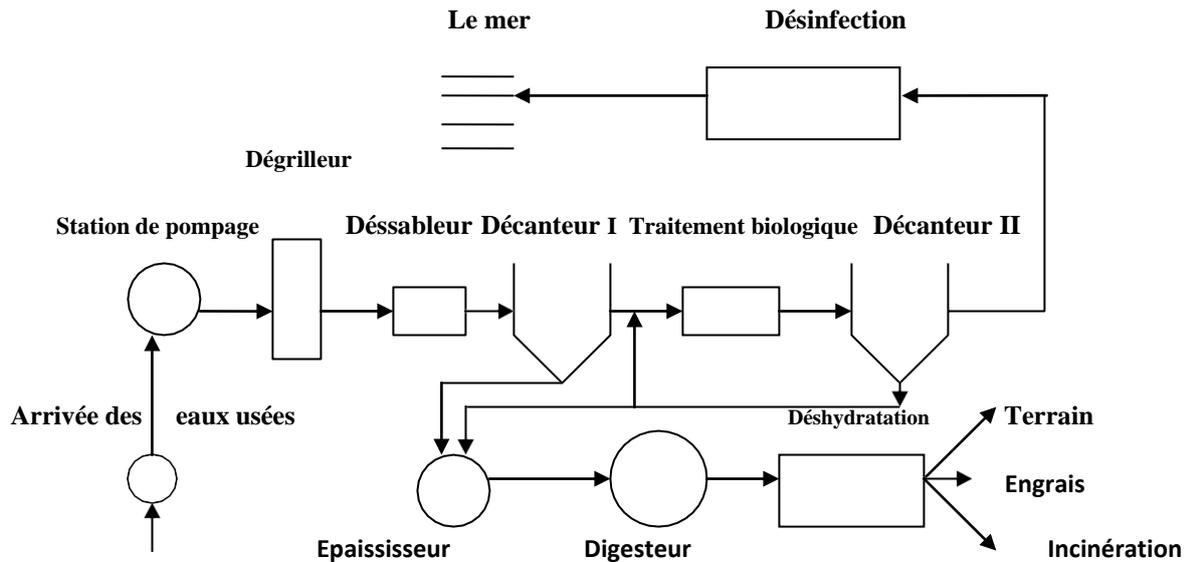


Figure I.2: Schéma d'écoulement d'une station d'épuration [18]

I.3.1. Procédé de traitement des eaux usées dans une station d'épuration

I.3.1.1. 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 un traitement de dégrossissage nommé prétraitement. Ceux-ci vont permettre d'extraire la plus grande quantité des éléments (les déchets de taille grossière).

Ces prétraitements constituent une première étape très importante pour assurer un traitement efficace des eaux usées. Quatre types principaux peuvent être distingués : [1]

- **Le dégrillage** : permet d'éliminer les matières volumineuses (bouteilles, bois...) charriées par les eaux brutes et qui pourraient provoquer l'obturation de différentes unités de l'installation et nuire à l'efficacité des traitements ultérieurs. Le dégrillage est assuré par des grilles dont l'écartement des barreaux varie suivant la taille des objets à piéger.
- **Le tamisage** : assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôle perforée, à mailles plus ou moins fines afin d'éliminer les matières solides (impuretés) présentes dans l'eau.
- **Le dessablage** : permet d'éliminer les graviers, sables ou particules minérales grâce à des pièges à sédiments, afin d'éviter le dépôt de ces particules dans les installations et de protéger les unités de traitement contre l'abrasion.

- **Le déshuilage** : consiste à récupérer grâce à des racleurs, les graisses domestiques ou industrielles qui se trouvent à la surface des eaux usées naturellement ou par flottation (injection de fines bulles d'air). [1]

I.3.1.2. Le traitement primaire

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension, le traitement primaire permet d'éliminer en partie, la matière (organique ou minérale), les particules grossières non piégées lors des étapes de prétraitements (finement dispersées ou à l'état colloïdal). Le traitement primaire correspond à une étape gravitaire qui permet d'isoler par décantation les particules décantables. [1]

I.3.1.3. Les traitements secondaires

La décantation permet l'élimination des particules de grandes tailles (supérieures à 50 microns). Par contre, la séparation des matières finement dispersées et des colloïdes, qui sont à l'origine de la coloration des eaux, ne peut se faire directement par décantation. Les espèces colloïdales que l'on rencontre dans une eau brute ou une eau résiduaire comprennent de l'argile, de la silice, du fer et autres métaux lourds et des solides organiques tels que des détritiques d'organismes morts (ont une taille inférieure à 1 micron). [1]

I.3.1.4. Le traitement tertiaire

Le traitement tertiaire, qui n'est pas systématique, est une opération d'affinage de l'effluent avant réintroduction de l'eau épurée dans le milieu naturel.

- **Réduction des matières en suspension et de la pollution organique biodégradable**

Le traitement le plus utilisé afin de réduire les matières en suspension et la pollution organique biodégradable, est la filtration tertiaire qui, selon la nature du matériau utilisé, permet de réaliser une épuration essentiellement physique ou biologique.

- **Réduction de la pollution organique non biodégradable**

Pour fixer les matières carbonées dissoutes non biodégradables (par exemple les détergents), le moyen le plus utilisé est l'adsorption sur charbon actif.

- **Réduction de la pollution phosphorée (la déphosphatation)**

Le principal inconvénient de la forte teneur en phosphore dans les eaux est de favoriser l'eutrophisation des cours d'eau, des lacs et des milieux marins. Ainsi, la réduction

des apports phosphorés des eaux usées est en général considérée comme le facteur clé de la lutte contre l'eutrophisation des rivières et des lacs.

Les techniques de déphosphatation qui sont généralement appliquées font appel à des réactions de précipitation (procédés physico-chimiques) ou à des micro-organismes épurateurs qui assurent une sur-élimination du phosphore (procédés biologiques). [1]

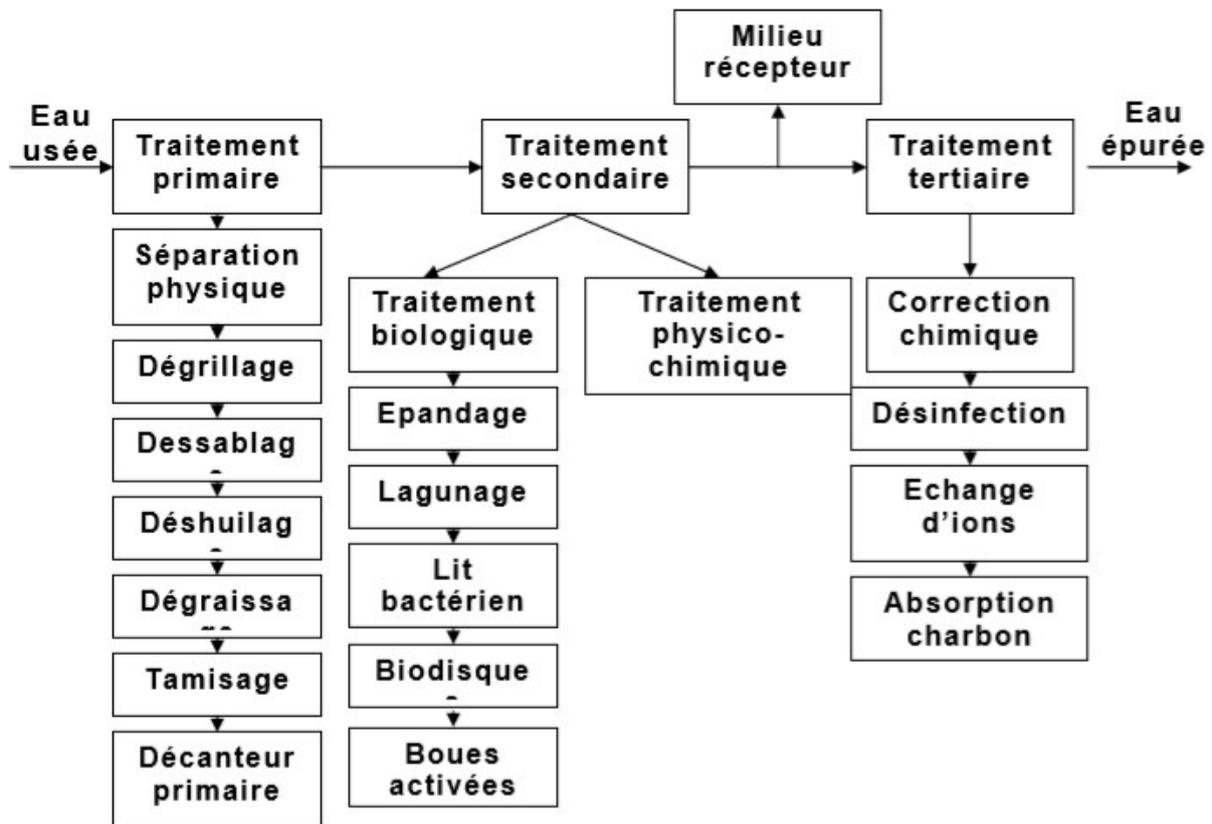


Figure I.3 : configurations d'une chaîne de traitement. [25]

I.4. Paramètre de pollution des eaux usées :

La pollution des eaux usées se présente sous trois formes principales :

- Physique (matières en suspension).
- Chimique (matières organiques dissoutes).
- Biologique.

I.4.1. Paramètres physiques

I.4.1.1. La Température

La température est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur :

- La solubilité des sels et des gaz, la solubilité d'un gaz diminue pour une température élevée.
- Aussi, plus l'eau est chaude plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition dans les processus d'auto - épuration.
- Sur la multiplication des micro- organismes, affectant ainsi l'épuration biologique.

I.4.1.2. La Conductivité (Ce)

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. La conductivité d'une eau varie selon son degré d'impuretés, ainsi plus la concentration ionique des sels dissous est grande plus la conductivité est grande.

I.4.1.3. La Couleur

La couleur des eaux usées est normalement grisâtre, la couleur noire indique une décomposition partielle des matières contenues dans les eaux usées, tandis que les autres teintes sont d'origine industrielle. Elle est déterminée à l'aide d'un comparateur optique.

I.4.1.4. L'Odeur

L'eau d'égout fraîche à une odeur fade qui n'est pas désagréable. Une odeur nauséabonde indique une eau qui commence à fermenter par stagnation soit dans le réseau d'égout soit avant le rejet.

I.4.1.5. Matières en suspension (MES) et matière volatile en suspension (MVS)

Les MES représentent la partie solide de la pollution, ce résidu non filtrable est partiellement éliminé lors du traitement primaire dans la station d'épuration. Les MES se subdivisent en deux catégories : les matières fixes (minéral) et les matières volatiles. Une partie de MES se volatilise lorsqu'elle est chauffées à haute température (550 °C) , cette partie constitue la fraction organique et les sels inorganiques volatils. Elles sont mesurées par calcination à une température de 650 °C. Elles constituent environ 70 à 80 % des MES.

➤ **Matières minérales**

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination, elles correspondent à la présence de sels, silice, poussières...etc.

➤ **Matières décantables et non décantables**

On appelle matières décantables les matières qui sont capables de se décanter au bout de deux heures et les matières non décantables restent dans le surnageant et vont être dirigées vers le traitement biologique ou chimique. [18]

I.4.2. les Paramètres chimiques

I.4.2.1. PH

Le PH exprime le degré d'acidité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial dans les propriétés physico - chimiques (acidité, agressivité) et dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de PH étroites.

I.4.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

C'est la quantité d'oxygène exprimée en milligrammes d'oxygène par litre représentant la pollution organique. Ce paramètre est défini comme un indicateur de la fraction de matières organiques qui peut être décomposées par action microbienne.

La DBO₅ est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai (après incubation durant 5 jours à une température de 20⁰C, dans l'obscurité), par les matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique.

I.4.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO constitue un autre moyen de mesure du degré polluant des eaux usées. Elle est exprimée en milligrammes d'oxygène par litre, et représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques biodégradables ou non.

I.4.2.4. L'oxygène dissous (O₂)

Il caractérise le degré de la pollution organique de l'eau, sa concentration dans l'eau varie en fonction de la température. La détermination de ce paramètre dans l'eau se fait à l'aide d'un oxymètre.

I.4.2.5. Azote (N)

L'azote présent dans les rejets se présente sous les formes suivantes :

- **L'azote organique (N)** : qui rentre dans la composition des molécules des êtres vivants.
- **Azote sous forme de nitrites (NO_2^-) et Azote sous forme de nitrates (NO_3^-)**, composés représentant les formes oxydées de l'azote.
- **L'azote ammoniacal (NH_4^+)** : qui est la forme minérale de l'azote constituant un stade intermédiaire entre l'azote organique, les nitrites et les nitrates.

I.4.2.6. Phosphore (PO_4^{3-})

Dans les effluents urbains, le phosphore provient, des déjections humaines et des produits lessiviels (un habitant rejette environ 4 g de phosphore par jour). [18]

I.4.3. Paramètres biologique

Les eaux usées véhiculent des matières fécales, et des urines, celles-ci sont chargées de germes de différentes natures, dont certaines sont pathogènes (bactéries, virus, parasite...etc.), le niveau de contamination des eaux résiduaires urbaines est déterminé à partir de la concentration moyenne des germes témoins pour un volume donné d'eau résiduaire (nombre de germes/100 ml). [24]

I.4.4. Les normes de rejet :

Les normes de rejet à l'égout ou après traitement ont pour objet la protection du milieu récepteur. (Tableau I.1)

Tableau I.1: Les normes (O.M.S) de rejet des eaux usées appliqué en Algérie [23]

Paramètres	Valeurs	Unités
DBO ₅	30-40	mg/l
Température	30	(°C)
DCO	90-120	mg/l
O ₂	5	mg/l
MES	30	mg/l
PH	5.5-8.5	–
Azote totale	50	mg/l
Huile en graisse	20	mg/l
Température	30	°C
Phosphore	2	mg/l
Détergents	1	mg/l
Aluminium	5	mg/l
Fer	5	mg/l
Zinc	2	mg/l
Chrome	0,1	mg/l
Azote total	50	mg/l
Manganés	1	mg/l
Hydrocarbures	10	mg/l

I.5. La Boue d'épuration

La boue est un mélange d'eau et des particules sédimentaires fines de limons et d'argiles. On appelle boues d'épuration les sédiments résiduels issus du traitement des eaux usées. Les boues d'épuration urbaines résultent de différent traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité humaines et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir subis un prétraitement obligatoire.

I.5.1. classification des boues

- **Boue Huileuses hydrophobes** : elles contiennent des oxydes mélangés à des huiles minérales.
- **Boue Minérales hydrophiles** : elles contiennent une forte proportion d'hydroxydes métalliques.
- **Boue Minérales hydrophobes** : elles contiennent une forte proportion de carbonates
- **Boue Fibreuses** : elles contiennent de 20 à 80 % de fibres. [31]

1.5.2. Les origines des boues

Les boues de station d'épuration, sont des boues résiduaire résultent de traitement des eaux usées en aval. Ces boues peuvent être de différentes origines :

I.5.2.1. La boue des eaux usées industriels

Les eaux usées industriels produisent différents types de boues caractérisées par la présence des matières organiques (cas des effluents d'abattoirs ou de fermentations), ou par des matières inorganique peuvent contenir des composés toxiques (ex : métaux lourds) cas des industries pharmaceutiques ou métalliques etc. ... [32]

I.5.2.2. La boue des eaux usées domestiques

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. [33]

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. ([Figure II.1], Tableau I.2)

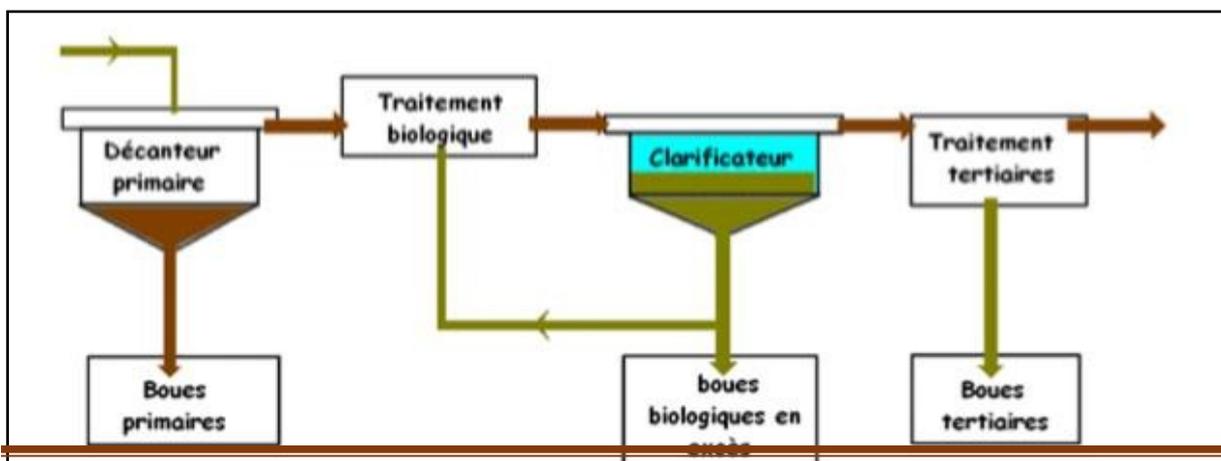


Figure I.4 : Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boues activées [7]

I.4.5. Les type des boues

La nature des boues produites par une station d'épuration dépend de plusieurs facteurs : tel que le type de séparation de boues utilisé, le procédé de traitement et de leur caractéristique d'origine. [39], tableau(I.2)

On distingue :

I.5.3.1. Les 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. [40]

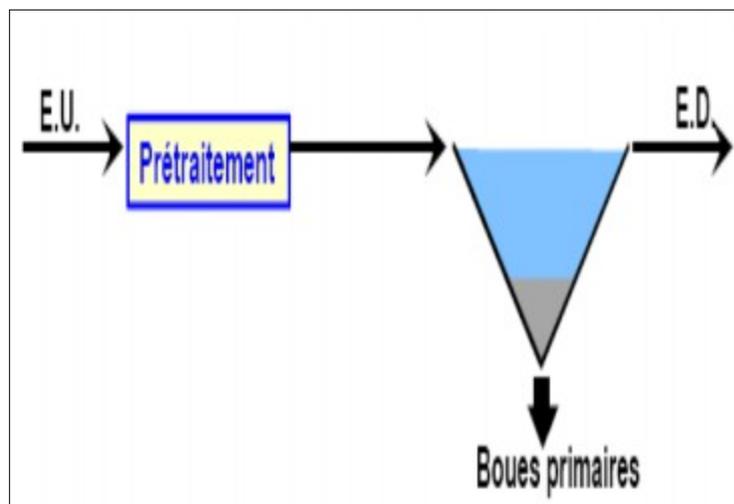


Figure I.5 : Boues primaire. [41]

I.5.3.2. Les boues secondaires

Les boues secondaires appelées aussi les boues biologiques, 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 [40].

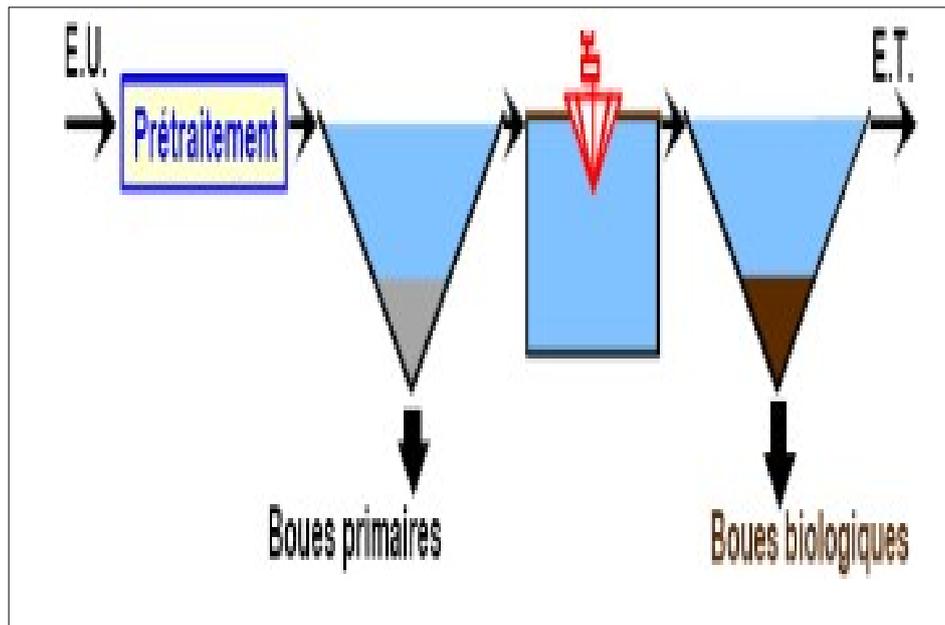


Figure I.6 : Boues biologique [41]

I.5.3.3. Boues de traitement physico-chimique

Variante du type précédent, les matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées sont agglomérées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium). 90 % des MES peuvent ainsi être captées et séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant. Les boues physico-chimiques sont surtout produites dans des stations balnéaires ou touristiques, aux variations de populations très grandes sur une courte période. [13]

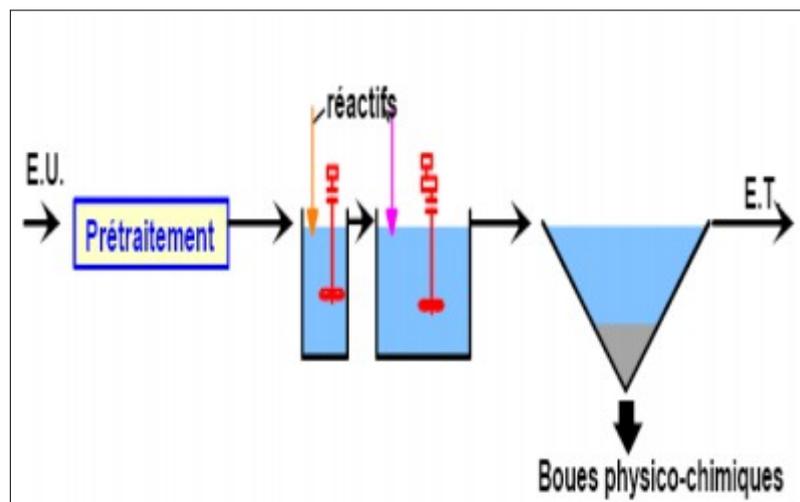


Figure I.7 : Boues physico-chimique. [41]

Tableau II.2: Différents type des boues [3]

Type de boue	Boues primaires	Boues biologiques (boues secondaire ou boues activées)	Boues mixtes	Boues physicochimiques
Origine	traitement primaire par décantation	traitement biologique secondaire	traitement primaire et secondaire	décantation après traitement avec un réactif
Composition et siccité	matière inorganique	composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques	mélange de boues primaires et de boues biologiques	
	couleur grise siccité 5%	boue granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile siccité 1-2%	siccité 5%	siccité 4-5%

I.5. Le traitement des boues :

Le traitement des eaux usées dans une station d'épuration produit une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et un concentrât désigné sous le terme de "boues" ou "boues résiduares", la boue provenant d'un procédé de séparation solide-liquide (décantation, flottation) ou résultant d'une réaction chimique (coagulation) ou biologique. La quantité et les caractéristiques des boues produites dépendent non seulement des caractéristiques des effluents mais encore du procédé de traitement choisi. Ces boues nécessitent généralement une stabilisation (aérobie ou anaérobie) avant tout traitement mécanique ou thermique de déshydratation. L'élimination de l'eau interstitielle entourant les particules solides est la principale opération dans le traitement des boues. Les principaux moyens de cette séparation sont par ordre d'efficacité croissante : la décantation simple, la centrifugation, les filtres sous vide et les filtres presse. (Figure I.8)

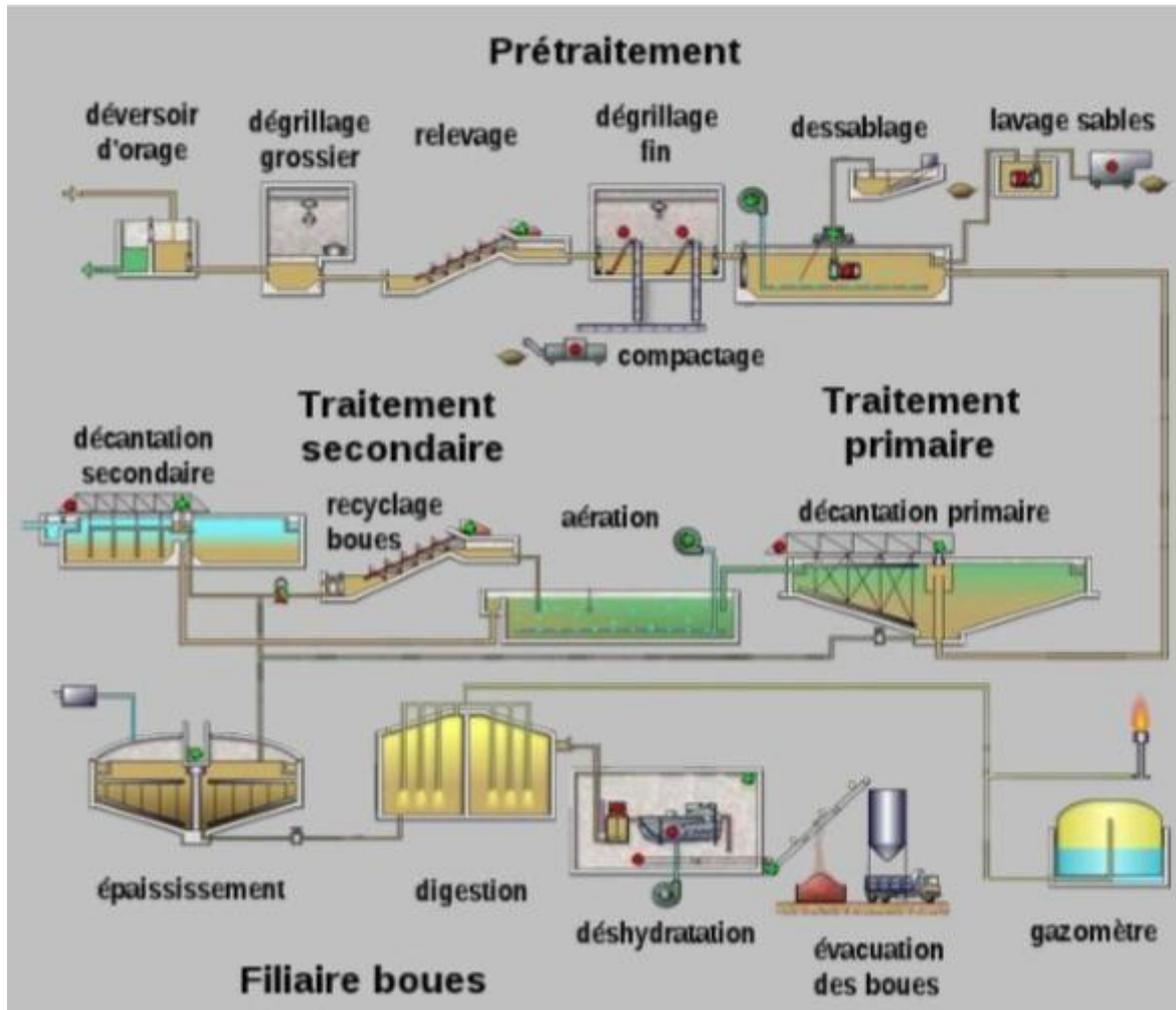


Figure I.8 : Schéma des différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires [7]

I.5.1. Les différentes étapes de traitement des boues

I.6.1.1. Epaissement

L'épaissement des boues a pour objectif de concentrer la matière en suspension de la façon la plus économique, en éliminant une quantité d'eau par décantation, flottation, centrifugation ou égouttage. Il s'agit donc d'une étape intermédiaire pour la diminution du volume de boues produites par la station. [30]

I.6.1.2. La stabilisation

Le but de la stabilisation est d'empêcher ou réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi les nuisances olfactives. On distingue les stabilisations chimiques ou biologiques 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. [30]

I.6.1.3. Le 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). [30]

I.6.1.4. La déshydratation

La déshydratation qui correspond en fait à une augmentation forte de siccité, pour objectif de réduire leur volume (plus de 97 % d'eau) et modifie l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide.

La déshydratation des boues en excès est assurée par une presse à bande filtrante. Les boues à traiter après avoir été mélangées à une solution de polymères sont déversées sur un tapis roulant perméable qui assure la pression de ces boues au fur et à mesure de leur passage sur le tapis, ainsi obtenant à la fin une boue beaucoup plus sèche. [18]

I.6.1.5. Digesteurs

Le digesteur est l'élément principal d'une installation de biogaz. C'est dans le digesteur que les processus biochimiques et microbiens de fermentation ont lieu lors desquels le biogaz est constitué. [14]

I.6.1.6. Séchage

Le séchage consiste à évaporer de l'eau libre et liée par un séchage solaire ou séchage thermique.

I.6. composition des boues

Suivant l'origine des eaux usées, le mode de conditionnement et le type de traitement pratiqué dans la station d'épuration, la boue peut avoir plusieurs composants dont :

- matière organique (MO) : des lipides (6 à 19% de la matière organique), des protéines et des acides aminés (33 % de la matière organique)...etc
- éléments fertilisants et amendements : azote, phosphore, magnésium, calcium et soufre (pour couvrir les besoins des cultures)

- Les éléments Traces Métalliques (ETM) : 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 sélénium, le nickel, le molybdène et le zinc. Un apport nutritionnel est conseillé. 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. Selon ce rapport [4], en moyenne, « on estime que 70 à 90% des éléments métalliques (Annexe I) sont retenus par les boues », comme :

I.6.1. Cadmium (Cd)

Il est essentiellement d'origine industrielle, il peut provenir également d'activités domestiques (composant de produits cosmétiques tels que shampooings, teintures capillaires). C'est 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). [14]

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. Sa toxicité est connue depuis les années 50, très toxique sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques). L'effet toxique du Cd représente un danger pour l'homme, les végétaux et les animaux [6]

I.6.2. Chrome (Cr)

35 à 50 % du chrome provient des industries (galvanoplastie, tanneries, oxydations chimiques), 9 et 50 % provient du ruissellement (retombées atmosphériques, pesticides,

engrais phosphatés....) et 14 à 28 % des eaux domestiques (produits d'entretien, eau de consommation). Le traitement primaire des eaux usées élimine 28 à 50 % de cet Élément Trace Métallique. [14]

I.6.3. Cuivre (Cu)

il provient essentiellement des eaux usées domestiques (eau de consommation, produits domestiques, corrosion des tuyauteries), mais il est aussi d'origine industrielle (l'industrie chimique et électronique) et il provient des eaux de ruissellement (poussières de combustion industrielle et trafic routier). Il est globalement très bien éliminé à 85% du métal se retrouve dans les boues résiduelles. [14]

Le cuivre contamine les eaux environnantes à des doses et concentrations infimes pour de nombreux organismes : algues, mousses, microorganismes marins, champignons microscopiques. [6]

I.6.4. Nickel (Ni)

Il provient essentiellement des rejets domestiques (produits domestiques, pigments divers), et des 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. [14]

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.[11]

I.6.5. Zinc (Zn)

il provient essentiellement des eaux usées domestiques (produits consommés et corrosion des tuyaux galvanisés), des rejets industriels (mines, raffineries de zinc, pigments, usures des toitures en zinc).

Le zinc possède également un effet toxique chez les animaux et chez l'homme, dans les poissons la dose létal est comprise entre 0,5 et 5 mg/l en Zn [14].

I.6.6. Plomb (Pb)

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.

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. [11]

I.6.7. Le fer (Fe)

Les eaux des drainages acides produits des eaux très enrichies en fer et sulfates. Les eaux de surface peuvent contenir une grande quantité de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou la pollution industrielle, 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 poly phosphates sont utilisés dans le traitement de l'eau. [11]

I.6.8. Le manganèse (Mn)

La pollution de l'eau par le manganèse n'est pas un problème sauf en cas de rejet exceptionnel. La principale source de la 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. [11]

I.7. Conclusion

La quantité de boue produite dans les stations d'épuration est en augmentation continue, sa composition et son origine conditionne le procédé de traitement préalable.

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.

II.1. Introduction

La station d'épuration des eaux usées urbaines de Sidi Ali labhar, dans la commune de Béjaia, wilaya de Béjaia a été mis en service, dans le cadre de la préservation de l'environnement, la réutilisation des eaux épurées (le nettoyage et l'arrosage) et la protection de la plage de Sidi Ali labhar.

II.2. Historique de la station

La station d'épuration des eaux usées de Sidi Ali Lebhar a été conçue en 2008 par la direction d'hydraulique de la wilaya de Bejaïa, en collaboration avec une entreprise espagnole COMSA ou la base de dimensionnement de cette STEP a été fixée pour 2010 et une extension est prévue pour 2030, et sa mise en essais a été le 01/02/2013.

C'est une station d'épuration du type boues activées à faible charge, avec un débit de 3000 m³/j, et une capacité de 25000 équivalent habitant pour 2010, et un débit de 9600 m³/j, et une capacité de 80000 équivalents habitant pour 2030 ; elle traite aujourd'hui une partie des rejets d'eaux usées déversées par la ville de Sidi Ali Lebhar et la résidence universitaire d'Iryahen. Le prétraitement a été dimensionné pour 2030 et le traitement biologique avec épaissement des boues pour 2010, donc il sera nécessaire une seconde phase de travaux pour l'amplitude au 2030 .[3]

II.3. Localisation de la station

La station d'épuration des eaux usées de Sidi Ali Lebhar se trouve en bord de la mer, à 2 Km au nord-est de la ville de Bejaïa longeant la route national N°09 aux coordonnées 36° 43'' et 14.37'' de longitude entre 5° 04 et 37.84'' de latitude. (Figure I.1).[8]

La station d'épuration de Sidi Ali Lebhar traite les eaux usées d'origine domestiques des agglomérations suivantes :

- ✓ Village Aboudaou ;
- ✓ Le campus universitaire Aboudaou ;
- ✓ Ighil Ouberouak et Ait Hamouda ;
- ✓ Iriahène ;
- ✓ L'École d'application du génie (EAG) ;
- ✓ Talla Hamza.



Figure II.1: Localisation de la station de SAL.[7]

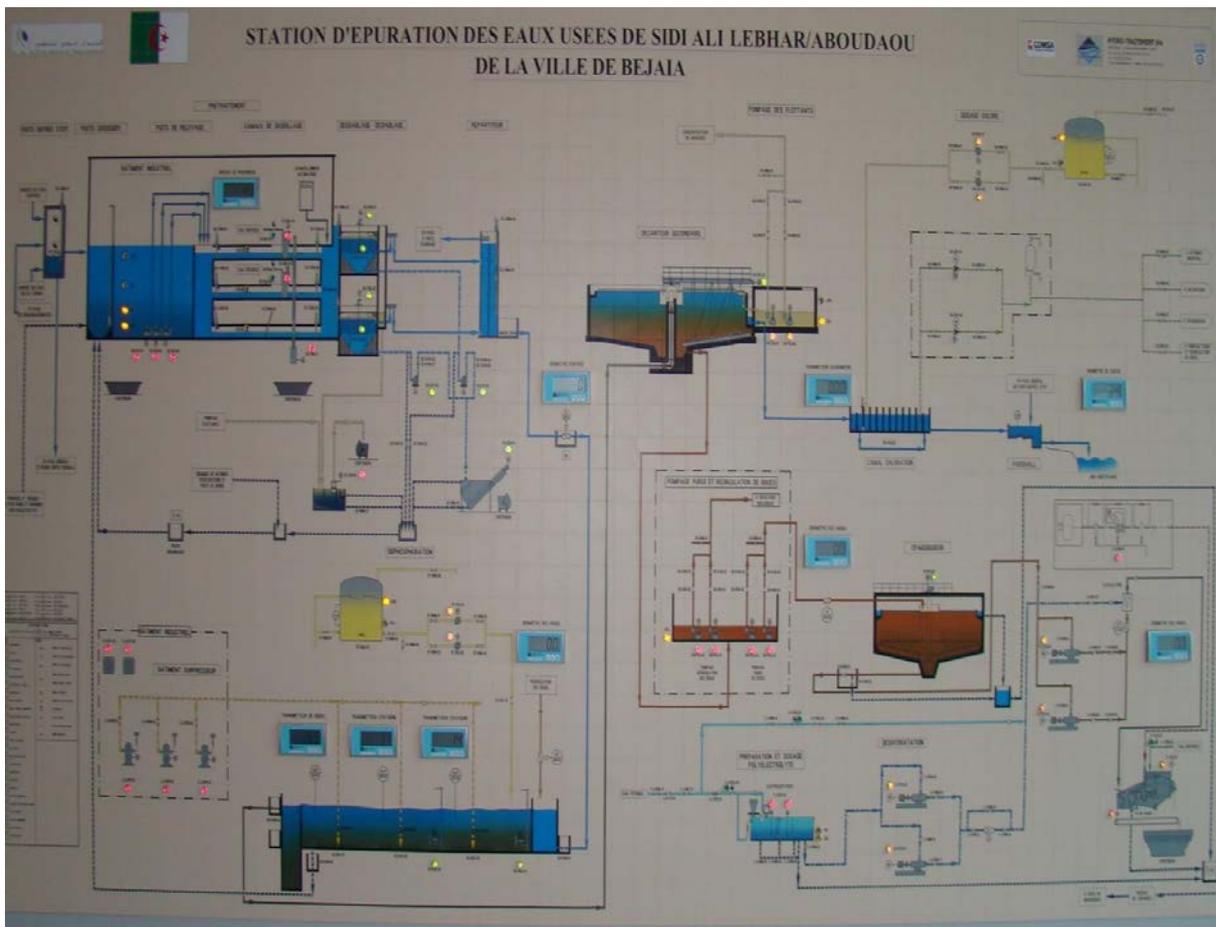


Figure II.2: Schéma générale de la STEP SAL

II.4. Filières de traitement

La filière d'épuration des eaux usées utilisée dans la station est la suivante :

- Dégrillage grossier par grilles avec râteau manuel et mécanique.
- Dessablage et dégraissage par le biais de canaux des sableurs aérés, avec écumage.
- Traitement biologique dans des réservoirs à boues activées.
- Décantation dans des décanteurs secondaires, circulaires à racleur.
- Dégrillage moyen par grilles avec râteau manuel dans le canal des boues activées de retour.
- Désinfection au chlore.
- Les boues excédentaires provenant du procédé d'épuration subissent un traitement (épaississement) dans des épaisseurs à grille racleuse. [4]

II.4.1. Arrivée de l'eau

L'arrivée de eaux usées se fait a laide d'un canal et des puis (figure II.3)



Figures II.3: canal d'arrivée d'eaux usées de la STEP SAL

II.4.1.1. Puits et grille grossière

C'est le premier élément du procès, avec section rectangulaire et font conique, est dimensionné pour garantir la sédimentation des éléments plus lourds.

Les dimensions du puits de grossières sont :

- Largeur : 3m
- Longueur : 3m

- Profondeur : 1,3m
- Profondeur inclinée : 1m
- Volume utile : 20,7 m³
- volume utile : 20,7 m³



Figure II.4 : une fosse

Une cuillère de bivalve de 100 l de capacité pour l'extraction des solides et matières grossières sédimentés au fond du puits a été installée. La cuillère est transportée par un palan automatique.

Le passage du puits de grossières au puits de pompage se réalise à travers d'une grille verticale de nettoyage manuel et de passage des barreaux de 50 mm, qui protège les pompes d'eau brute.[17]

II.4.1.2. Puits de pompage

Les dimensions du puits de relèvement sont :

- Largueur : 4,2 m
- Longueur : 7 m
- Profondeur : 2 m
- Volume : 58,8 m³

Le groupe de pompes résiduelles du traitement est composé par (2+1) pompes submersibles de 125 m³ /h.

Les impulsions de toutes les pompes sont réalisées par une conduite d'un diamètre de 250 mm, qui débouchent de forme indépendante dans le canal de tamisage.

La capacité maximale qu'on peut pomper par deux pompes est de 250 m³ /h. On renvoi l'eau jusqu'à l'entrée de la conduite de dégrillage.

Le puits de pompage permettra un temps de séjours de 14 minutes pour un débit pointe en 2010 et un temps de séjours de 5 minutes pour un débit pointe à 2030. Un débitmètre est installé dans le collecteur de pompage des eaux. [10]

II.4.2. Prétraitement

L'égout d'amenée déverse les eaux usées dans un ouvrage de réception à l'amont du dégrillage et permettra la répartition des débits vers ce dernier.

Le tamisage est réalisé dans un canal de 0,50 m de largeur qui se trouve isolé par des vannes motorisées, situées en amont et en aval. Dans le canal il y a un tamis pour tamisage fin à nettoyage automatique de 3 mm de passe.

A la sortie de la zone de tamisage l'eau est conduite jusqu'à un canal qui accède au dessableurs isolé par des vannes motorisées. Ces éléments ont des vidanges indépendantes qui débouchent dans le puits de grossiers à travers du bassin de surnageant de la séparation des huiles. Le canal est dimensionné pour le débit pointe. Dans le futur il sera prévu un autre canal identique.[15]

L'ensemble des canaux traitera le débit pointe pour 2030

- Nombre de canaux : 1+1
- Débit maximum par canal : 348 m³/h
- Débit moyen par canal : 200m³/h
- Largeur de canal : 500 mm
- Longueur de canal : 5,760 mm
- Hauteur d'eau : 670 mm
- Hauteur total du canal : 1,350 mm
- Vitesse à débit moyen avant dégrillage : 0,1 m/s
- Vitesse à débit maximale avant dégrillage : 0,2 m [6]

II.4.2.1. Dégrillage

Il y a deux modes :

II.4.2.1.1. Dégrillage grossier :

C'est une étape qui sert à éliminer les déchets solides les bouteilles en plastique, bois, chiffons .ces déchets sont retirés par une cuillère bivalve (Figure III.4) à 100 litres, ensuite ils vont être mise dans une benne, cette étape a pour but de protéger les pompes de relevage du dégrilleur fin. après élimination des gros déchets, les eaux usées vont être pompé automatiques à partir de la fosse au dégrillage fin.



Figure II.5 : La cuillère bivalve STEP SAL

II.4.2.1.2. Dégrillage fin

Après le relevage de l'eau par 03 pompes, les eaux passent par deux grilles mécaniques et une grille manuelle. Les espaces des barreaux des grilles mécaniques sont de 03 mm. Les refus (déchets) tombent sur un tapis roulant qui va évacuer les déchets vers une benne. Ensuite les grilles manuelles sont utilisées uniquement lorsque le débit est élevé ou lorsqu'un des dégrilleurs mécaniques tombe en panne.

Dans le cas de son utilisation, les déchets sont récupérés par un racleur manuel qui est utilisé par des agents d'exploitation. les dégrilleurs (Figure II.6) assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mise en place dans la station d'épuration.[11]

Le plus souvent il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entrainés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement.

Une grande diversité de grilles est disponible sur le marché (droite, courbe, nettoyage amont, aval ...).



Figure II.6: Dégrilleurs de la STEP de SAL

Une grille d'acier inoxydable à nettoyage automatique installée dans le canal principal, dont ces dimensions sont les suivants :

- Largeur de la grille : 500 mm
- Séparation entre barreaux : 3 mm
- Hauteur total grille : 2,880 mm
- Type de grille : automatique
- Largeur de la grille : 500 mm
- Séparation entre barreaux : 12 mm
- Inclination : 60°
- Hauteur total grille : 2,880 mm
- Type de grille : manuel

Pour transporter, drainer et compacter des matières dégrillées, une vis de 8 m de largeur est installée juste sous chaque dégrilleur, les matières retenues par la grille sont collectées par un conteneur qui est placé juste à la sortie de la presse. En total il y a trois conteneurs de 4,45 m³ pour les graisses, sables et refus de dégrillage.[17]

II.4.3. Dessablage et déshuilage

Il est toujours à craindre une présence importante de sable, graisses et huiles pouvant gêner ou freiner le fonctionnement de l'installation. Dans cette phase de prétraitement, il est nécessaire d'installer un équipement pour le dessablage et le déshuilage. Il y a une ligne de dessablage- déshuilage (Figure III.7) avec une largeur unitaire de 3 m et une longueur de 10 m, aéré et circulaire. Il sera prévu une autre ligne identique pour 2030. L'apport d'air au dessableur-déshuileur se réalise grâce à deux turbines submersibles. Chaque turbine aura une puissance de 0,75 Kw, et si le volume correspondant à flottation est de 56 m³ nous auront 26,7 W/m³. Le dessablage- déshuilage est fourni d'un pont qui court longitudinalement tout au long du canal, à bord duquel se trouve la pompe d'extraction de sable. Cette pompe aspire le sable du fond du dessableur et elle la pousse vers des canaux centraux qui conduisent le mélange eau/sable vers un classificateur de sable, qui décharge le sable dans un collecteur.

Le ramassage des huiles est réalisé grâce à un système de raclettes de surface, qui pousse la graisse accumulée vers la partie latérale des dessableurs-déshuileurs, jusqu'à un canal de ramassage qui se trouve dans la partie postérieur du même, puis cette graisse et les flottants ramassés dans ce canal sont amenés jusqu'au séparateur des huiles qui se trouve près du dessableur-déshuileur. La séparation des huiles est du type à chaîne sans fin et avec des raclettes de surface, par contre, le classificateur de sable, est de type à vis, puisque il est considéré plus efficace. [3]



Figure II.7 : bassin de dessablage et déshuilage de la STEP SAL

La sortie du dessableur-déshuileur se réalise par une décharge, le dessableur dispose d'une décharge indépendante, avec des conduites et une valve de 150 mm.

Débit maximal par dessableur pour 2010 est de 240 m³/h

Débit maximal par dessableur pour 2030 : 240 m³/h. [1]

- | | |
|---|----------------------|
| • Largeur totale de la zone dessablage-déshuilage : | 3 m |
| • Hauteur prismatique : | 2,55 m |
| • Hauteur pyramidal : | 0,8 m |
| • Longueur totale : | 10 m |
| • Surface : | 30 m ² |
| • Volume utile total : | 89,38 m ³ |

II.4.4. Traitement biologique par boues activées

Le système choisie doit être un système de :

- Haute rendement d'élimination de DBO.
- Haute rendement d'élimination d'azote, nitrification et dénitrification.
- Haute flexibilité opérative pour obtenir la qualité exigée.
- Haute flexibilité opérative pour obtenir la qualité exigée aux conditions d'hiver, c'est à- dire avec une température supposé de 14°C.

Le système choisi pour ce traitement est le système de Carrousel.

Les différentes alternatives de traitement secondaire biologique pour traiter les eaux de la station de Sidi Ali Lebher est un système de boues activées a faible charge type canaux d'oxydation, très facile pour exploiter et contrôler les conditions anaérobique, anoxiques et toxique pour obtenir les rendements nécessaires pour chaque situation de charge polluante ou scénario.

Le réacteur a été dimensionné pour faire l'élimination de la pollution organique et la nitrification et dénitrification.[22]

II.4.4.1. Caractéristiques du réacteur biologique (Figure II.8)

- Nombre de bassin : 1
- Type : Carrousel
- Largeur unitaire : 15 m
- Longueur unitaire : 58.8
- Profondeur total : 5 m
- Hauteur d'eau : 4,5 m
- Volume utile unitaire : 4,359 m³
- Temps permanence : 35 h à débit
moyenne (125 m³/h)
- Pour les besoins en agitation Pminimale : 4359 m³.air/h
- Densité de l'air à 20°C et pression atmosphérique : 1,202 Kg/m³
- Pourcentage en poids d'O₂ dans l'air : 23 %
- Densité des diffuseurs : 43 %
- Profondeur aération : 4,3 m

Si le volume anoxique nécessaire est de 1162 m³ y le volume total est de 4359 m³, le pourcentage de zone anoxique sera de 26 %. [3]



Figure II.8: Réacteur biologique (système Carrousel) de la STEP SAL

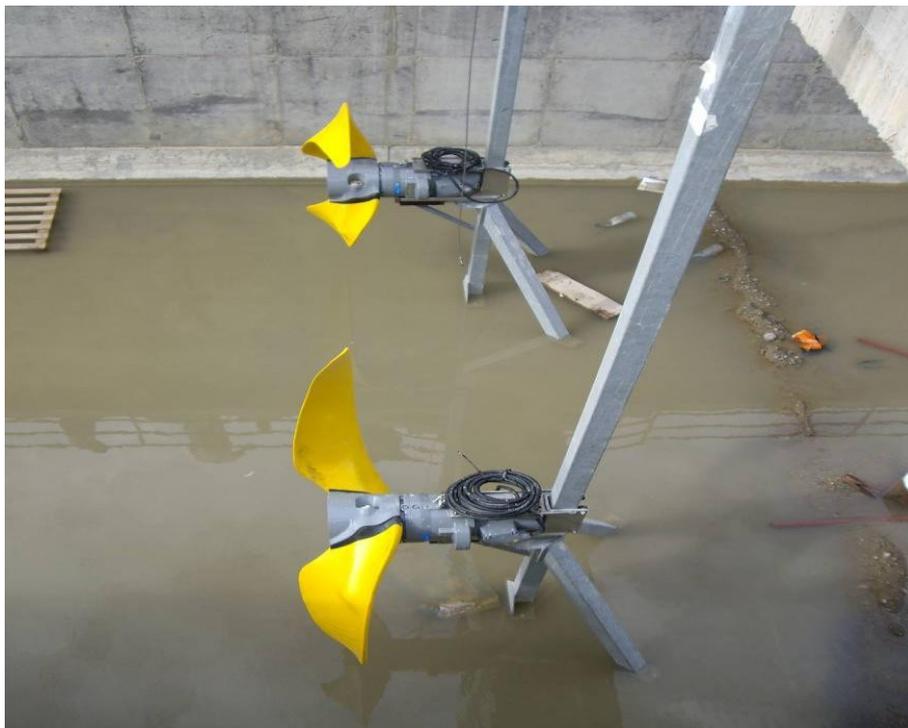


Figure II.9: les réacteurs de bassin STEP SAL



Figure II.10: Oxymètre STEP SAL

II.4.4.2. Elimination additionnelle du phosphore

Le système biologique installé donne lieu à une production de boues en excès de 1260 KgSS/jour, pourtant 12,6 Kg P/j sera éliminé (1%). Si la concentration de phosphore dans l'eau de sortie est de 6 Kg/j donc il sera nécessaire une élimination du phosphore avec précipitation du chlorure ferrique commercial (26,4Kg P/jour à éliminer voie chimique), qui présente une richesse du 40% et une densité de 1,425 Kg/l.

La consommation journalière du chlorure ferrique (FeCl_3) est 480 l/jour. [3]

III.4.4.3. Décantation secondaire

Les performances de l'épuration biologique résultent de l'action du bassin d'aération et du décanteur secondaire qui est sur le plan technique, forment une seule unité.

Le décanteur circulaire installé a des caractéristiques suivantes :

- Nombre : 1
- Surface unitaire : 254,47 m²
- Diamètre : 18 m
- Hauteur d'eau partie cylindrique : 3,6 m
- Pente de fond : 10 %
- Volume utile total : 916 m³



Figure II.11: clarificateur de la STEP SAL

II.4.4.5. Recirculation des boues et évacuation des boues en excès

Les boues reprises au centre du décanteur sont dirigées gravitaire ment par l'intermédiaire de tuyauterie vers la station de pompage des boues secondaires pour être recerclées en tête de bassin d'aération ou refoulées vers le traitement des boues.

La recirculation dont le but est de maintenir la concentration nécessaire en boues activées, dans le bassin d'aération pour l'obtention des rendements épuratoires requis, est effectuée par des groupes électropompes.[30]

La recirculation de la liqueur mixte se fait par les caractéristiques suivantes :

- Pompe installées : 1+1
- Débit par pompe : 125 m³/h
- HMT : 5 m.c.e
- Capacité de retour installée : 250 m³/h
- Pourcentage recirculation : 100 %
- Débit recerclée : 2664 m³/jour



Figure II.12 : pompe de recirculation

II.4.4.6. Boue en excès

Une partie des boues produites au niveau du décanteur secondaire en excès lesquels on ne recycle pas, sont envoyées vers un système d'épaississement des boues.

La production journalière de boues en excès est $1260 + 216$ Kg MS/jour. En considérant que les boues provenant du décanteur ont une teneur en matières sèches de 8 g/l, le volume maximum journalier des boues sera de 185 m³/j.[3]

Le temps de purge de boue journalière est de 10 h/jour.

- Débit d'entrée : 185 m³/j
- Production de boues biologiques en excès de : 1260 Kg/j
- Production de boues chimique en excès de : 216 Kg/j
- Diamètre : 7 m
- Surface : 38,48 m²
- Hauteur eau : 3,6 m
- Volume total : 138,5m³

II.4.5. Déshydratation

L'introduction de déshydratation de boues (Figure II.13) se fonde sur un filtre bande et dimensionné pour qu'elle puisse fonctionner avec une durée journalière de 10 heures.

II.4.5.1. Pompage des boues digérées par déshydratation

Le débit d'entrée sera de 10 m³/h, les pompes (1+1) hélicoïdales installées porteront les boues épaisses vers le filtre bande (Figure II.14). Le conditionnement chimique à la déshydratation est du polyélectrolyte.



Figure II.13: boues déshydraté de la station de SAL



Figure II.14: filtre à bande de la STEP SAL

II.4.6. Désinfection des eaux traitées

La désinfection de l'effluent se réalise avec hypochlorite de sodium. le dimensionnement de cet étage est pour la moitié des débits du 2030. À la future ampliation il sera nécessaire une autre ligne identique.

Les caractéristiques de ce poste (Figure II.15) sont :

- Débit d'entrée moyen de design (50 % 2030) : 200m³/j
- Débit d'entrée pointe de design (50 % 2030) : 350m³/j
- Débit d'entrée moyen 2010 : 125m³/j
- Débit d'entrée moyen 2010 : 240 m³/j
- Temps de contact : 20 min
- Hauteur d'eau : 2 m
- Longueur : 13,2 m
- Largeur : 6,6 m
- Volume total : 174 m³
- Temps de contact à débit moyen : 83 min
- Temps de contact à débit moyen : 43 min

Le dosage hypochlorite de sodium pour un débit moyen en 2010 est de 5 l/h, ce qui veut dire que la consommation journalière des dosages est de l'ordre de 120 l/jour.

Pour le stockage du réactif, un bac de stockage de 5000 litres de capacité est installé avec deux pompes de dosage de 20 l/h. [25]



Figure II.15 : désinfecteur de la STEP SAL.[2]

II.4.7. Bassin de chloration :

La distinction se fait dans le bassin de chloration rectangulaire, la clarification est assurée par de l'aéochlorite de sodium NACLO. cette étape exige un temps de contact nécessaire pour assuré une épuration complète de l'eau.

L'eau désinfectée est évacué à partir d'un puisard vers une conduite. ces eaux vont passées ensuite par un canal qui va évacuer ces eaux vers la mer.[24]



Figure II.16 : bassin da chloration

II.5. Laboratoire d'Analyse de la STEP Sidi-ali-labhar

Le laboratoire a un rôle de pilote dans la conduite de la station et sa responsabilité est importante quant à la qualité de l'eau épurée, les analyses permettant de suivre le fonctionnement de la station, et il tient à jour un cahier permettant de suivre l'évolution de la qualité de l'eau brute et de l'eau épurée tout au long de l'année, ce qui a un grand intérêt puisque cela détermine les approvisionnements en matières consommables et le programme des interventions d'entretien et les analyses à réaliser.[2]

Les principaux paramètres qui font l'objet d'un contrôle sont (tableau II.1)

Tableau II.1: les paramètres contrôlés des eaux usées au niveau du laboratoire de la STEP. [6]de Sidi-Ali-lebhar.

Instrument	Paramètre	Echantillon	Fréquence
Photomètre HACH	DCO	Entrée step (150-1500)	Quotidien
		Sortie step (0-150)	
	Nitrates	Entrée et sortie step	Hebdomadaire
	Nitrites	Bassin d'activation	Hebdomadaire
	Azote Total	Entrée et sortie step	Hebdomadaire
	Phosphore Pt	Entrée et sortie step	Hebdomadaire
	Azote NH ₄ ⁺	Entrée step	Hebdomadaire
	Chlore libre	Sortie step	Hebdomadaire
DBO mètre	DBO ₅	Entrée et sortie step	Quotidien
pH mètre	pH	Entrée et Sortie STEP	Quotidien
Conductimètre	conductivité	Entrée et Sortie step	Quotidien
Température	T °C	Entrée, activation et sortie	Quotidien
Oxymètre	Oxygène dissous	Activation et stabilisation	Quotidien
Etuve / Désiccateur / balance	Matières en suspension	Entrée, activation et Sortie	Quotidien
Etuve / Four / Désiccateur / Balance	Résidu sec et matières organiques	Boue activée, boue épaisse, et boue déshydratée	Hebdomadaire
Cones Imhoff	Matières décantables	Entrée et Sortie Step	Quotidien
Eprouvettes graduées	Indice de sédimentation 5 et 30 min,	Bassin biologique , boues épaissies Boues recirculés	Quotidien
Microscope optique	Micro-organismes	Bassin biologique	Quotidien
Conductimètre	conductivité	Entrée et Sortie step	Quotidien
Température	T °C	Entrée, activation et sortie	Quotidien

Oxymètre	Oxygène dissous	Activation et stabilisation	Quotidien
Etuve / Déssicateur / balance	Matières en suspension	Entrée, activation et Sortie	Quotidien
Etuve / Four / Déssicateur / Balance	Résidu sec et matières organiques	Boue activée, boue épaissie, et boue déshydratée	Hebdomaire
Cones Imhoff	Matières décantables	Entrée et Sortie Step	Quotidien
Eprouvettes graduées	Indice de sédimentation 5 et 30 min,	Bassin biologique ,boues épaissies Boues recirculés	Quotidien
Microscope optique	Micro-organismes	Bassin biologique	Quotidien

II.5.1. Caractéristiques des eaux usée (brute et traité) de la station de traitement de SAL

Les différents procédés de traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Sid Ali labhar, montrent la nature de ces rejets. (Tableau II.2)

Tableau II.2: composition physico – chimique et organique des eaux usées de la station de Sid Ali labhar

Année		2015		2016		2018		2019	
Paramètres	Norme	Eau brute	Eau traité	Eau brute	Eau traité	Eau brute	Eau traité	Eau brute	Eau traité
DBO₅ (mg/l)	35 à 40	243	6	258,182	6,545	241,111	8,500	154,000	5,000
DCO (mg/l)	120 à 130	409.75	22.525	555,545	24,877	429,889	33,375	285,000	29,960
MES (mg/l)	35 à 40	288.83	5.46	329,545	6,455	260,778	5,750	254,600	9,700
N-NH₄ (mg/l)		31.63	2.4959	41,821	2,323	42,504	9,604	36,500	8,850
N-NO₂ (mg/l)		0.09025	0.10575	0,031	0,058	0,084	0,065	0,029	0,017
N-NO₃ (mg/l)	≤ 40	7.613	9,508	7,852	3,317	3,433	1,111	11,320	2,700
PO₄⁻³ (mg/l)	≤ 2	15.03	8,691	21,938	11,604	/	/	8,940	9,365

O 2 dissous (mg/l)	≤ 5	0.767	7,808	0,702	7,765	0,349	7,799	0,578	8,296
Conductivité (μS/cm)	1250	675.25	498,500	2089,818	1831,091	3290,000	2777,500	2010	1967,0
T (°C)	≤ 30	20.125	20,238	21,600	22,024	16,725	16,575	18,100	17,760
pH	6.5 à 8.5	7.67	7,580	7,54	7,474	7,513	7,453	7,015	6,955

II.6. Conclusion

La station d'épuration des eaux usées urbaines de Sidi Ali lebhar utilise le procédé biologique à boue activée dans le traitement des eaux usées, la qualité de l'eau traitée montre l'efficacité de ce procédé à l'heure actuel.

III.1. Introduction

Après avoir présenté la station d'épuration de Sid Ali labhar et les différents procédés de traitement des eaux usées, un protocole d'échantillonnage couvrant deux types de boue, une boue ancienne de 2015 et une boue nouvelle de 2019 a été effectué, pour une éventuelle caractérisation.

Dans ce contexte, les paramètres physico-chimiques tel que le pH, la conductivité, l'humidité (la siccité), ainsi que l'analyse par l'infrarouge ont été réalisées au niveau des laboratoires de chimie et de génie de procédé à l'université de Béjaia. Tandis que, l'analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX) et les analyses par Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à Flamme (SAAF), ont été réalisées au niveau de l'Unité de Recherche en Analyse et Développement Technologiques en Environnement (UR-ADTE). Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-chimiques (CRAPC).

III.2. Echantillonnage et prélèvement

Afin d'effectuer des essais au laboratoire et de mesurer les paramètres caractéristiques des matériaux, on a fait un prélèvement de ce dernier de manière à ce que l'échantillon soit représentatif.



Figure III.1 : Les boues avant le prélèvement dans la station dépuratoin SAL

Le prélèvement s'est effectué en deux temps :

- Prélèvement au niveau de la STEP, à grande quantité.
- Prélèvement au laboratoire, quantité suffisante pour l'essai.

Les deux échantillonnages doivent donner un prélèvement représentatif du matériau.

III.2.1. Mode opératoire

Nous avons procédé au prélèvement d'échantillon de boue déshydratée, dans des flacons en polyéthylène à l'aide d'une pelle. On a aussi collecté des anciennes boues entreposées dans les espaces de la STEP de Sidi Ali lebbhar, 03 échantillons pour la nouvelle boue (2019) et 03 échantillons pour l'ancienne boue (2015). Ce prélèvement a été réalisé par un procédé et matériel spécifiques pour la sécurité.

Lorsqu'un matériau granulaire est mis en stock, les gros éléments ont tendance à rouler en bas du tas tandis que le haut est plus riche en éléments de faibles diamètres. On a prélevé donc les matériaux en haut, en bas, au milieu et à l'intérieur du tas de granulats, afin d'avoir un échantillon aussi représentatif que possible de l'ensemble. Ces diverses fractions seront mélangées avec soin.[12]



Figure III.2 : Prélèvement de la boue au niveau de la STEP SAL

III.2.2. Conditionnement des échantillons

Durant le stockage des échantillons à l'air libre (pendant le transport, lors de son arrivée au laboratoire et 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. [10]

III.3. Préparation d'échantillon pour les analyses au laboratoire

Le passage de l'échantillon prélevé de la STEP à celui nécessaire pour l'essai s'est effectué par le séchage après le quartage.

III.3.1. Séchage

La procédure de séchages est effectuée au niveau du laboratoire 24 de génie des procédés université de Béjaia.



Figure III.3 : étuve de séchage labo 24

III.3.2. Le quartage

Il consiste à :

- former un cône et à le mélanger (principe du cône d'éboulis),
- l'aplatir en galette,
- le diviser en quatre parts (d'où son nom).

L'opération consiste à diviser l'échantillon en quatre parties égales dont on retient la moitié qui est constituée des deux quarts opposés. Si la quantité (1/2) est encore importante, on effectue un nouveau quartage en homogénéisant la sélection, l'opération peut se répéter

plusieurs fois jusqu'à l'obtention de la quantité voulu de l'échantillon représentatif du matériau initial.

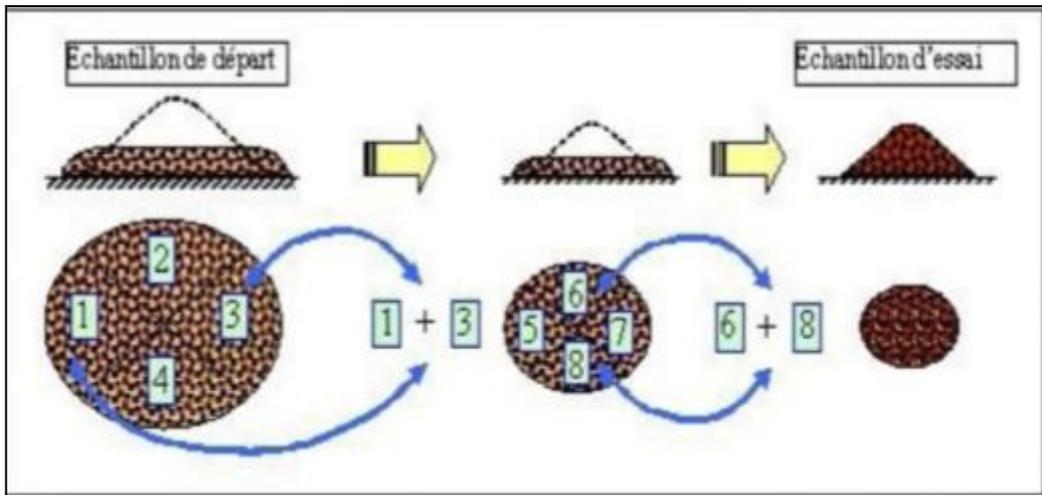


Figure III.4 : Opération de quartage [8]

III.3.3. Broyage :

Le broyage de la boue séchée dans un mortier en Agate, puis le Tamisage de la poudre afin d'éliminer les grosses particules avec le tamis $< 63\mu\text{m}$.



Figure III.5 : boues après broyage



Figures III.6 : boues avant broyage

III.3.4. Tamisage :

III.3.4.1. Mode opératoire

On a pesé les tamis vides, après le matériau après séchage ont été versé à l'étuve à une température de 105°C, pendant 24 heures dans le tamis supérieur de la colonne. Cette colonne est constituée par l'emboîtement des tamis, en les classant de haut en bas dans l'ordre de mailles décroissantes sans oublier le fond afin de récupérer les fines, et le couvercle afin d'éviter la perte de matériau et la dispersion de la poussière. [15]

- Agiter manuellement ou mécaniquement cette colonne, puisque cette répartition ne sera pas complète on prend chaque fois un tamis en adoptant un fond et un couvercle et donnant à la main des coups réguliers sur la monture.
- Une fois tamisage terminé, on passe à la pesée. Repeser chaque tamis plein (avec le refus) et on note le refus du tamis ayant la plus grande maille. Soit R1 la masse de ce refus. Le refus du tamis immédiatement inférieur est pesé. Soit R2 la masse du deuxième refus. La somme R1+R2 représente le refus cumulé sur le deuxième tamis.

Cette opération est poursuivie pour tout les tamis pris dans l'ordre des ouvertures décroissantes. Ceci permet de connaître la masse des refus cumulés R_n aux différents niveaux de la colonne. [19]



Figure III.7: photo des tamis, labo GP



Figure III.8: boue tamisé labo GP



Figure III.9 : boue après tamisage (labo GP)

III.4. Les analyses

III.4.1. Analyses des caractérisations physico-chimiques

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



Figure III.10 : Equipements de mesure (labo de chimie)

III.4.1.1. L'humidité

Nous avons introduit les échantillons de masses connues (m_0) du déchet séché à l'air libre dans l'étuve ($103 \pm \pm 02$ °C) pendant 24h, l'évolution des masses est suivie par pesée jusqu'à l'obtention des masses (m_1) constants.[21]

III.4.1.2. Le potentielle d'hydrogène (pH), conductivité électrique(CE)

Peser 20g de boue brut, verser dans un bécher de 100 ml. Ajouter 50 ml d'eau distillé et agiter le mélange pendant 30 min. Laisser décanter, on plonge l'électrode dans l'eau à analyser et on effectue la lecture après stabilisation.[31]



Figure III.11: Appareil de mesure du PH et de labo GP

III. 4.2. Analyse par Infrarouge (IR)

La spectroscopie infrarouge est une méthode de caractérisation permettant de déterminer la nature des liaisons chimiques présentes dans une molécule.

Le nom signifie « en dessous du rouge » (du latin infra : « plus bas »), car l'infrarouge est une onde électromagnétique de fréquence inférieure à celle de la lumière visible: le rouge. La longueur d'onde des infrarouges est comprise entre le domaine visible ($\approx 0,7 \mu\text{m}$) et le domaine des micro-ondes ($\approx 1 \text{mm}$).

III.4.2.1. Principe de la méthode

L'infrarouge est associé à la chaleur, à une température ambiante ordinaire les objets émettent spontanément des radiations dans le domaine infrarouge, la relation est modélisée par la loi du rayonnement du corps noir dite aussi loi de Planck. La longueur d'onde du maximum d'émission d'un corps noir porté à une température absolue T (en kelvin) est donnée par la relation : $0,002898/T$, connue sous le nom de loi du déplacement de Wien.

Cela signifie qu'à température ambiante ordinaire (T aux environs de 300 K), le maximum d'émission se situe aux alentours de $10 \mu\text{m}$, la plage concernée étant 8-13 μm .

Cette association entre l'infrarouge et la chaleur n'est cependant due qu'à la gamme de température observée à la surface de la Terre. Selon sa température, un objet émettra spontanément des radiations dans différentes bandes du spectre électromagnétique, en dessous des infrarouges ou même au-dessus, par exemple dans le visible.

C'est ainsi qu'une lampe à incandescence produit de la lumière inversement, il est possible de générer un rayonnement infrarouge qui ne soit pas thermique, c'est-à-dire dont le spectre ne soit pas celui du corps noir, c'est le cas par exemple des diodes électroluminescentes utilisées dans les télécommandes, L'analyse scientifique et technique de ces rayonnements est dénommée spectroscopie infrarouge. [32].

III.4.2.2. Manipulation

L'analyse a été effectuée par l'appareil **AGILANTE TECHNOLOGIE**, (Figure IV.13)

Avant de commencer l'essai nous devons suivre avec précaution les étapes de montage de la pastille de céramique. D'abord, nous plaçons la pastille sur une plaque en acier, en suite en effectuons le réglage de la coaxiale entre le piston et le chapeau de la pastille. Le résultat de l'analyse est directement lue sur l'ordinateur sous forme d'un spectre.



Figure III.12 : Agilante Technologie labo GP

III. 4.3. Analyse par Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAAF)

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique de spectroscopie atomique servant à déterminer la concentration des éléments métalliques (métaux alcalins, alcalino-terreux, métaux de transition) ainsi que les métalloïdes dans un échantillon. Ceux-ci sont atomisés à l'aide d'une flamme alimentée d'un mélange de gaz ou dans un four par électromagnétique. La sensibilité de ce dernier est plus importante que la flamme et permet de quantifier les éléments recherchés de l'ordre du ppb. La technique permet de mesurer la concentration de plus de 60 métaux différents en solution [33].

Les teneurs des solutions métalliques (Fe, Cu, Cr, Cd, Pb, Mn, Zn et Ni) sont déterminées par le spectrophotomètre d'absorption atomique Varian AAS 110 avec une flamme AU.

III.4.3.1. Matériels et méthode

Le dosage des métaux lourds dans les boues a été effectué par le spectromètre d'absorption atomique à flamme (SAAF). La détermination des teneurs en métaux lourds commence par leur mise en solution par attaque acide de la phase solide et la vaporisation de la solution obtenue dans une flamme. Les éléments Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, , Cr, Ni et Pb, ont été déterminés sous leur forme totale. Ils ont été dosés par spectrophotométrie d'atomique dans la flamme dans les échantillons de boues étudiés. [35]

III.4.3.2. Principe de la technique

La technique de la S.A.A est couramment utilisée pour les dosages des métaux lourds. Le principe de cette méthode est basé sur la propriété d'absorption d'un quantum d'énergie à une certaine longueur d'onde donnée (pour le cuivre, le zinc, le fer, le cadmium, le plomb, le chrome, $\lambda = 324,7 \text{ nm}$, $\lambda = 213,9 \text{ nm}$ et $248,3 \text{ nm}$, $\lambda = 228,88 \text{ nm}$, $\lambda = 283 \text{ nm}$, $\lambda = 357,9 \text{ nm}$ respectivement) par les atomes neutres en fonction de leur concentration dans la solution à analyser [37].

III.4.3.3. Matériel spécial

Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme modèle Varian AAS 110.

III.4.3.4. Réactifs

- L'eau déminéralisée Milli-Q (> 18 mS, Millipore);
- Solution étalon $1000 \mu\text{g ml}^{-1}$;
- acides chlorhydrique et acide nitrique (concentré) utilisés pour la préparation de l'échantillon;
- l'eau oxygénée H_2O_2 (30%).

III.4.3.5. Préparation des échantillons à analyser

L'analyse en laboratoire des éléments métalliques dans les sols nécessite une phase de préparation de l'échantillon (séchage, tamisage, etc.).

III.4.3.6. La digestion

- Ajouter avec précaution 10 ml d'eau régale que nous laisserons pendant 1 h à température ambiante puis 2 ml d'eau oxygénée (H₂O₂ à 30%), fermer la capsule et la mettre dans l'étuve à une température (T=105°C) pendant 24 h;
- Transférer le résidu dans un bécher de 150 ml en le reprenant par quelques ml d'eau distillé
- Rincer la capsule deux fois avec 5 ml d'acide chlorhydrique concentré, puis deux fois avec environ 5 ml d'eau distillé.
- Ajouter 5 ml d'acide nitrique au mélange couvrir le bécher avec un verre de montre et porter à douce ébullition pendant une dizaine de minutes, évaporer à sec ensuite reprendre le résidu par 20 ml d'acide chlorhydrique 2 N, chauffer jusqu'à ébullition.[38]

III.4.3.7. La filtration

- Filtrer sur papier filtre;
- Recueillir le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml;
- Rincer le bécher et le filtre avec successivement 10 ml de solution d'acide chlorhydrique 2 N et deux ou trois fois avec de l'eau distillée;
- Laisser refroidir la solution, ajuster le volume de la fiole

III.4.3.8. Le dosage

La quantification des métaux traces en solution est réalisée par spectroscopie d'absorption atomique flamme (FAAS) sur le filtrat obtenue. Le spectromètre d'absorption atomique comprend essentiellement une lampe à cathode creuse spécifique au métal à analyser et d'un ensemble nébuliseur, brûleur, air acétylène, l'un système optique. [40]

III.4.3.9. Expression des résultats

Le logiciel Spectr AA de l'équipement Spectromètre d'Absorption Atomique de modèle Varian AAS 110 calcul la teneur en chacun des éléments (cuivre, fer, zinc, ...) à déterminer à l'aide de la courbe d'étalonnage, en prenant en compte les dilutions à appliquer.

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre ou ppm.



Figure III.13: Appareil d'analyse SAA labo 11 GP

III.4.4. Analyse minéralogique par Diffraction des rayons X (DRX) :

L'analyse minéralogique par diffraction des rayons X permet l'identification et la mise en évidence des différentes phases solides cristallisées. Les échantillons analysés sont sous forme de poudre.

III.4.4.1. Principe de la méthode

Le principe de cette méthode consiste à bombarder le matériau par un faisceau de rayons X monochromatique produit par une anticathode de cuivre. L'analyse des faisceaux diffractés, générés suite à l'irradiation, se traduit par un diffractogramme propre à la matrice.

III.4.4.2. Manipulation

La détermination des phases minéralogiques au sein des boues a été faite par une technique de diffraction sur poudre désorientée à l'aide d'un diffractomètre de la nouvelle gamme D8 Advance A 25 de la marque BRUKER fonctionnant avec un tube au cuivre de longueur d'onde $\lambda=1,54\text{\AA}$. [41]

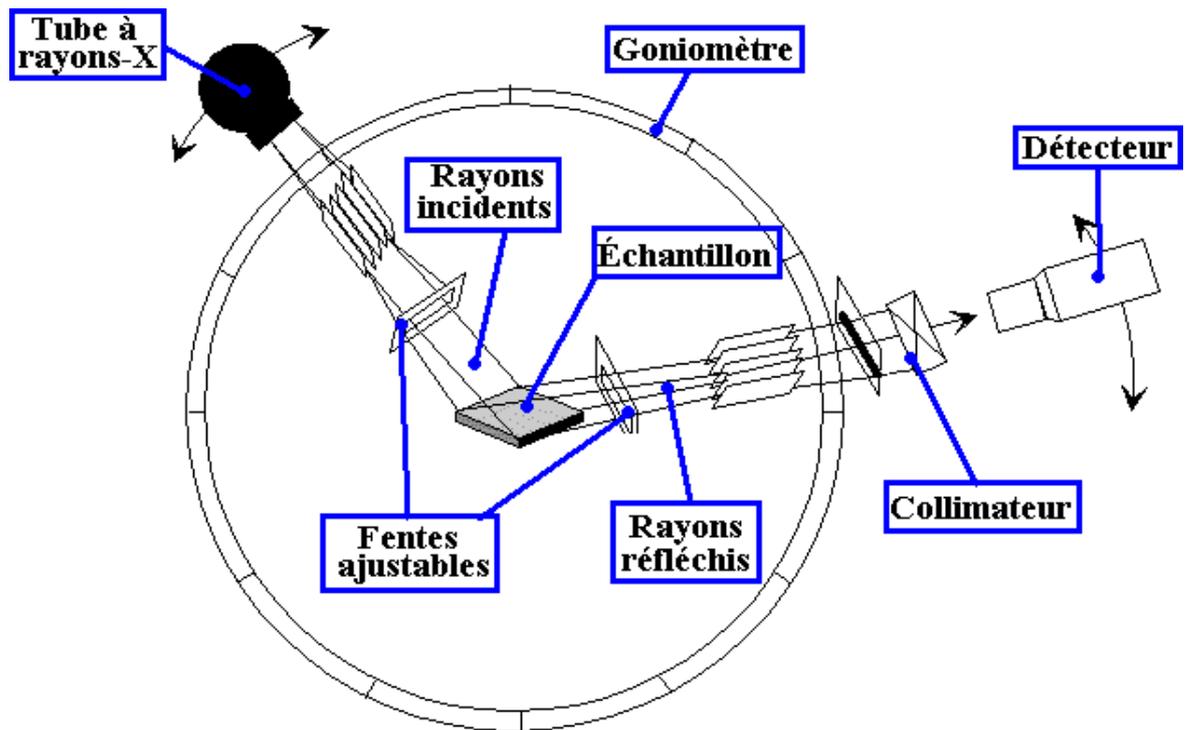


Figure III.14: Schéma de principe la diffraction des rayons X.[3]



Figure III.15 : Appareil de DRX labo GP

La présence de phases amorphes dans le matériau se traduit par une déformation du bruit de fond sur le diagramme de diffraction : pic large et diffus.

L'identification par DRX est donc limitée aux phases bien cristallisées et majoritaires dans la matrice. Néanmoins, dans certains cas, la déformation du bruit de fond peut être exploitée en vue de l'identification de phases partiellement cristallisées.[43]

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 aplanie 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.

III.5. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présentés les différentes méthodes et techniques, qui ont été suivies pour caractériser la boue de la station d'épuration de Sid Ali labhar. Commencent par un échantillonnage représentatif, passant par les méthodes de préparation des échantillons au laboratoire, jusqu'aux différentes analyses illustrées en vue d'une meilleure caractérisation.

IV.1. Introduction

Ce chapitre, présente les résultats des méthodes de caractérisation physicochimiques et minéralogiques liées aux boues de différents âges produits par l'épuration des eaux usées urbaines de la station de Sidi Ali lebhar (Bejaia). Les concentrations des métaux lourds résultant de l'analyse par SAAF feront l'objet d'une interprétation et comparaison avec les normes algérienne.

IV.2. Résultats et discussions

IV.2. 1. Paramètre physicochimique :

IV.2.1.1. Humidité

$100 \% = \text{humidité \%} + \text{boues sèche \%}$ (% boue humide)

Le tableau IV.1: montre les résultats de mesure de l'humidité.

Tableaux IV.1 : Les résultats d'humidité de la boue de la station d'épuration 2015 et 2019

/	échantillon 2015	échantillon 2019
Masse avant séchage (g)	2000	2000
Masse après séchage (g)	583,564	465,711
Humidité (%)	70,82	76,71

✓ Interprétation

La figure IV.1 montre que l'échantillon 2019, représente un pourcentage de 76,71, et l'échantillon 2015 représente un pourcentage de l'humidité 70,82. Ceci montre que le taux d'humidité diminue au cours du temps, due au stockage de l'échantillon 2015 à l'air libre (déshydratation). Ce qui explique la perte de l'eau par évaporation.

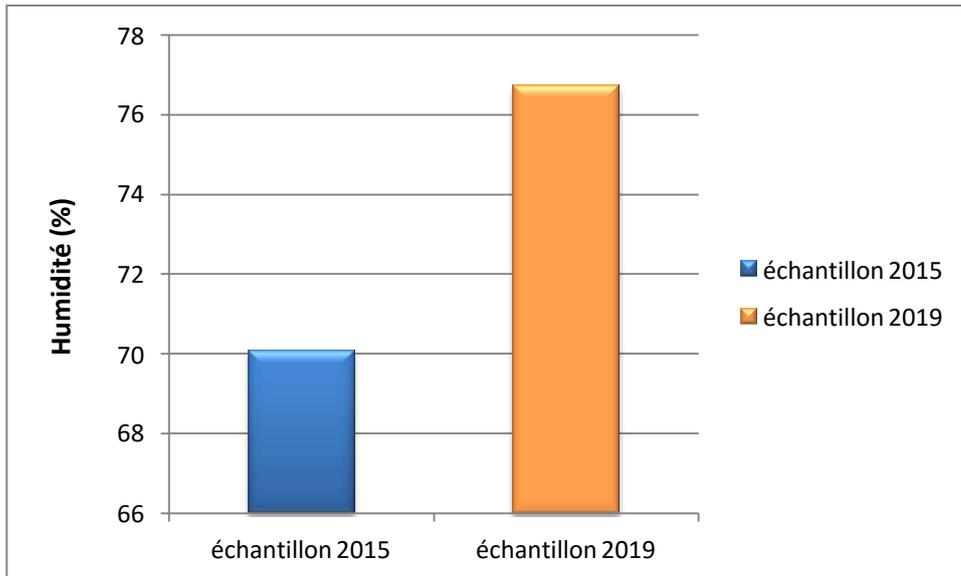


Figure IV.1: Évolution d’humidité

IV.2.1.2. pH

La figure IV.2 montre que le pH des échantillons 2015,2019 et de l’ordre de 5,66 et 5,59 respectivement, un pH acide. Il est dans l’intervalle de norme Algérienne, $5,5 < Ph < 8,5$.

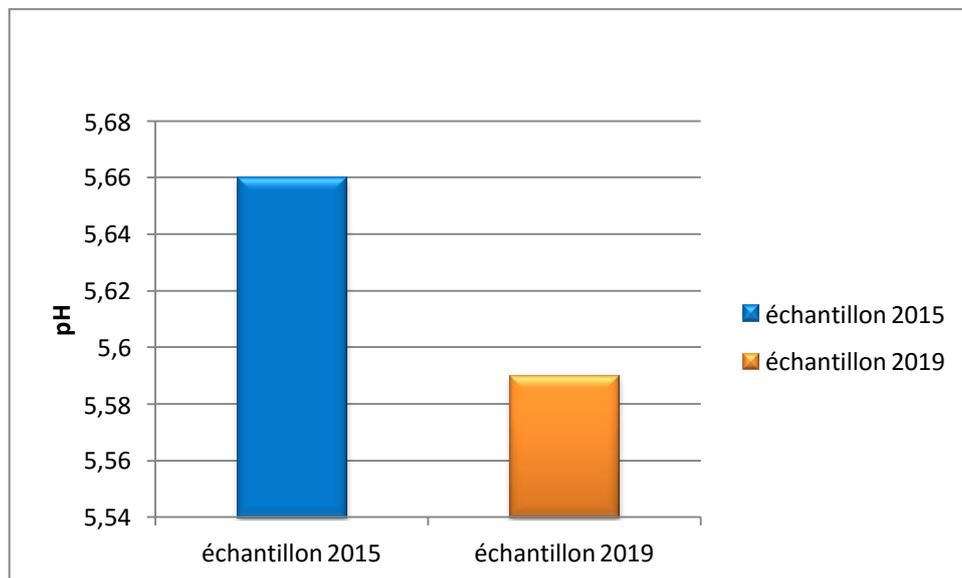


Figure IV.2: variation de la valeur du pH.

IV.2.1.3. Conductivité (CE)

L'échantillon 2015 représente une CE de l'ordre de 5,79 ms/cm, supérieur à la conductivité de l'échantillon 2019, qui est de l'ordre de 5,02 ms/cm. (figure IV.3). Cette augmentation de la conductivité de la boue du à la libération de sels minéraux au cours de temps, tan disque la conductivité électrique est en relation directe avec la salinité.

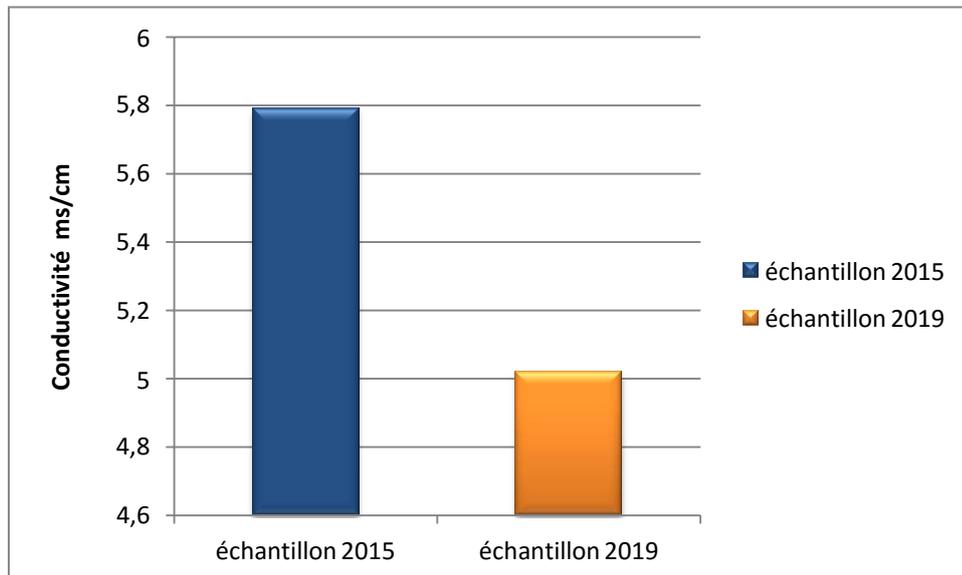


Figure IV.3 : évolution de la conductivité électrique

IV.2.1.4. Température

La température des échantillons 2015, 2019 est de l'ordre de 26,9°C et 26,5°C respectivement, ces valeurs sont dans la norme Algérienne de température de la boue de la station d'épuration 30°C.

IV.2.2. Analyse minéralogique par DRX

Les spectres de diffraction des rayons X des échantillons 2015,2019 montrent la présence de quartz SiO_2 et de diverses structures de carbonates (calcite (CaCO_3), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)), l'illite ($(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$), et l'anhydrite CaSO_4 .

La figure IV.4 : montre que :

- Les positions $2\Theta=(21,2/26,5/36,5/42,5/46/50/55/55,5)$, on remarque l'intensité du pic caractéristique du quartz est plus important dans l'échantillon 2015 par rapport à l'échantillon 2019.
- Les positions $2\Theta=(19,5/26,5/35)$, on remarque l'intensité du pic caractéristique de l'illite est plus important dans l'échantillon 2015 par rapport à l'échantillon 2019.
- Les positions $2\Theta=(23/29/31,5/36/39/43/47,5/48,5/57,5)$ on remarque du pic caractéristique du calcite est plus important dans l'échantillon 2015 par rapport à l'échantillon 2019.
- Les positions $2\Theta=(23/31,5/43/58,5)$ on remarque du pic caractéristique de l'anhydrite est plus important dans l'échantillon 2015 par rapport à l'échantillon 2019.

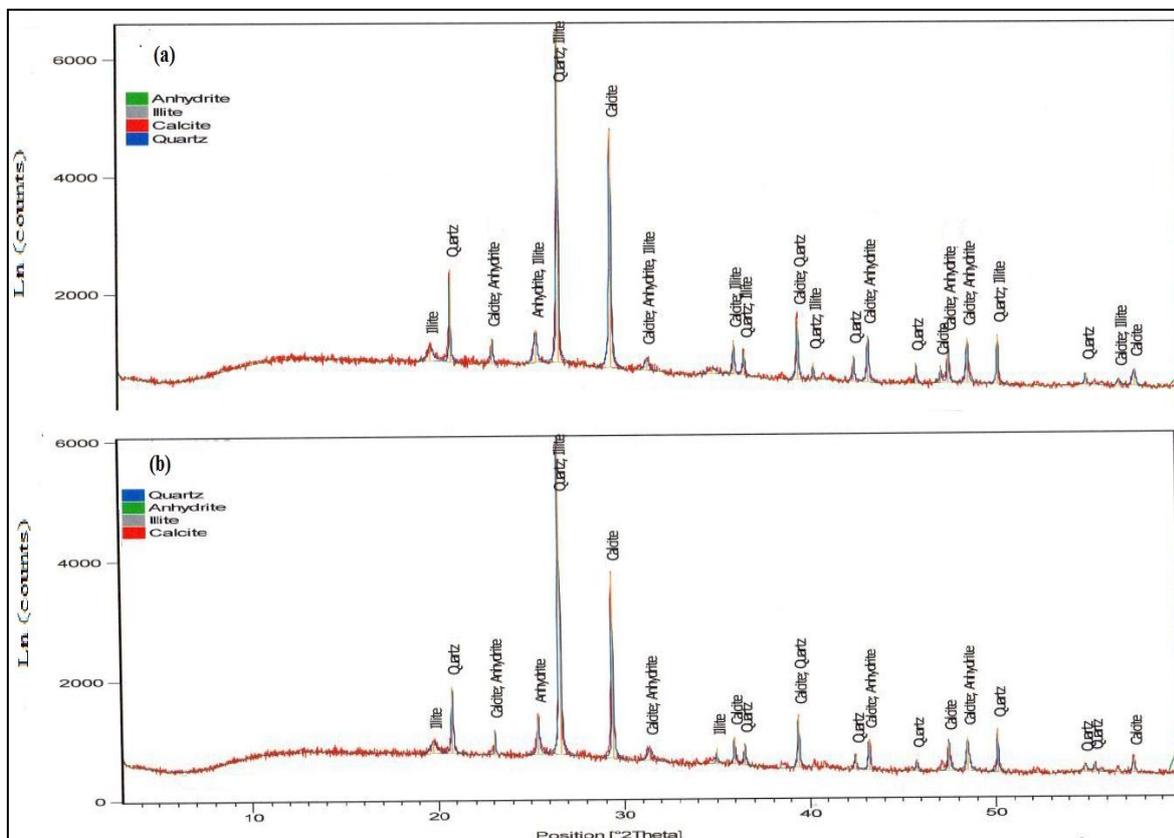


Figure IV.4 : Diffractogrammes des échantillons : (a) échantillon 2015, (b) échantillon 2019

IV.2.3. Analyse par Spectrophotomètre d’Absorption Atomique à Flamme (SAAF)

Les concentrations en éléments, exprimées en ppm, dans les échantillons 2015,2019 sont récapitulées sur le Tableau IV.2

Tableau IV.2 : la concentration des métaux lourds dans les boues de la station d’épuration des eaux usées urbaines de Sidi Ali labhar(Bejaia),(Annexe II).

Elément (ppm)	Echantillon 2015	Echantillon 2019	Norme algérienne	Normes Afnor
Fe	13080	14000	-	-
Cd	traces* < 13 ppm	Traces < 13 ppm	20	20
Cu	390	595	1000	1000
Cr	traces*	traces	1000	1000
Pb	161	190	800	800
Zn	770	680	3000	3000
Ni	traces*	traces	200	200
Mn	210	230	800	800
Cr+Cu+Ni+Zn	1160	1275	4000	4000

La figure IV.5, montre que les échantillons des boues étudiées contiennent des métaux lourds tel que Fe, Cd, Cu, Cr, Pb, Zn, Ni, Mn, avec des teneurs inférieures aux valeurs maximales admises par la norme Algérienne

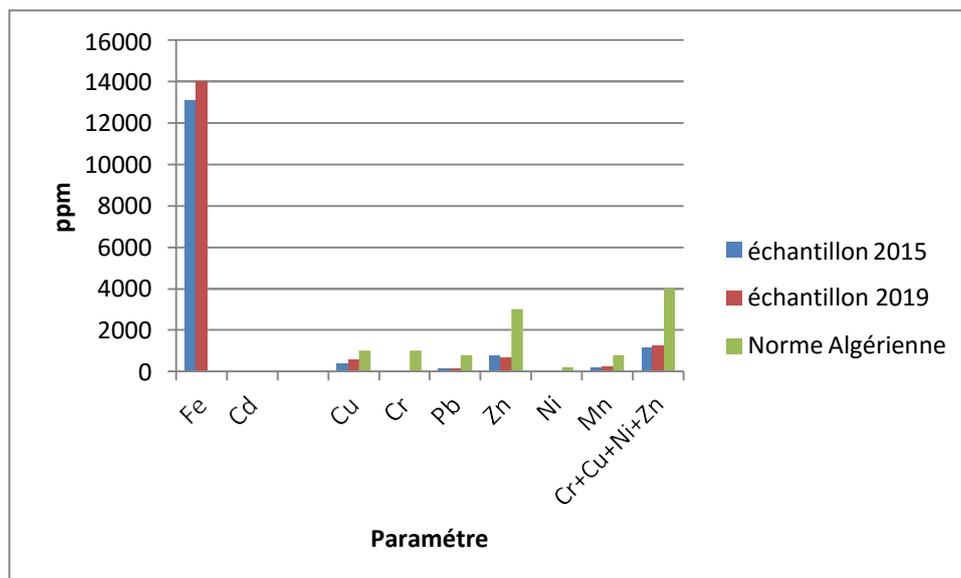


Figure IV.5 : Concentration des métaux lourds

IV.2.4. L'Analyse par infrarouge

Les résultats de l'analyse infrarouge de l'échantillon de la boue de la station dépuración SAL 2015et 2019 suivantes (Tableau IV.3) :

Tableau IV.3 : Les résultats de l'identification des bandes de la boue 2015 et 2019

Nombre d'onde (cm^{-1}) 2019	Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})2015
3276	O-H	3279
2921	C-H	2925
1621	C=C	1628
1414	C-O	1418
1000	Elongation Si-O	1003
873	Elongation Si-O	871
782	Elongation Si-O	785
522	Déformation Si-O	525
462	Déformation Si-O	459

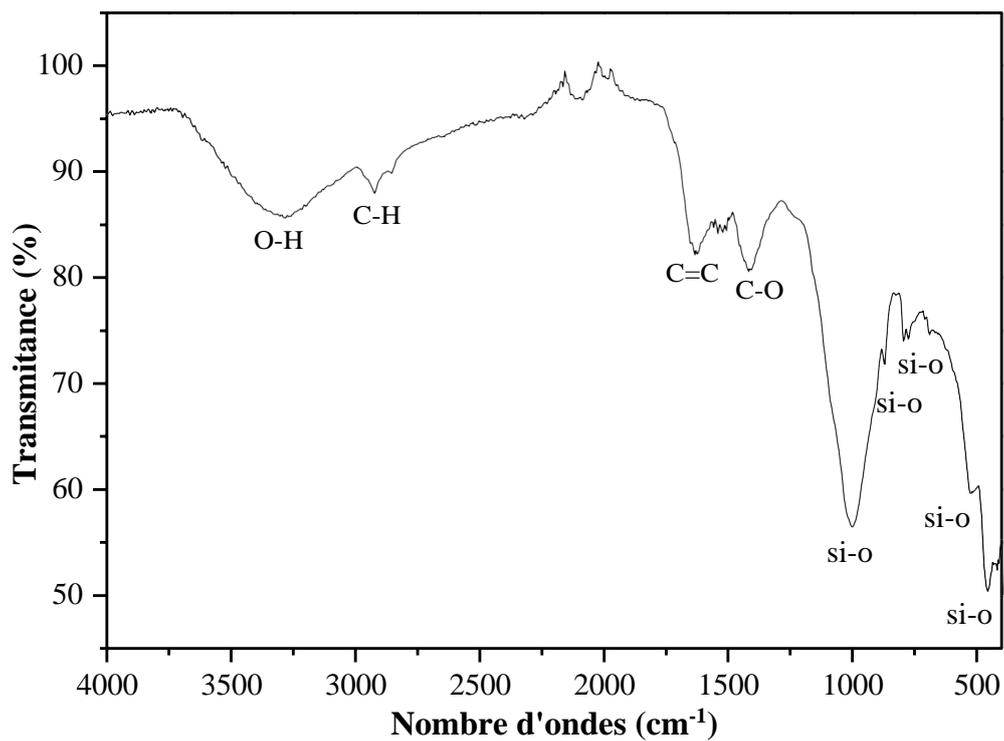


Figure IV.6 : Spectre infrarouge de l'échantillon 2015

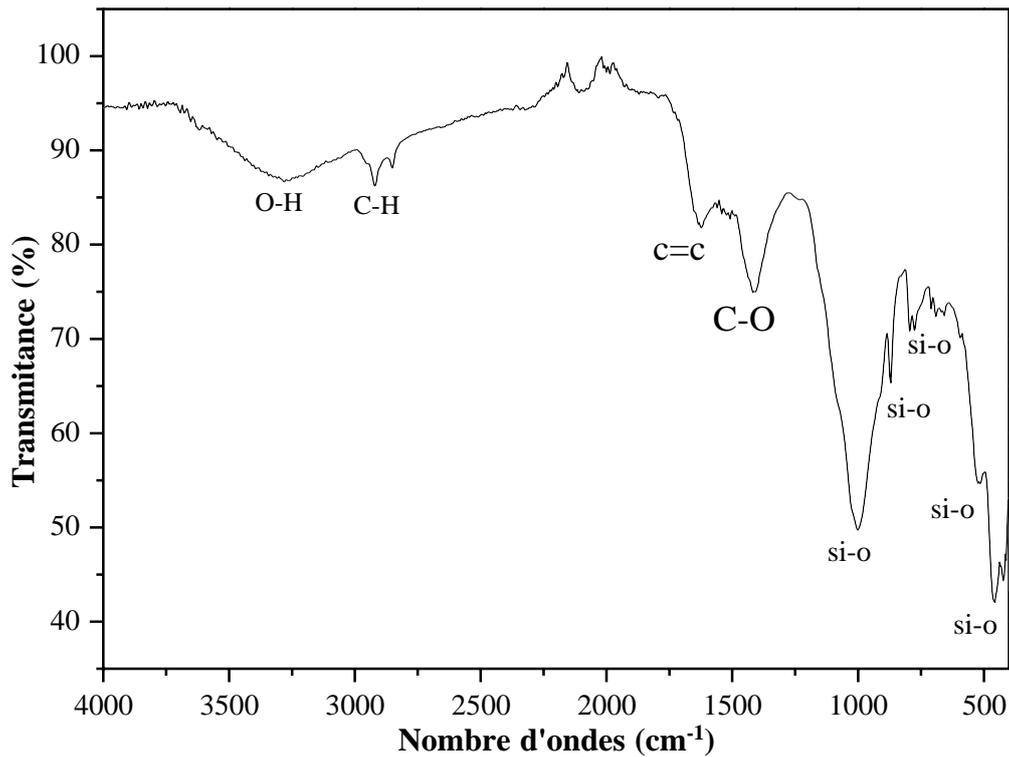


Figure IV.7 : Spectre infrarouge de l'échantillon 2019

✓ **Interprétation**

Après l'identification des bands pour les deux boues on remarque les bande de échantillon de la boue 2019 Sont forte par rapport aux bande de l'échantillon de la boue 2019, ce qui montre la quantité des éléments chimique (sio2...) dans les rejets (la boue) de la station augmente avec tempe a cause de la création de la nouvelle ville de sidi ali lebhar donc l'augmentation de la population.

IV.2.5. Conclusion

Les résultats obtenus de la caractérisation de la boue produite d'épuration des eaux usées urbaines, de la station de Sidi Ali labhar, montrent que les différents paramètres sont dans les normes des boues relatives à l'usage agricole en tant que matières fertilisantes.

Conclusion générale

Les eaux usées sont de plus en plus chargées en matières difficiles à éliminer, la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, c'est pourquoi il a fallu mettre en place un système de traitement. Ceci est indispensable pour la sécurité de l'écosystème, et c'est même devenu le premier enjeu de la santé publique dans le monde.

Lors de traitement des eaux usées (urbaines ou industriels), la station d'épuration produit une quantité importante de boue (stocké à l'air libre) chargée de différents polluants. Pour protéger le milieu récepteur, le traitement de cette boue est devenu une nécessité.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la protection de l'environnement, on caractérise la boue de la station d'épuration des eaux usées de Sidi Ali labhar, pour une éventuelle valorisation.

La station d'épuration des eaux usées urbaines de Sidi Ali Lebhar a été mise en essais le 01/02/2013. C'est une station d'épuration de type boues activées à faible charge, avec un débit de 3000 m³/j, et une capacité de 25000 équivalent habitant pour 2010, et un débit de 9600 m³/j, et une capacité de 80000 équivalents habitant pour 2030.

Cette station traite les eaux usées d'origine domestiques des agglomérations suivantes : Village Aboudaou , Le campus universitaire Aboudaou , Ighil Ouberouak et Ait Hamouda, Iriahène , L'École d'application du génie (EAG) et Talla Hamza.

La station d'épuration des eaux usées urbaines de Sidi Ali labhar utilise le procédé biologique à boue activée dans le traitement des eaux usées, il englobe quatre étapes : Traitement mécanique (élimination des déchets par dégrillage et tamisage), traitement biologique (élimination des matières organiques et minérales par la culture microbienne et par ajout d'oxygène via l'aération), traitement de clarification (séparation par décantation de l'eau dépolluée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques) et la désinfection (traitement par le chlore, pour tuer les germes pathogènes).

Les résultats des analyses des eaux usées, ainsi que la caractérisation de la boue produite au niveau de la station montrent que, la charge expulsée est considérablement réduite, grâce à la performance du traitement par boue activée.

Les différents paramètres caractérisés sont dans les normes Algérienne des boues relatives à l'usage agricole en tant que matières fertilisantes.

Références bibliographiques

- [1] Emilie Jarde. Composition organique de boues résiduaire de stations d'épuration lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation. Géochimie. Thèse doctorat Université Henri Poincaré - Nancy i français, 2002.
- [2] B. Ouanouki, PPLICATION, in agriculture of treated wastewater and sludge from a treatment station. European, Journal of scientific research, volume 27, no4, pp 602-619.2007
- [3] AMORCE, boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination – dt 51 ,2012.
- [4] ADEME, le compostage des déchets organiques municipaux, Rapport mars 1997
- [5] Ministre de L'environnement, rapport Canada, 1990).
- [6] Matías Miguel Salvarredy Aranguren, Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers : approches géochimique, minéralogique et hydro chimiques, thèse de doctorat, l'université Toulouse iii - Paul Sabatier, 2008.
- [7] D. Brigitte, la pollution chimique en méditerrané, rapport de laboratoire. c. e. r. b. o. m, Nice, France. 2008
- [8] Deronzier G, S.Schetrite, Y.Racault.J.P Canier, A.Heduit Et P.Duchene. Traitement de l'azote dans les stations d'épurations biologique des petites collectivités, document technique fndae n°25. 2001.
- [9] Norms AFNOR (NF u 44 -095), (2009)
- [10] Y.L. Larakeb M., Achour S, Larhyss Journal, Issn 1112-3680, n°19 pp. 87. 2014.
- [11] B.Hassen et B.Makhlouf, évaluation de la qualité des boues de stations d'épuration des eaux usées urbaines, en vue de leur revalorisation, mémoire de master, université de bejaia. 2015.
- [12] R.Labiba et B.Souhila, élimination de la pollution carbonée, azotée et phosphatée des eaux usées de la station sidi ali lebhar avec un réacteur pilote du laboratoire en zone anoxie en tête, mémoire master, université bejaia. 2013.

[13] Sergio Perez Fabiel, Étude de la biodégradabilité de la boue secondaire soumise à un traitement thermique a 65°C et du couplage digestion anaérobie et digestion thermophile aérobie pour la réduction de boue, thèse doctorat l'institut national des sciences appliquées de Toulouse France, 2009.

[14] Mémento, technique de l'eau, tome 2, degremont mai 2005.

[15] H.Nassima Et B.Liza, valorisation des boues de dragage dans les bétons et mortiers, mémoire de master, université de bejaia, 2016

[16] B. Mohammed R. Mouloud, valorisation des boues hydroxydes dans domaine des céramiques, mémoire de master, université de bejaia, 2015

[17] I. Djamel Et K. Samir, valorisation des déchets industriels (boues d'usage) dans les bétons et les mortiers, mémoire de master, université de bejaia, 2015.

[18] A.Saad Nouh, conception de la station d'épuration d'el Bayadh (W.El Bayadh), mémoire de master, Ecole Nationale Supérieure De L'hydraulique (Arbaoui Abdellah), 2002.

[19] L.Farid Et A.Sonia, perspectives de valorisation agricole et énergétique, rapport ministère des ressources d'eaux, ona 2016.

[20] D.Nawal Et T. Djamil, étude de réhabilitation de la station d'épuration de Draa ben khedda, mémoire de master, université de bejaia, 2015

[21] B. Abdenour Et B. Kamel, dimensionnement de la station d'épuration de la ville de tazmelt, mémoire de master, université de bejaia, 2015

[22] Faby J.A Et Brissaud F. l'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office international de l'eau, pp76. 1997

[23] S.Nadia et H.Abd el Kader, conception de la station d'épuration de Benchougrane dans la ville de Mouzaia (W.Blida), mémoire de master, Ecole Nationale Supérieure De L'hydraulique (Arbaoui Abdellah) 2018.

[24] D.Hamza Et G.Ighiles, dimensionnement hydraulique de la station d'épuration de sidi Aich (W.Bejaia), mémoire de master université de bejaia, 2015.

[25] R.Nadjim, conception de la station d'épuration de la ville de Khemis Miliana, mémoire de master Ecole Nationale Supérieure de l'hydraulique, 2018.

- [26] Jean François Blais Et Jean Louis Sasseville, état de l'art du traitement et de la disposition ou valorisation des boues d'usines d'épuration municipales, inrs rapport de recherche n°429, Institut national de la recherche scientifique, 1992.
- [27] B. Mohamed Mehdi, des métaux dans les boues de stations d'épuration, conséquences, origines et prévention, synthèse technique institut paris 2010.
- [28] décret exécutif n°06-141 section 1, article 3. Du 20 rabie el aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006,
- [29] Abdelkader Gaïd, épuration biologique des eaux usées urbaines, tome 2, office de publication universitaire, Alger. 1984
- [30] Silman Sy, Papa Sidy Tall, étude de réhabilitation de la station d'épuration de Saly portudal, Sénégal, mémoire d'ingénieur de conception, Université de Dakar 2002/2003.
- [31] Gueblin E, lutte contre la pollution des eaux, classification des boues d'épuration, TEC-ING, 1999.
- [32] A Karima S Dounia. Assainissement liquide de Marrakech, valorisation agricole et énergétique des boues issues de l'épuration des eaux usées de la ville, mémoire de la licence, université cadi Ayyad 2009.
- [33] A Marouane A Omar, valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech, mémoire de la licence, université cadi Ayyad 2012.
- [34] Desjardins R. le traitement des eaux. 2ème Edition. Ed. école polytechnique de Montréal, canada, 1997.
- [35] Deshayes Matthieu, 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, mémoire de licence insa Strasbourg. 2007/2008.
- [36] Camille Baar, Virgine Letebvre et all. traitement des eaux usées (1), Université libre de Bruxelles PP5-20. Bruxelles 2005.
- [37] Bassompierre Cindy, procédé a 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 grenobl. 2007.
- [38] Deua B Kheira, étude des performances épuratoire d'une station d'épuration a boues activées (cas de la step de maghnia), mémoire master université de Tlemcen. 2005.
- [39] (CEN) le comité européen de normalisation, rapport publier.

[40] M Farid. B Soraya-Amel, exploitation d'une station d'épuration à boues activées et d'une lagune, niveau ii, thèses doctorat 2010

[41] K.Loubna. Valorisation énergétique des boues de la station d'épuration de boumerdas, mémoire de master Université de Boumerdas 2015/2016.

[42] M. Sara, effets toxique du chlorure de nickel sur la déterminisme de la reproduction chez la rate gestante de souche wister, mémoire magister, université Batna 2007/2008.

[43] B El-Amine, bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la step de Ain el Houtz, mémoire de master université de Tlemcen, 2013

[44] H.Lydia, élimination des métaux lourds par les procédés biotechnologiques, mémoire master, école nationale supérieure d'hydraulique (Arbaoui Abdellah),2014.

[45] Dugniolle H, l'assainissement des eaux résiduaires domestique, cstc-revue n° 03-septembre. 1980.

[46] Baumont S, Camaraj-P, Lefranc A, Franconi A, réutilisation des eaux épurées : risque sanitaire et faisabilité en ile- de France, thèse technique, institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France 2005.

[47] A.Sofiane, conception de la station d'épuration dans la ville de Zeddine (w. ain defla), mémoire master, école nationale supérieure de l'hydraulique (Arbaoui Abdellah) 2007

[48] Bountoux, introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, Edition technique et documentation lavoisier. 1993.

[49] Metahri, M-S, élimination de la pollution azotée phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes, cas de la step de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, université de Tizi-Ouzou, 2012.

[50] M. Amer Et M. Amazigh, étude de schéma directeur d'assainissement des eaux usées de la zone sidi-ali lebhar, wilaya de bejaia, mémoire de master université de bejaia 2015.

Annexes

Annexe I: Fourchettes de variation des teneurs en métaux lourds dans les boues d'épuration [1].

Boues d'épuration	Elément				
	Pb	cd	mg	cr	zn
Fourchette en %	90 - 70	70 - 50	> 90	80 - 70	80 - 60

Annexe II: Norme de rejet Algériennes.[Le décret du dix juillet 1993][44].

Eléments	Valeurs maximales (mg/l)
CN	0.1
Al	5
Cd	0.2
Cr+3	3
Cr+6	0.1
Fe	5
Mn	2
Hg	0.01
Ni	5
pb	1
cu	3
zn	5
Phénols	0.5

Résumé

L'épuration des eaux usées génère une quantité considérable de boue, la composition et le stockage de la boue représentent un enjeu technique et environnemental pour la société.

Dans ce contexte, s'articule ce travail de caractérisation de boue de la station d'épuration des eaux usées urbaines de Sidi Ali labhar (Bejaia). La station utilise le procédé biologique à boue activée dans le traitement des eaux usées.

La caractérisation des deux types de boue, une boue ancienne de 2015 et une boue nouvelle de 2019, par diverses techniques (l'analyse des paramètres physico-chimiques, l'analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX), l'analyse par Spectrophotomètre d' Absorption Atomique à Flamme (SAAF) et l'analyse par l'infrarouge), a été invoquée .

Les résultats obtenus de deux échantillons de boue indiquent que la charge expulsée est considérablement réduite, Les différents paramètres caractérisés sont dans les normes Algérienne des boues relatives à l'usage agricole en tant que matières fertilisantes.

Invoquées.

Abstract

The purification of wastewater generates a considerable amount of sludge, and the composition and storage of sludge represent a technical and environmental challenge for society.

In this context, this sludge characterization work of the urban sewage treatment plant of Sidi Ali Labhar (Bejaia) is organized. The station uses the biological activated sludge process in wastewater treatment.

The characterization of the two types of sludge, an old sludge of 2015 and a new sludge of 2019, by various techniques (the analysis of the physicochemical parameters, the mineralogical analysis by X-ray diffraction (XRD), Atomic Absorption Spectrophotometer (SAA) and infrared analysis) was invoked.

The results obtained from two samples of sludge indicate that the expelled load is considerably reduced. The various parameters characterized are in the Algerian sludge standards relating to agricultural use as fertilizers.