



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة العربي التبسي - تبسة

Université Larbi Tebessi – Tébessa

معهد المناجم

Institut des mines

قسم المناجم والجيوتكنولوجيا

Département des mines et de la géotechnologie



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master académique

Filière : Génie minier

Option : Minéralurgie

Traitement et recyclage des eaux usées de la commune de Tipaza

Présenté et soutenu par

Asma SAOUD

Fatiha Souad KHEDIRI

Devant le jury:

	Grade	Etablissement
Président :	Hamza BENZIAT M.C.B	Université Larbi Tebessi - Tébessa
Encadreur :	Salim .M AOUATI M.A.A	Université Larbi Tebessi - Tébessa
Examineurs :	Abdelkrim AMIRECH M.A.A	Université Larbi Tebessi - Tébessa

Promotion 2019-2020

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué dans la station d'épuration (STEP) des eaux usées de Chenoua de la wilaya de Tipaza.

- *Nous tenons à remercier tout d'abord Monsieur MEDJIAH Toufik notre encadreur et guide , pour nous faciliter la tâche à la réalisation de notre travail au niveau de la STEP de Tipaza ainsi que tout le personnel de la station d'avoir été très aimable et serviable avec nous pendant la durée de notre stage.*

- *Nos remerciements s'adressent tout particulièrement à Monsieur, AOUATI M .Salim d'avoir accepté de nous encadrer. De nous avoir suivis avec intérêt et pour avoir fait confiance en nous de mener à terme cette recherche. Qu'elle trouve ici, l'expression de notre gratitude.*

- *Nous voudrions remercier Monsieur Maître de conférences AMIRECH .ABDELKRIM DE l'Institut des Mines de l'Université de Tébessa, de nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce mémoire.*

- *Nous tenons à témoigner notre profonde reconnaissance à Monsieur Maître-assistant MR BENZIAT .HAMZA de l'institut des l'Université de Tébessa, pour avoir acceptée de présider le jury de ce mémoire.*

- *Nos plus vifs remerciements vont également à nos collègues de la spécialité Master Minéralurgie.*

- *A la fin nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

ASMA&SOUAD

Dédicace :

*Avant tout, je tiens à remercier le bon **Dieu**, et l'unique qui m'offre le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes difficultés de la vie.*

Je me remercie d'abord

Je dédie ce travail à :

*À l'homme de ma vie, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, qu'aucune expression ne saurait exprimer l'amour, la gratitude et la reconnaissance, que j'éprouve pour lui. **Papa Abd El latif***

*À la flamme de mon cœur, celle qui m'a donné la vie, la lumière de mes jours et mon soleil qui ne cesse jamais de briller **Maman KHALDI Karima** que j'adore. Merci mes parents.*

*Mon très cher frère : **Mohamed Nassim***

*Mes très chères sœurs : **Feriel,***

Hanine et son fils ALY Walid et son mari Remy

*Ma binôme mon amie et ma sœur **Asma.***

*À mes très chères amies : **Joujou, Israa, Feriel, Amani, Mona, hodhayfa, Rayan Latigui**, À toutes ma famille.*

À tous mes collègues.

À eux tous, je souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de succès.

Ibtihel

Dédicace :

*Avec tout respect et amour je dédie ce modeste travail
À ma grand-mère.*

*Aux les plus belles créatures que Dieu a créée sur terre,
À ces sources de tendresse, de patience et de générosité.*

*À mon père **Ali** et ma mère **Saoud Djamila***

*À tous mes frères et sœurs : **Abd El Malek, Ilyes, Abd El
Wadoud, Med Nadhir, Fatma, Lina, Safaa.***

*Ma binôme mon amie et ma sœur **Ibtihel.***

*À mes belles tantes : **Meriem, Halima, Zina, Souad, Sara.***

*A tous mes amis avec qui je partage ma joie et ma
tristesse, **Abla, Joujou, Takwa, Mouna Karima, Israa,
Fériel, Amani, Djihane, Nour, Marwa, Monir, Ismail***

*A mon porte bonheur, et mon cher frère **Hodhayfa**
A tout mes professeurs qu'ils sont m'enseigner et guider
dans mes études.*

*À tous ceux qui, nous donne un coude de Main pour
continuer ces
Étude.*

Résumé

Introduction générale

Chapiter I: Synthèse bibliographique

Introduction :.....	3
I. Caractéristique de l'effluent entrant en station d'épuration.....	3
I.1 Les eaux usées :.....	3
I.1.1 Définition :	3
I.1.2 Origine des eaux usées :	3
I.1.2.1 Les Effluents Domestiques :.....	4
I.1.2.2 Les effluents industriels :.....	4
I.1.2.4 Les effluents pluviaux :.....	5
I.1.3 Les différents polluants rencontres dans les eaux résiduaires :.....	6
I.1.3.1 Les polluants physiques :	6
I.1.3.2 Les éléments grossiers :.....	6
I.1.3.3 Les polluants chimiques :.....	6
I.1.4 Paramètres de pollution de l'eau :.....	7
I.1.4.1 Les paramètres physiques :.....	7
I.1.4.2 Les Paramètres chimiques :	9
I.1.4.3 Paramètres organoleptiques :	11
I.1.5 Traitement des eaux par les micros -organismes épurateurs :.....	12
I.1.5.1 Les bactéries :	12
I.1.5.2 Les protozoaires :.....	12

Sommaire

I.1.5.3	Les algues :.....	12
I.1.6	Traitement des eaux usées :	13
I.1.6.1	Epuraton des eaux usées :.....	13
I.1.6.2	Les procédés de traitement des eaux usées :.....	13
I.2	Les boues résiduaires :	20
I.2.1	Définition :.....	20
I.2.2	Origine des boues :.....	20
I.2.3	Les types des boues résiduaires :	21
a.	Les boues primaires :.....	21
b.	Les boues biologiques :.....	21
c.	Les boues physico-chimiques :.....	21
d.	Les boues mixtes :.....	21
I.2.4	La compositions des boues :.....	22
I.2.5	Techniques de traitements des boues :.....	23
I.3	Présentation de la Station d'épuration de Tipasa :.....	24
I.3.1	Généralité :	24
I.3.2	Présentation de site :.....	24
I.3.3	Description de la station d'épuration :.....	26
I.3.4	Description des ouvrages :.....	27
a.	Etape de prétraitement :.....	27
b.	Traitement biologique :.....	29
c.	Traitement de la boue :.....	30

Chapiter II: Caractérisation des eaux et des boues de la STEP

Sommaire

Introduction :	32
II. Caractérisation des effluents de la STEP :	32
II.1 Analyse des volumes entrant en station	32
II.1.1 Charge hydraulique :	32
II.1.2 Donnée de base :	32
II.1.3 Charge polluante actuelle entrante en 2019 :	33
II.1.4 Les valeurs actuelles des paramètres de rejet en 2019:	33
II.1.5 Les rendements épuratoires de la STEP :	34
II.1.6 Les Indicateurs de suivie de l'année 2019 :	35
II.2 Caractérisation des boues :	37
II.2.1 Origine des boues :	37
II.2.2 Les phases de traitement des boues :	39
II.2.3 Les traitements d'hygiénisation :	45
II.2.4 Les différentes formes de valorisation des boues :	45
a. Valorisation organique :	45
b. Valorisation énergétique :	47
II.3 Propriétés des boues :	49
II.3.1 Caractéristiques physico-chimiques des boues :	50
II.3.2 Caractérisation biologique des boues :	54
II.3.3 Caractérisation rhéologique des boues :	55
II.3.4 Caractérisation minéralogique de la boue :	58
Conclusion	60

Chapiter III: Matériels, Méthodes et discussion

Introduction :	60
III. Méthodes analytique utilisé :	60
III.1 Analyses physico-chimiques :	60
III.1.1 La température :	60
III.1.2 PH :	61
III.1.3 La conductivité :	61
III.1.4 Matières en suspension (MES) :	62
III.1.5 La demande biochimique en oxygène (DBO5) :	64
III.1.6 La demande chimique en oxygène (DCO) :	66
III.1.7 Azote ammoniacal N-NH ₄ :	68
III.1.8 Azote totale :	68
III.1.10 Azote de Kjeldhal NTK:	69
III.1.9 Phosphates totale :	70
III.1.10 Les nitrates NO ₃ :	71
III.1.11 Les nitrites NO ₂ :	71
III.1.12 Test de décantation :	72
III.2 Fonctionnement de la station par temps :	73
III.2.1 La charge massique (Cm) :	73
III.2.2 Les besoins moyens en oxygène :	73
III.2.3 La charge organique de la station :	74
III.2.4 Le rendement épuratoire de la station ;	74
Le rendement épuratoire sera : $200 - 10 = 0,95 = 95 \%$	74

Sommaire

III.2.5	La charge volumique : Cv :	74
III.2.6	Le temps de séjour : (Ts) :	74
III.2.7	L'Age des boues : A :	75
III.4	Analyse du fonctionnement des différents organes :	75
III.4.1	Dégrillage grossier :	75
III.4.2	Dégrillage fin :	76
III.4.3	Dessableur/ Déshuileur :	79
III.4.4	Bassins biologiques :	80
III.4.5	Décanteurs secondaires :	81
III.4.6	Epaississeur de boues :	82
III.4.7	Déshydratation par filtres à bandes :	83
III.4.7	Dosage du polymère :	83
III.4.8	Chloration :	84
	Conclusion :	84

Conclusion générale

Bibliographie

Liste de figure

Liste des Figures

Figure I.1 : Les eaux domestiques.	4
Figure I.2 : Les eaux Industriels	5
Figure I.3 : Les eaux pluviales.	6
Figure I.4 : décanteur. (Hatem, 2008).	16
Figure I.5 : Schéma de principe du lagunage (Hatem, 2008).	17
Figure I.6 : Disques biologiques	18
Figure I.7 : Schéma d'un procédé à boues activées (Amorce, 2012).	19
Figure I.8 : Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boues activées (Telli, 2013).	22
Figure I.9 le site de la STEP chenoua Tipasa. (Google Earth ,2018).	24
Figure I.10 : <i>Etape de Prétraitement</i> . (PP).	28
Figure I.11 : Dé grilleur grossier (PP) Figure I.12: Dé grilleur Fin (PP).....	28
Figure I.13: Etape de dessablage/dégrillage (PP)	29
Figure I.14 : Bassin Biologique ou Bassin d'aération (PP).	29
Figure I.15 : Aérateur. (PP).	30
Figure I.16 : Bassin de décantation. (PP).	31
Figure I.17 : Epaisseur (PP).	31
Figure I.18 : La déshydratation mécanique des boues à la STEP de CHENOUA (PP)	32
Figure I.19: Boue déshydraté en phase finale. (PP)	32
Figure II-1 : Les charges journalières entrantes.	35
Figure II-2 : Conformité du rejet.	35
Figure II-3 : Ration de consommation en polymère pour la déshydratation des boues.	36
Figure II-4 : Production des boues (humides) & Siccité.	36
Figure II-5 : Rendement d'élimination de la pollution.	37
Figure II-6:les boues primaires.	37
Figure II-7:les boues physico-chimiques	38
Figure II-8:les boues biologiques.	38
Figure II-9 : Schéma d'un épaisseur circulaire.	39
Figure II-10 Schéma de fonctionnement de la chanteuse centrifugeuse.	41
Figure II-11 Exemple de filtre – presse.	41
Figure II-12 Lits de séchage.	43
Figure II-13 Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire.	43

Liste de figure

Figure II-14 Schéma de la composition principale du lit de sable.	44
Figure II-15 Techniques de traitement des boues en France en 2010. (Amorce, 2012).	45
Figure II-16 : Différentes étapes de traitement des boues avant épandage. (Amorce, 2012). ..	46
Figure II-17 : Épandage agricole. (Amorce, 2012).	47
Figure II-18: Géométries des rhéomètres rotatifs : (a) cylindre-cylindre (cylindres coaxiaux) ; (b) cône - plateau ; (c) plateau-plateau [5]	56
Figure II-19: Rhéomètre HAAKE MARS. Laboratoire Rhéologie et Procédés (Grenoble, France).....	56
Figure II-20 Mouvement laminaire de cisaillement entre deux plans parallèles. (Tixier, 2003)	57
Figure II-21 Schéma de principe d'une compression un axiale.....	58
Figure II-22: Observation au MEB d'un floc de boue hydroxyde (grossissement 2300).....	59
Figure II-23:les tamis utilisé dans l'analyse granulométrique.....	60
Figure III-1 : appareil de mesure de pH et de température.	61
Figure III-2 : Conductivité-mètre.	62
Figure III-3 : Centrifugeuse.	62
Figure III-4 : Appareil de filtrage.....	63
Figure III-5 : Balance analytique.	63
Figure III-6 : Thermostatschrank 105°C.	64
Figure III-7 : Appareil D'élimination de l'humidité	66
Figure III-8 : flacon à DBO.	66
Figure III-9 : photo de DBO Mètre.	66
Figure III-10 : Photo du bloc chauffant Figure III-11 : Photo du spectrophotomètre.....	67
Figure III-12 : Réactifs à DCO.	67
Figure III-13 : test de décantation.....	73

Liste des tableaux

Liste des Tableaux

Tableau I-1 : Différents types de boues de STEP. (Amorce, 2012).	22
Tableau I-2 : caractéristique d'eau traité dans la STEP de Tipasa. (Prise personnelle).	25
Tableau II-1: La charge hydraulique de la STEP.....	32
Tableau II-2 : Caractéristique de l'effluent entrant en STEP	33
Tableau II-3 : La charge polluante entrante en STEP.	33
Tableau II-4 : Les valeurs de rejet.	34
Tableau II-5 : Les rendements épuratoires de la STEP.	34
Tableau II-6 : Performances et consommation en énergie des différentes techniques d'épaississement. (Amorce, 2012).....	40
Tableau III-1:les classes des boues actives.	74

Liste des abréviations

CE : Conductivité Electrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

Cm: La charge massique exprime en $\text{kg DBO}_5 / \text{kg MVS.j}$.

CO : Carbone Organique

CO₂: gaz de carbone.

COT : Carbone total organique.

CV : La charge volumique exprimé en $\text{kg O}_2 .\text{m}^{-3}.\text{j}^{-1}$.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg/l).

EH : l'équivalent habitant.

H₂O : eau.

Im : Indice de Mohlman (mg/l).

K: constatant de la biodégradabilité.

MES : Matière En Suspension (mg/l).

MMS : matière minérales sèche (mg/l).

MO: matière organique.

MS : Matière sèche

MP : matière phosphorées.

MVS : matière volatile en suspension (mg/l).

NH⁴⁺: l'azote ammoniacal (mg/l).

NH₃: ammoniac (mg/l).

NO⁻²: nitrites (mg/l).

NO⁻³: nitrates (mg/l).

Pt: Phosphor Totale.

ONA : Office National d'Assainissement.

PH : potentiel Hydrogène.

PO₄⁻³: orthophosphates (mg/l).

STEP: Station d'épuration.

T : Température.

Ts : temps de séjour (h).

V: volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation (ml/l).

Liste des abréviations

VBA : volume de bassin d'aération (m^3).

Qj : le débit journalier d'eau brute à traiter ($m^3.j^{-1}$).

Résumé

La STEP Chenoua Tipasa représente un important projet dans la ville Tipasa, Après la Mise en service de la STEP de Hadjout et Suite la réhabilitation de la STEP de Koléa, le projet de la STEP a été lancé dans la cadre d'un objectif global, et intégré aux autres infrastructures de la wilaya.

L'objectif recherché dans notre travail est l'étude de la performance de la station d'épuration à boues activées de la wilaya de Tipasa, l'étude des eaux et des boues et leur caractérisation afin de déterminer la possibilité de leur utilisation dans l'irrigation, Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants de 90% des matières en suspension (MES). Le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO5) est respectivement de 87% et 92%. L'élimination du NO_2^- , NO_3^- , et PO_4^{3-} est très faible.

Les caractéristiques des boues en amont indiquent une présence importante des bactéries permettant une dégradation de pollution, Le but de cette station est le contrôle des rejets des eaux et des boues pour assurer une grande protection de l'environnement.

Mots clé : Station d'épuration, Eaux usée, boue active, pollution des eaux, protection de l'environnement.

Abstract :

The Chenoua Tipasa WWTP represents an important project in the city of Tipasa, after the commissioning of the Hadjout WWTP and following the rehabilitation of the Koléa WWTP, the STEP project was launched as part of a global objective, and integrated with other infrastructures of the wilaya.

The objective sought in our work is the study of the performance of the activated sludge treatment plant of the wilaya of Tipasa, the study of water and sludge and their characterization in order to determine the possibility of their use in the Irrigation, The results show satisfactory purification yields of 90% of suspended solids (SS). The reduction rate of the chemical oxygen demand (COD) and the biological oxygen demand for 5 days (BOD5) is respectively 87% and 92%. The removal of NO_2^- , NO_3^- , and PO_4^{3-} is very low.

Résumé

The characteristics of the upstream sludge indicate a significant presence of bacteria allowing pollution degradation. The purpose of this station is to control water and sludge discharges to ensure great protection of the environment

Key words: Waste water station, wastewaters, activated sludge,.

تمثل محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مشروعًا مهمًا في مدينة تيبازة ، بعد تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي في حجوط وبعد إعادة تأهيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي في القليعة ، تم إطلاق المشروع كجزء من هدف عالمي ، ومتكامل مع البنى التحتية الأخرى للولاية.

الهدف المنشود في عملنا هو دراسة أداء محطة معالجة الحمأة المنشطة بولاية تيبازة ، ودراسة المياه والحمأة وتوصيفها من أجل تحديد إمكانية استخدامها في الري: أظهرت النتائج محصول تنقية مرضية بنسبة 90% من المواد الصلبة العالقة هو على التوالي 87% و والطلب على الأكسجين البيولوجي لمدة 5 أيام) معدل تقليل الطلب على الأكسجين الكيميائي منخفضة للغاية 3-PO4 و -NO3 و -NO2 92%. إن إزالة

تشير خصائص الحمأة في المنبع إلى وجود البكتيريا بشكل كبير مما يسمح بتدهور التلوث ، والغرض من هذه المحطة هو التحكم في تصريف المياه والحمأة لضمان حماية كبيرة للبيئة

الكلمات المفتاحية محطة معالجة المياه مياه الصرف الصحي الحماة النشطة تلوث المياه حماية البيئة



Introduction générale

Introduction Générale

L'eau est le don de la nature et c'est un droit qui reflète une réalité incontestable « sans eau, pas de vie ». Donc, l'eau est quelque chose de spécial. Chaque chose vivante sur terre (micro-organismes, plantes, animaux, êtres humains et même notre cerveau) consiste principalement en eau. Le monde contient aussi beaucoup d'eau. Plus que 70% de la totalité de l'eau contenue sur terre, seulement une petite partie qui est convenable pour la consommation humaine ou l'usage agricole (approximativement 0.5% de toute l'eau dans le monde). Cette petite fraction d'eau douce doit pourtant satisfaire l'ensemble des besoins de l'humanité. Pour cela, la nécessité d'un traitement adéquat des eaux usées par lequel de contribuer à l'amélioration des performances du traitement.

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental essentiel. Les polluants contenus dans les eaux usées ont des origines différentes. Les cinq principales catégories de pollueurs sont : l'industrie, l'agriculture, les ménages, les transports et l'urbanisation. Le rejet de ces eaux dans le milieu naturel est la principale pollution qui affecte nos cours d'eaux et plus généralement tout le milieu naturel.

Pour diminuer cette pollution on réalise les stations d'épurations des eaux usées ; L'efficacité d'une station d'épuration des eaux usées se mesure classiquement par la qualité de ses rejets dans les milieux aquatiques (Les boues résiduaires).

Les quantités de boues produites sont très importantes et leur élimination pose un problème délicat donc il faut mettre un traitement et des analyse avant de les utilisé dans l'agriculture. Ces traitements consistent essentiellement d'une stabilisation pour bloquer toute activité biologique

L'objectif de cette étude consiste à évaluer l'efficacité et les performances épuratoires de la station d'épuration de la ville de Tipasa en matière d'élimination de la charge polluante des eaux usées en particulier la pollution carbonée (DCO, DBO5), les MES, la turbidité, les matières azotées, le pH et la température de l'eau pour être utiliser dans l'irrigation.

Aussi Le traitement des boues conduit à la réduction de la teneur en eau basé sur des procédés d'épaississement ou/et de déshydratation après conditionnement des boues, et des traitements complémentaires ou post-traitement qui permettent une meilleur stabilisation de la boue ce qui facilité sa manipulation : compostage.

Introduction Générale

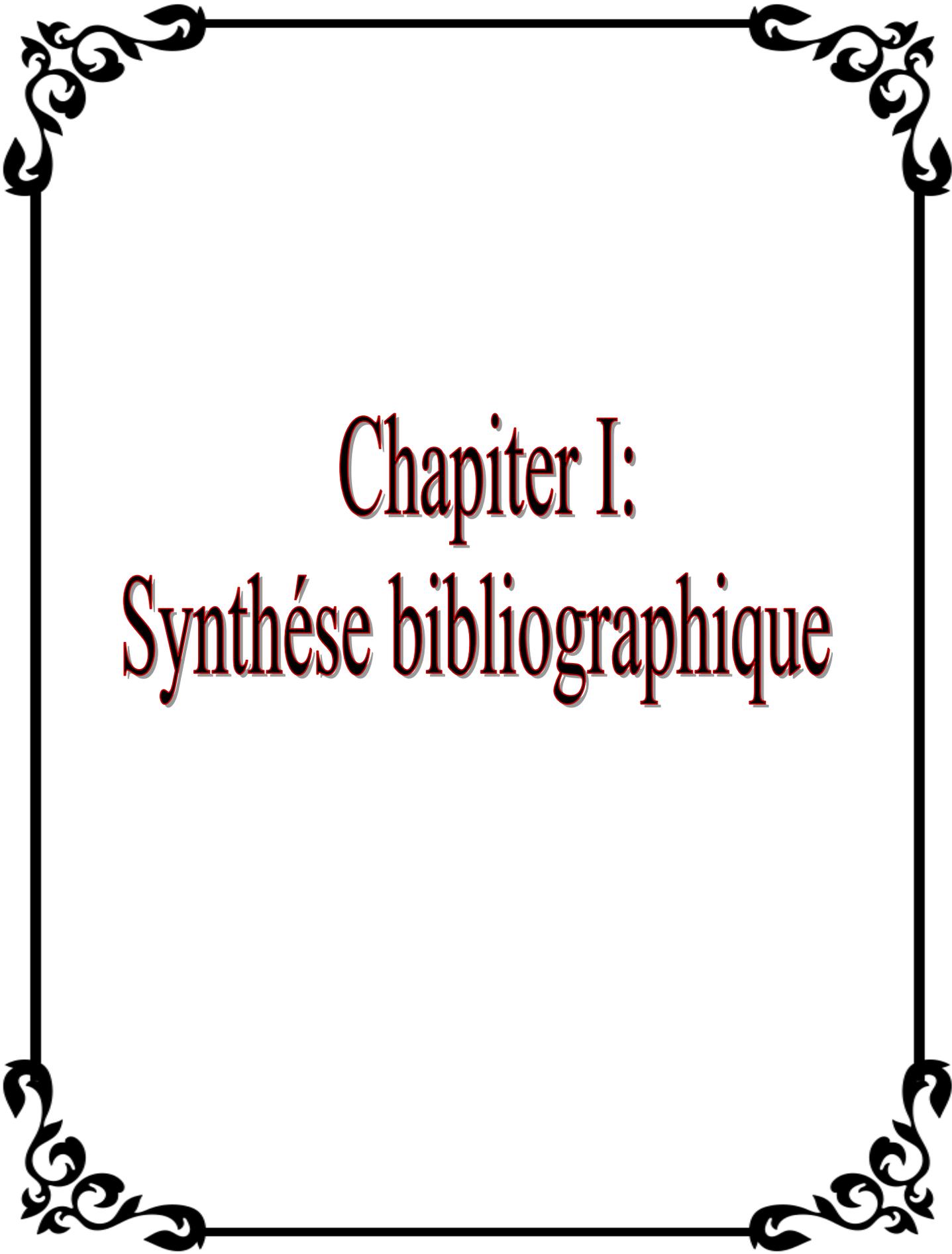
Ce travail, est divisé en trois chapitres,

Le premier chapitre présente la synthèse bibliographique des connaissances actuelles. L'inventaire des procédés de traitement des eaux usées et la présentation de la STEP de Tipasa.

Le deuxième chapitre nous présentons les caractérisations physico-chimiques rhéologiques minéralogiques des eaux et des boues résiduaires.

Le troisième chapitre présente les matériels et méthodes analytiques utilisées dans cette étude.

Le travail est clôturé par une conclusion générale.



Chapter I: Synthèse bibliographique

Introduction :

Les eaux usées issues de diverses activités urbaines ne peuvent être rejetées dans l'environnement (Coulibaly, 2005), car elles contiennent des polluants organiques et minéraux. Elles doivent donc permettre, avant leur rejet dans le milieu naturel, un traitement d'épuration qui produise les boues résiduelles. La production des boues, augmente bien sûr avec l'évolution des stations d'épuration. Les boues sont composées d'éléments recueillis à différentes étapes d'épurations d'une eau usée: matières minérales en suspension, matière organique non biodégradable et microorganismes; ces dernières provoquent de l'épuration biologique. Il devient donc nécessaire de trouver des traitements plus performants permettant de diminuer la production des boues (Amadou, 2007). (Hammad, et al., 2008).

L'objectif de cette étude concerne les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées et des boues résiduelles aussi la présentation de la zone d'étude et les différents organes de la station d'épuration.

I. Caractéristique de l'effluent entrant en station d'épuration

I.1 Les eaux usées :

I.1.1 Définition :

Les eaux résiduelles urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux composées par des matières, solubles ou non, qui ont été rejetées après leur utilisation dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles). (Rejsek, 2002)

I.1.2 Origine des eaux usées :

On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères et les eaux de vannées pleines de déchets et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduelles urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduelles d'origine industrielle d'extrême diversité (Rodier, et al., 2005). Donc les eaux résiduelles urbaines (ERU) sont constituées par :

- Des eaux résiduelles ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole.
- Des eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1.2.1 Les Effluents Domestiques :

Sont un mélange d'eau contenant d'eaux ménagères (eaux de lavabo, douche, baignoire, appareils ménagers,...).

Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension. provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produit détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (w.c), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme. (Rejsek, 2002).

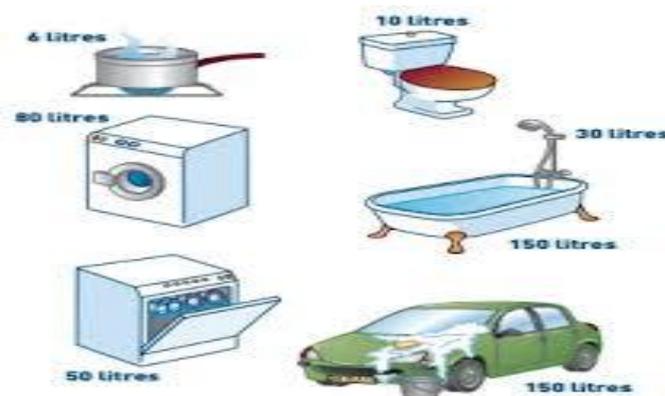


Figure I.1 : Les eaux domestiques.

I.1.2.2 Les effluents industriels :

C'est l'ensemble de toutes les eaux qui ont rejetées par l'usine dans le milieu extérieure telles que les eaux de refroidissement ou les effluents résultant de processus utilisés.

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement des caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés matières organiques, azotées ou phosphorées, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles nécessitent un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. (Rodier, 2005).



Figure I.2 : Les eaux Industriels

I.1.2.3 Les effluents d'agriculture :

Ce sont les eaux qui ont pollué par des matières utilisées dans l'agriculture telles que le ruissellement des eaux d'irrigation qui contiennent des engrais et des pesticides.

Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
 - Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides...etc.).
- (Grosclaude, 1999).

I.1.2.4 Les effluents pluviaux :

Ce sont les eaux de pluie qui ruissellent dans les rues où sont accumulés des polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. De ruissellement qui est excès par le lessivage de sols et des surfaces imperméables susceptibles d'être polluées.

Elles peuvent, elles aussi, former la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). (Libes).



Figure I.3 : Les eaux pluviales.

I.1.3 Les différents polluants rencontrés dans les eaux résiduaires :

I.1.3.1 Les polluants physiques :

Ces polluants représentent tous les éléments solides entraînés par l'eau, classés dans nombreuses catégories d'après leur origine et leur taille, on distingue les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottantes (plus légères que l'eau) et les matières séparables (de même densité que l'eau). (Bouziyani, 2000).

I.1.3.2 Les éléments grossiers :

Grâce à leur grande dimension, ces matières sont grandes pour être retenues par des simples grilles, organiques d'origine animale ou végétale ce sont des brindilles, des arbres et des feuilles. (Libes)

I.1.3.3 Les polluants chimiques :

Regroupés en deux catégories :

- **Organique** : tels que les hydrocarbures, les huiles, fioul.
- **Minérale** : tels que les métaux lourds, les matières azotées et phosphatées. (Libes)

a. Les matières organiques :

Parmi ces matières on distingue :

➤ **Les hydrocarbures :**

Ce sont d'origine des transports routiers, les industries, les accidents pétroliers, les fuites lors des déchargements des pétroliers, le lessivage par la pluie des zones urbaines (parking, route). Ces matières ont un effet nocif pour les êtres vivants tels que l'altération des mécanismes physiologiques de tous les organismes vivants. (Abda, et al., 2009).

Chapitre I : synthèse bibliographique

b. Les matières minérales :

Sont trouvés dans les eaux usées urbaines leur présence dans les eaux résiduaires est nuisible pour l'activité des micro-organismes lors d'épuration biologique. On distingue :

➤ **Les métaux lourds :**

Préviennent des Transports routiers, les industries métallurgiques et pétrochimiques, les peintures et carénage des bateaux. Ces métaux sont très nocifs (Classés par ordre de nocivité croissante) : Hg>Ag>Cu>Cd>Zn>Pb>Cr>Ni>Co. (Vilaguines, 2003).

Affectent surtout les animaux et ralentissent la croissance d'Altération des organes. (Abda, et al., 2009).

I.1.4 Paramètres de pollution de l'eau :

I.1.4.1 Les paramètres physiques :

a. La température :

C'est un facteur écologique important des milieux aqueux. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. (Rodier, et al., 2005).

b. Potentiel d'hydrogène :

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que Sa valeur entre 6 et 9. Cette valeur caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique. La valeur du pH altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau et joue un rôle important dans l'épuration (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9). (Rodier, 1996).

c. Turbidité :

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence des MES, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes.

Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables :

➤ Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit). (Rejsek, 2002),

d. Matières en suspension (MES):

Elles représentent, la partie constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 μ m, en suspension dans l'eau, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les ERI. Mesuré par peser après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C (Rejsek, 2002). Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

I.1

➤ Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau ; (Régis, et al., 2010).

➤ Les matières minérales (MMS) :

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc. (Duguet, et al., 2006).

e. La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Le contraire de la conductivité est la résistivité électrique (Moussa, 2005).

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

I.1.4.2 Les Paramètres chimiques :

a. L'oxygène dissous :

C'est la quantité d'oxygène libre contenue dans l'eau sous forme dissoute. Elle s'exprime par sa concentration. L'oxygène dissous est un facteur écologique essentiel indispensable pour la respiration des organismes vivants aérobies (Chocat, 1997).

Chapitre I : synthèse bibliographique

Les variations de la teneur en oxygène pouvant être fonction de la présence d'algues, de matières organiques oxydables, d'organismes et de germes aérobies. (Rodier, et al., 2005).

b. Demande chimique en oxygène (DCO) :

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). La DCO est la concentration, exprimée en mg.L^{-1} , Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h. (Rejsek, 2002).

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation. (Rodier, 2005).

Généralement la valeur de la DCO est :

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines ;
- DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires ;
- DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

c. Demande biologique en oxygène (DBO5) :

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. (Gaid, 1984).

Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport est inférieur à 2,5 La moyenne pondérée de la DCO et la DBO mesurée après décantation pendant 2h suivant la formule: $(\text{DCO} + 2 \text{ DBO5}) / 3$ correspond aux matières existantes MOX (Moussa, 2005). Elle se résume à la réaction chimique suivante :



d. Carbone total organique COT :

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

Chapitre I : synthèse bibliographique

Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon. (René)

e. Azote total NT :

Exprimé en mg/l, ce paramètre devient de plus en plus important. Sa valeur globale dans les ER recouvre toutes les formes déjà citées. C'est la somme d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacal) est appelé azote de KJILDHAL et l'azote des formes oxydées (NO₂⁻, NO₃⁻). (Bechac, et al., 1983)

$$\text{NTK (Azote Kjildhal)} = \text{N organique} + \text{N ammoniacal (NH}_4^+) \quad \text{I.3}$$

L'azote est l'un des éléments qui favorisent la prolifération d'algues.

f. Phosphore total PT :

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4g par habitant, Le phosphore se trouve dans les ERI sous formes:

- D'ortho phosphate, soluble PO₄H₂
- De poly phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho phosphate;
- De phosphore non dissous.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie.

g. Les nitrates et nitrites :

Les nitrites et les nitrates sont des composés intermédiaires du processus de nitrification ou de dénitrification. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries (nitrobacters) du sol et de l'eau. Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrifiantes et les nitrites de l'oxydation incomplète sous l'action des Nitrosomonas.

La teneur en nitrates dans l'eau est généralement plus élevée (la valeur norme de l'OMS est de 50mg/L) que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution d'origine organique.

h. L'azote ammoniacal : (NH₄⁺) :

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH₄⁺. Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique NH₄⁺, l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation (Moussa, 2005).

Chapitre I : synthèse bibliographique

Les eaux résiduaires contiennent différents composés azotés : protéines, urée et produits de décomposition ainsi que de l'azote sous forme minérale. Son élimination biologique se réalise en deux étapes qui sont chronologiquement la nitrification et la dénitrification. Parallèlement une partie de l'azote est utilisée pour la synthèse bactérienne par assimilation. La nitrification consiste en l'oxydation de l'azote organique sous forme d'un ammoniac (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-) puis en nitrate (NO_3^-) par l'intermédiaire de micro-organismes autotrophes :



I.1.4.3 Paramètres organoleptiques :

a. Couleur

La couleur des ER est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes. (Thomas, 1995).

b. Odeur

Les ER se caractérisent par une odeur de moisi. L'eau d'égout fraîche à une odeur fade qui n'est pas désagréable. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition. (Ladjel, 2006) .

I.1.5 Traitement des eaux par les micros -organismes épurateurs :

On trouve naturellement dans les eaux une grande quantité de micro-organismes, ces derniers sont généralement des bactéries des champignons, certains de ces micro-organismes peuvent dégrader les substances polluantes dans les eaux usées pour les transformer en eau, en dioxyde de carbone ou bien en matières minérales. (Gaid, 1984).

Le traitement biologique s'est le précédés le plus utilisé dans le monde pour récupérer la qualité de l'eau l'essentiel de l'épuration est due à des bactéries aérobies. Parmi ces micro-organismes il y'a trois populations jouent un rôle importante dans le traitement des eaux. (Dauphin, 1998), (Hadj-Sadok, 1999), (Ouali, 2001).

I.1.5.1 Les bactéries :

Sont des micro-organismes vivants au même titre que les champignons, elles sont très nombreuses de taille comprise entre 0.5 et 10-15 micron, peuvent dégrader une grande partie de la matière organique contenue dans les eaux usées. ces bactéries de deux types

Chapitre I : synthèse bibliographique

selon leur besoin d'oxygène, aérobies (qui transforment en présence d'oxygène dissous), et anaérobies (qui sont essentiellement méthanogènes réalisent la transformation de la matière organique au niveau des sédiments).

I.1.5.2 Les protozoaires :

Unicellulaires, ce sont des petits organismes de taille comprise entre 20 et 200 microns, présentent dans les eaux, les sols humides et les eaux de la mer, à cause de leur interaction avec les bactéries épuratrice. Les protozoaires ayant un rôle très important dans l'épuration des eaux résiduaires (ER), Ils constituent le Seul zooplancton hivernal réellement abondant dans les derniers bassins de lagunage.

I.1.5.3 Les algues :

Ce sont des organismes photo-synthétiques qui utilise la lumière de soleil comme source d'énergie, unicellulaire ou multicellulaire formant une population hétérogène sont le première producteur d'oxygène dans les lagunes Cette production s'effectue essentiellement dans la couche d'eau superficielle (jusqu'à 40-50 cm). L'effluent rejeté dans le milieu récepteur contient donc des micro-algues en suspension représentant indirectement une pollution particulaire organique importante (leur teneur en matières en suspension pouvant atteindre 0.2 kg/m^3). (Berland, et al.) On distingue :

- a. Les algues bleues (cyanophycées proches de bactéries).
- b. Les algues vertes (chlorophycées).
- c. Les algues brunes (chrysophycées).
- d. Les eugléniens. (Libes)

I.1.6 Traitement des eaux usées :

Avant de connu les étapes de traitement des ER on peut donner quelque point sur la terminologie liée à ce domaine, En générale le traitement des ER, C'est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. (Anonyme, 2004).

Les eaux sont traitées dans une station d'épuration (STEP) qui est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles. Le but du traitement est de séparer les eaux des substances indésirables pour le milieu récepteur (protection de l'environnement). (Hadj-Sadok, 1999).

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1.6.1 Epuration des eaux usées :

La filière de l'épuration des eaux usées recommande diffère procédés à divers niveaux technologiques on à des méthodes classiques de traitement ; ainsi que de nouvelles techniques visant la protection de l'environnement et la santé humain.

L'épuration ce fait dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes. Dont on va les présenter ci-dessous : les prétraitements suivis des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements d'affinage. (Hadj-Sadok, 1999)

I.1.6.2 Les procédés de traitement des eaux usées :

C'est très difficile de d écrire tous les procédés de façon précise, il existe deux filières de traitement, filière eau et filière boue.

- La filière eau dans laquelle l'eau est débarrassée de tous les polluants avant son rejet dans le milieu naturel ;
- La filière boue dans laquelle les résidus générés par la filière eau sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

La filière eau comprend généralement :

- Un prétraitement constitue l'ensemble des opérations physique et mécanique: dégrillage, dessablage et dégraissage-déshuilage.
- Un traitement primaire pour l'élimination des matières en suspension facilement décan tables.
- Un traitement secondaire composé d'un réacteur biologique pour l'élimination de la pollution biodégradable organique (DBO₅) ou minérale (NH₃, NO₃ P).
- Certaines stations sont également équipées d'un traitement tertiaire pour l'élimination des microorganismes ou du phosphore résiduel. (Hadj-Sadok, 1999).

Les boues provenant du décanteur primaire (boues primaires) et du traitement biologique (boues biologiques) seront ensuite traitées et conditionnées sur la filière boues. (Grosclaude, 1999).

a. Les prétraitements :

Après la collecte et acheminement des eaux usées vers les stations d'épuration, les eaux contiennent de nombreuses matières très hétérogènes, grossières, et potentiellement dangereuses pour les machines (Pony, 2009).

C'est pour cela on fait Le prétraitement pour d'éliminer 10 à 15% de la pollution initiale des eaux usées. (Koller, 2004).

- **Dégrillage :**

Chapitre I : synthèse bibliographique

Il permet d'éliminer les gros objets ou les débris les plus grossiers véhiculés par les eaux usées pour protéger les différentes unités de l'installation contre le bouchage. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal.

Le dégrillage est classé en trois (03) catégories selon l'écartement entre barreaux de grille :

- Pré dégrillage pour écartement 30 à 100mm ;
- Dégrillage moyen pour écartement 10 à 25 mm ;
- Dégrillage fin pour écartement 3 à 10 mm. (Telli, 2013).

- **Dessablage :**

Consiste à éliminer Les matières minérales grossières en suspension tels que les sables et les graviers, dont la vitesse de chute est inférieure à 0,3 m/s, susceptibles d'endommager les installations en aval, pour protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et la colmatage des canalisations à la cour de traitement. Il faut 60 secondes à l'eau pour traverser le dessableur et éliminer 90% du sable qui ensuite récupéré par un râteau mécanique et poussé dans un centenaire d'évacuation.

On distingue deux types de bassin de dessablage selon leur principe de fonctionnement, dessableur longitudinaux, dessableur circulaire.

- **Déshuilage dégraissage :**

Consiste à éliminer les graisses présentés dans les ER, ces graisses peuvent gêner l'épuration biologique c'est pour cela en l'éliminer, Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. On peut considérer que le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Le déshuilage complet nécessite en fait un traitement en deux stades:

- **Pré déshuilage**, par opération physique gravitaire sans adjonction de réactifs,
- **Déshuilage final**: flottation par air dissous où les bulles d'air.

b. Epuration physicochimique

Si la décantation se faisait directement après le prélèvement dans le milieu aquatique, le temps de décantation d'un gravier dans un mètre d'eau serait d'une seconde par la seule influence de son poids, on passerait à 2 minutes pour le sable fin, à 2 heures pour l'argile, à 8 jours pour une bactérie et de 2 à 200 ans pour un colloïde. Ces durées étant bien évidemment beaucoup trop grandes. Les colloïdes peuvent même traverser un filtre très fin, ils sont les principales causes de la turbidité et la couleur d'une eau.

• **Coagulation Flocculation**

L'opération de coagulation-flocculation a pour but la croissance des particules (Qui sont essentiellement colloïdales) par leur déstabilisation puis formation de floccs par absorption et agrégation, le schéma qui illustre ce phénomène est présenté sur la figure présenté par suite.

➤ **La coagulation**

Le mot coagulation vient du latin coagulare qui signifie « agglomérer ». La coagulation consiste à ajouter à l'eau un réactif permettant la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives qui sont à l'origine du maintien en suspension stable.

➤ **Flocculation :**

La flocculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés lors de l'introduction du coagulant. Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître son volume, sa masse et sa cohésion.

➤ **Décantation**

La décantation est utilisée dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, c'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau ; elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Elle est dirigée vers un autre stade d'épuration. (Hatem, 2008)



Figure I.4 : décanteur. (Hatem, 2008).

➤ **Flottation**

Chapitre I : synthèse bibliographique

Une technique qui peut remplacer la sédimentation est la flottation. C'est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, plus léger que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μm . Les solides sont transportés à la surface, fixés à des bulles, et sont ensuite écumés. Cette méthode permet d'éliminer des particules plus petites qu'avec la sédimentation.

c. Traitements biologiques

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. Elle regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution. (Rejsek, 2002).

Son principe est de provoquer une prolifération de micro-organismes aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent, en présence ou non d'oxygène. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non préhensible (matières colloïdales et dissoutes) en un élément manipulable (suspension de microorganismes).

En traitement biologique on distingue deux groupes des procédés :

- Procédés à culture fixée, où la biomasse fixée sur des supports.
- Procédés sa culture libre, où la biomasse est en suspension dans l'eau. (Rejsek, 2002).

d. Les procédés biologiques extensifs :

• Le lagunage :

Est un procédés d'épuration consiste à faire circuler les ER dans une série des bassins dans un long temps suffise pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Une lagune aérée utilise le même principe que le lagunage simple dans lequel, l'apport d'oxygène est augmenté par la mise en place d'aérateurs mécaniques. Une lagune aérée est assimilée à un vaste bassin aérobie. (Hattem, 2008).

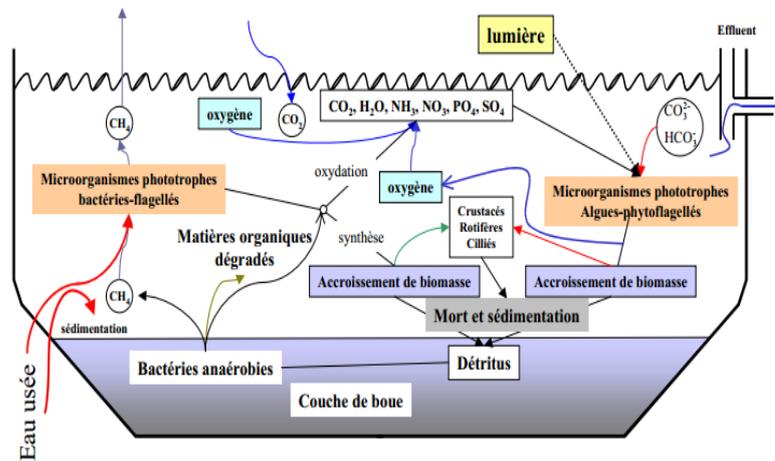


Figure I.5 : Schéma de principe du lagunage (Hattem, 2008).

➤ Lagunes aérées :

En introduire l'oxygène par un moyen mécanique, on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage anaérobie. Le temps de séjour est de l'ordre d'une semaine, la profondeur est de 1 à 4 m. Le rendement peut être de 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues. Les lagunes facultatives dans laquelle l'oxygène n'est maintenu que dans la partie supérieure du bassin. Une zone anaérobie est donc présente au fond du bassin. (Hattem, 2008).

➤ Lagune anaérobie :

D'une profondeur de 1.2 à 1.5 m au maximum et de 0.8 m au minimum (afin d'éviter le développement de macrophytes), avec un temps de séjour de l'ordre du mois, ces bassins fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année. (Hattem, 2008).

e. Les procédés biologiques intensifs :

Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. (Hattem, 2008). Deux types d'installation sont utilisés :

• Les installations à "cultures fixées" :

D'où on distingue différents types de supports pour les cultures bactériennes : les disques biologiques et lits bactériens.

• Disques biologiques (cultures fixées) :

C'est une technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants où se développent les micro-organismes et forment un film

Chapitre I : synthèse bibliographique

biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée, L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe horizontal sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. (Hattem, 2008).

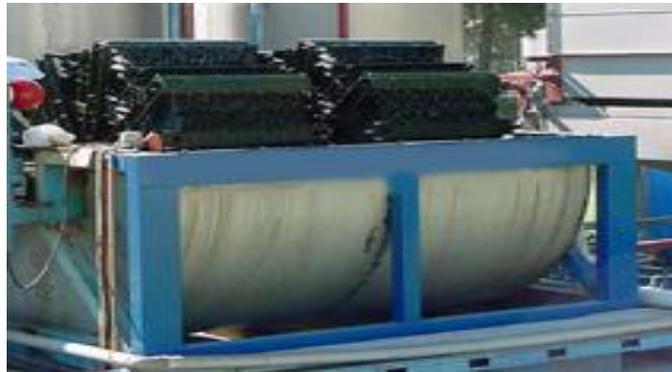


Figure I.6 : Disques biologiques

- **Lits bactériens**

C'est le mode le plus ancien dans l'épuration biologique, Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs qui sont cultivé comme les pierres concassé.

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

L'épuration par lit bactérienne est très efficace u l'épuration biologique car il permet d'éliminer une grande quantité des micro-organismes (les bactéries, les protozoaires, les œufs d'helminthes). (Faby, et al., 1997).

- **Les installations à "cultures libres", ou par boues activées.**

Toutes les technologies existantes visant l'épuration des eaux usées impliquent une production indirecte des boues. Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en

Chapitre I : synthèse bibliographique

présence d'oxygène (aération) suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification). Ils sont en fait une intensification de ce qui se passe dans le milieu naturel. Le traitement des boues est de nos jours devenu aussi indispensable et important que le traitement des eaux usées. (Metahri, 2012).

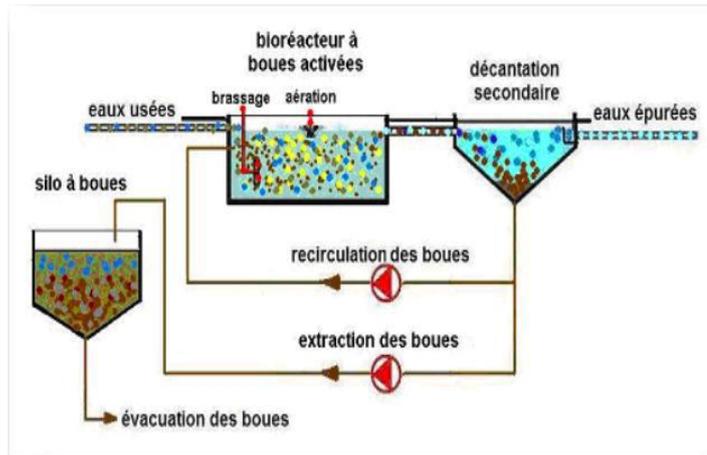


Figure I.7 : Schéma d'un procédé à boues activées (Amorce, 2012).

f. Traitement d'affinage :

- **Filtration sur sable**

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation des filtres et du type de matériau utilisé. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate. Les pertes de charge augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro lavage.

- **Adsorption sur charbon actif**

Le charbon actif fait partie d'une gamme de substance présentant une très grande porosité et une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m² par gramme de charbon. Ces qualités confèrent au charbon actif un grand pouvoir d'adsorption. Ce processus physico chimique est utilisé dans les filières d'eau pour fixer les substances difficile à éliminer par un traitement classique et pour éliminer les substances humiques (responsable de la couleur), les goûts, les odeurs, les phénols, et les crésols, ainsi que plusieurs substances toxiques non biodégradables les composés retenus sont les adsorbats et le charbon actif est l'adsorbant.

I.2 Les boues résiduares :

I.2.1 Définition :

Selon le Comité Européen de Normalisation (CEN) les boues sont définies comme «*un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent*». Donc les boues sont des matières issues du l'épuration des eaux usées où, sont surtout constitués de matière organique (bactéries mortes), s'effectue dans une STEP en différentes étapes selon des techniques appliquées. (Jardi, 2002).

Cependant, et au cours de l'épuration les boues apparaissent généralement à deux niveaux :

1- Les plus grosses particules solides, se trouvent au fond du décanteur primaire et forment les boues primaires.

2- Les particules fines dispersées et ces substances dissoutes sont fixées et métabolisées par les bactéries au cours de l'épuration biologique. (Karoune, 2008)

I.2.2 Origine des boues :

Généralement, le traitement des eaux usées au sein d'une station d'épuration comporte quatre étapes successives.

- Les prétraitements : ils consistent à éliminer les éléments grossiers (dégrillage), à enlever le sable (dessablage) ainsi que les graisses (désuilage).
- La décantation primaire : elle permet la capture des éléments en suspension.
- La digestion aérobie ou traitement biologique : réduction de la charge en matière organique de l'eau usée par des micro-organismes regroupés en « floes » et production de boues dites « activées ». Cette phase nécessite une aération conséquente.
- La clarification : elle permet la séparation du « floe » bactérien de la phase aqueuse. L'eau traitée est alors rejetée dans le milieu naturel, tandis que les boues résiduelles sont collectées puis traitées en vue de leur valorisation ou de leur élimination. (Amorce, 2012)

I.2.3 Les types des boues résiduares :

a. Les boues primaires :

Ce sont les boues récupérées par décantation simple des ER, elles présentent une concentration élevée en matières minérales tels que les sables. (Amorce, 2012)

Chapitre I : synthèse bibliographique

b. Les boues biologiques :

Désigne les boues résultent de traitement biologique des eaux usées par les micro-organismes épurateurs. Elles présentent un taux de matières organiques de 50% à 70% et des concentrations variant entre 20 et 30 g/L. (Amorce, 2012)

c. Les boues physico-chimiques :

Ce sont les boues issues de traitement physico-chimiques des eaux usées, par l'ajout des réactifs comme les coagulants, les flocculantetc. Pour l'agglomération des fines particules. (Amorce, 2012)

d. Les boues mixtes :

Constituées d'un mélange de boues primaires et secondaires. Provenant de lits bactériens (Koller, 2004).

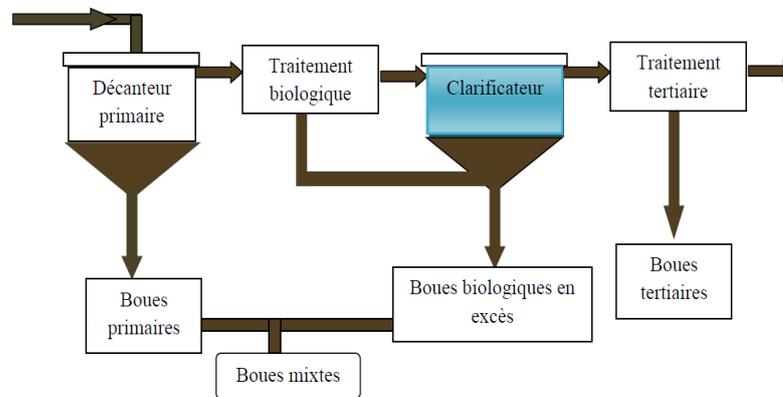


Figure I.8 : Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boues activées (Telli, 2013).

I.2.4 La compositions des boues :

Chapitre I : synthèse bibliographique

Tableau I-1 : Différents types de boues de STEP. (Amorce, 2012).

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
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%

Des éléments indésirables se trouvent également dans les boues de STEP :

- Les métaux lourds, Les 7 métaux les plus souvent retrouvés sont : Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn). Certains de ces éléments occupent une place essentielle à faible concentration, mais deviennent généralement toxiques au-delà d'une certaine concentration.
- des micropolluants organiques : les substances les plus fréquemment considérées Sont les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et les CTO (Composés Traces Organiques). Les boues peuvent également contenir des pesticides, des phtalates, des nitrates, ...
- des micro-organismes pathogènes : virus, bactéries, protozoaires, vers parasites et champignons. Ils sont présents dans les matières fécales rejetées dans les réseaux d'eaux usées et se trouvent dans les boues brutes. (Amorce, 2012).

I.2.5 Techniques de traitements des boues :

Le procédé à boues activées produit des quantités boues de manière régulière (Journalière) qui oblige leur gestion sur le site de la station avant destination finale. (Telli, 2013).

À la sortie des filières de traitement des eaux, les boues contiennent environ 95-99% d'eau.

Cette dernière se présente normalement sous deux formes :

- eau libre : faiblement absorbée, peut être éliminée par déshydratation mécanique,
- eau liée : attachée avec des bactéries ou d'autres particules, peut être éliminée par séchage thermique (>105°C).

Le traitement des boues consiste à diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible. Il s'agit de les préparer à une étape ultime de valorisation ou d'élimination. Les procédés de traitement de boues qui peuvent exister au sein d'une STEP sont :

- ✓ Epaissement (raclé et non raclé).
- ✓ Digestion ou stabilisation (aérobie, anaérobie et chimique).
- ✓ Déshydratation (filtre à bandes, filtre presse, centrifugeuse, lit de séchage).
- ✓ Séchage thermique.
- ✓ Incinération.

I.3 Présentation de la Station d'épuration de Tipasa :

I.3.1 Généralité :

Après la réalisation et la mise en service de la station d'épuration des eaux usées de Hadjout et suite à la réhabilitation de la STEP de Koléa, le projet de la station d'épuration de la ville de TIPAZA a été lancé, dans le cadre d'un objectif global et intégré aux autres infrastructures de la Wilaya

Ainsi, toutes les sources de pollution des eaux résiduaires de la Wilaya de Tipaza, qu'elles soient dues à l'industrie ou aux ménages, et avant la fin de cette décennie

, seront traitées par au moins quatre stations d'épuration réparties selon les grands centres urbains, Hadjout, Koléa, Bous mail et Tipaza.

Ces efforts de l'état, pour construire des réseaux d'assainissement et des stations d'épuration dans cette wilaya à vocation touristique à eux seuls, ne sont pas suffisants, il reste de tirer le meilleur parti des moyens réalisés, par la mise en place

d'un personnel qualifié, formé au fonctionnement de ces ouvrages.

I.3.2 Présentation de site :

La STEP de chenoua est située dans la ville de Tipaza, à la région de chenoua en périphérie nord-ouest de la ville, d'environ 70 Km à l'ouest d'Alger Depuis janvier 2012 la société SEAAL exploite la station d'épuration de Tipaza et depuis 2008 elle est certifiée selon ISO 14001/2004.



Figure I.9 le site de la STEP chenoua Tipasa. (Google Earth ,2018).

Elle a une capacité nominale de 70000 EH soit un débit moyen journalier de 11200 m³

- Les communes raccordées : Nador, sidi ameur et Tipaza
- Débit moyen horaire : 467 m³/h
- Nature du réseau: unitaire
- Le déversement de la STEP se fait à oued el Nador

Les différents compartiments constituant la STEP :

- 1/Bassin biologique (2)
- 2/ Dessableur et dégraisseur
- 3/ Clarificateur(2)
- 4/salle déshydratation
- 5/Épaississeur

Chapitre I : synthèse bibliographique

Tableau I-2 : caractéristique d'eau traité dans la STEP de Tipasa. (Prise personnelle).

Volume journalier	11200 m³/j
Débit moyenne 24 h	467 m³/h
Débit de pointe temps sec	803 m³/h
DBO5 Journalier	4200 Kg/j soit 375 mg/L
MES Journalier	4900 Kg/j soit 438 mg/L
PH	Entre 6.5 et 8.5
TKN (Azote Kjeldhal)	40 mg/L
P Phosphore totale	10 mg/L
Température	20 °C
Charge nominale organique	70000 Eq / habitat

I.3.3 Description de la station d'épuration :

La complexité d'épuration d'une eau usée se trouve au niveau de la procédure elle-même, surtout si l'eau est très chargée, la STEP de Chenoua est responsable de control et vérification de la conformité ou non-conformité de 03 communes : Koléa, Hadjout, Chenoua, cette vérification rentre dans le service de laboratoire, après ca reviens au service d'exploitation pour faire des remarques ou bien faire une enquête pour voir la cause de non conformité de quelque paramètres quand va les mentionner au suivant , mais au début on dois savoir quelles sont les procédures pour transformer une eau pollué , contaminé , pleine d'impureté , de toxique , à une eau épuré , avant la faire rejoindre laboratoire pour continuer les analyses .

Traitement de l'eau :

Le traitement au fil de l'eau comporte les étapes suivantes :

Chapitre I : synthèse bibliographique

➤ Arrive des eaux by-pass en cas d'orage vers l'oued à partir du regard amont au poste de relevage de station

- Dé grilleur grossier, relevage, dégrillage fin.
- Dessablage, dégraissage, déshuilage.
- Traitement biologique.
- Décantation et clarification
- Chloration
- Epaisseur des boues.
- Déshydratation mécanique.

Traitement des boues :

Le traitement des boues issues de la décantation /clarification comporte les étapes suivantes :

- Un épaisseur statique
- Une déshydratation mécanique

Avant transfert en déshydratation il est nécessaire d'épaissir au maximum les boues dans le but essentiellement de traiter de plus faibles volumes et donc d'avoir des ouvrages et équipements plus compacts.

L'épaisseur n'est pas le dépotoir final des traitements de l'eau mais l'ouvrage intermédiaire indispensable entre la chaîne de traitement des boues.

Déshydratations mécanique des boues sur band press :

Les boues épaissies sont d'abord flocculées avant d'être envoyées sur deux bands presses. L'ajout de polymère en faible quantité est nécessaire afin d'améliorer la fiabilité des boues.

I.3.4 Description des ouvrages :

a. Etape de prétraitement :

En réalité, les eaux usées rejoignent d'abord les égouts, c'est là que le parcours commence et qu'elle parcourt ?

Les eaux usées coulent dans les égouts par gravité, afin d'atteindre Poste de relevage. La STEP de Chenoua est liée à 6 poste de relevage, pour la simple raison que la topographie n'aide pas à transmettre les eaux usées à la station d'épuration directement, car le terrain est trop plan, pour transmettre les eaux usées à la STEP, deux pompes au minimum sont installées au niveau de la station de relevage, parmi ces Pr, on a :

- Pr CRF, port Tipaza

Chapitre I : synthèse bibliographique

- Pr chenoua1, chenoua2, chenoua3
- Pr Sidi moussa

Touts les Pr qu'on a déjà mentionnés nécessitent un refoulement pour transporter cette eau contaminé à la STEP, mais il y'a un réseau d'assainissement qui rejoint la station directement par gravité.

Dés que l'eau usée arrive à la station, par un réseau de 600 mm de diamètre, ou cette eau brute est condensé dans regard By-pass, ou au niveau de ce dernier, on trouve une vanne murale qui control l'entrée ou non de l'eau brute, vers le poste de relevage. Ce Pr équipé d'un Dé grilleur grossier de type barreau plat de 50 mm d'écartement, Il consiste à faire passer les eaux usées au travers les grilles et barreaux pour retenir les éléments solide, par exemple : les bouteilles, les sachets, de ballon, de bois .ces déchets sont enlevées par l'opérateur puis les mètres dans un bac d'égouttage.

Ce Pr c'est un ouvrage qui contient 4 pompes submergés avec 4 débitmètres électromagnétiques, et capteur de niveau ultrasonique, qui se base sur le temps de parcours. Bien sur a cause de ces capteurs, on fait appelle au fonctionnement ou non de les 3 pompes, puis la 4ème qui est une pompe de secoure quand on a une forte augmentation dans le niveau d'eau brute, après l'eau est acheminés vers un dé grilleur fin de 20 mm d'écartement, Les refus cumulés sur le dé grilleur fin sont déversés automatiquement sur un tapis convoyeur ensuite vers une benne pour être évacuer dans des bacs .mais au niveau de ce dernier on a deux sondes pour mesurer le niveau en amont/aval , pour détecter si y'on a une différence de niveau , a cause de l'accumulation des déchets , donc on donne ordre pour faire évacuer , et éliminer ces éléments de dé grilleur fin automatiquement.

Arrivant à la partie de dessablage/déshuilage, dans cette partie on trouve des impuretés dans l'eau, cette étape est équipée d'un supprimeur d'air, puis d'une pompe , notre ouvrage est sous forme un cône , et au milieu on a supprimeur d'air qui est attaché à un tuyau qui va juste au fond , et a cause des bulles d'air , les huiles vont remontées car ils sont plus légères et le sable va se déposer au fond, ensuite, la il viens le rôle de la pompe, elle va aspiré tout le sable , et par-rapport aux huiles .Elles seront raclées vers un puisard de stockage des huiles et graisses par un supprimeur d'air pour l'entraînement des flottants. Ou les 2 matières vont être acheminées à des bacs séparément pour se débarrasser deux.



Figure I.10 : Etape de Prétraitement. (PP).

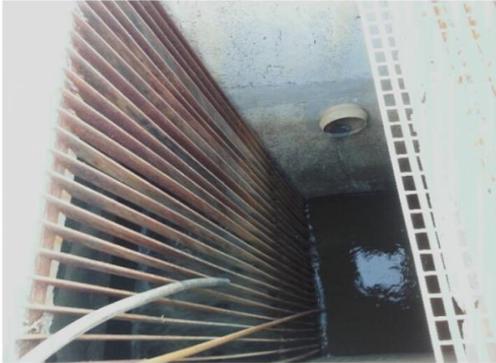


Figure I.11 : Dé grilleur grossier (PP)



Figure I.12: Dé grilleur Fin (PP)



Figure I.13: Etape de dessablage/dégrillage (PP)

b. Traitement biologique :

Il reste des MO (matières organiques), pratiquement invisible à l'œil nu, particules en suspension. Pour les éliminer, on utilise les bassins biologiques, il ya 2 bassin biologique au niveau de la STEP, chaque bassin a 2 filières, chaque filière se compose de 3

Chapitre I : synthèse bibliographique

aérateur de surface, l'idée principale consiste à éliminer toutes les dernières pollutions grâce à des bactéries épuratrices qui mangent la pollution, mais comment ?

Le bassin d'aération est le réacteur biologique dans lequel s'effectue la transformation de la matière organique par les bactéries. Il est séparé en 2 filières par un mur en béton la capacité de chaque bassin est de 6000m^3 , et Longueur x largeurs = $77\text{m} \times 21.55\text{m}$ et une Hauteur d'eau de 5.50m .

Ce bassin est équipé de dispositif d'oxygénation permettant :

- 1) d'introduire une quantité d'oxygène déterminée dans l'eau, nécessaire à la satisfaction des besoins de la bactérie pour la dégradation de la MO.
- 2) Pour assurer l'homogénéité et éviter les dépôts.

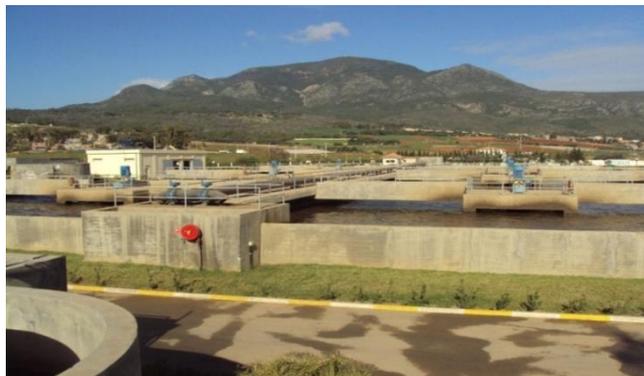


Figure I.14 : Bassin Biologique ou Bassin d'aération (PP).



Figure I.15 : Aérateur. (PP).

La dégradation de la MO, par la bactérie, résulte en une boue, en utilisant des aérateurs avec une capacité d'oxygénation de $194\text{ kg d'O}_2/\text{h}$ et une puissance d'aérateur 75 kW/h .

Éventuellement le traitement biologique consiste à la réduction de la charge en MO, de l'eau usée par des bactéries, et puis cette phase nécessite une aération instantanée.

Globalement le bassin d'aération est un ouvrage où on a un contact intime entre ; les bactéries, O_2 , la pollution.

Chapitre I : synthèse bibliographique

c. Traitement de la boue :

Au niveau de la station d'épuration de CHENOUA les boues sont des résidus d'un traitement des eaux usées domestiques. Après on possède avec les 2 étapes mentionné en haut, Ensuite, on sépare les boues des eaux épurées afin de rejeter ces derniers au milieu naturel.

Ces boues sont principalement constituées de particules solides non retenues par le prétraitement en amont de la station d'épuration, de matières organiques non dégradées, de matières en suspension minérales et de micro-organismes.

C'est pour ça que le traitement des boues est devenu un enjeu environnemental majeur se concentrant sur : l'épaississement, la déshydratation.

Après le bassin biologique la boue+eau traité vont vers le clarificateur (bassin de décantation), Le clarificateur est un ouvrage circulaire de base cylindro-conique avec un volume de 2961 m³, Hauteur d'eau moyenne de 3.68m et un diamètre de 30m.il existe 2 clarificateur au niveau de la STEP.

Cette ouvrage représente un salon, ou liqueur mixte peut rester tranquillement ou on aura notre décantation afin de s'éparer l'eau traité de la boue.



Figure I.16 : Bassin de décantation. (PP).

On trouve à la sortie de bassin de décantation, 2 tuyaux, 1 qui conduit directement au canal qui rejette l'eau épuré au milieu naturelle, et l'autre qui contient la boue, et va là transporté à l'épaississeur.



Figure I.17 : Epaisseur (PP).

L'épaisseur statique gravitaire se distingue essentiellement par le temps de séjour qui est 3 jours, et son diamètre de 11met d'un volume de 380m³. L'épauissement statique est soumis à la seule action de la force de gravité. Cette action va donner une certaine stabilisation à la boue, et comme notre boue est constituée de sable et de bactéries, après un certain temps de séjour, on remarquera 2 parties séparables, la boue qui est au dessous va être transportée au bassin biologique par pompe ras, cette boue est appelée BR (boue de recirculation), et l'autre qui est située en bas va être extraite par une pompe d'extraction pompe simplexe, cette boue est refoulée à la salle de déshydratation.

Maintenant on va parler de la déshydratation, afin de rendre possible la déshydratation des boues, l'ajout du polymère est indispensable pour leur floculation à l'intérieur du réacteur cylindrique, Ce mélange est ensuite transféré vers des filtres à bande pour être déshydraté.

Le principe du filtre à bandes consiste à faire passer un gâteau de boues, préalablement égoutté gravitairement dans une zone de drainage, entre deux toiles filtrantes, la pression étant exercée par serrage de ces deux toiles lors de leur passage sur un ou plusieurs rouleaux ou tambours, sur lesquels elles s'enroulent. La STEP de Chenoua, utilise un filtre à bandes d'une capacité de stockage de 378 kg de traitement des boues, d'un débit horaire de 10.8 m³/h.



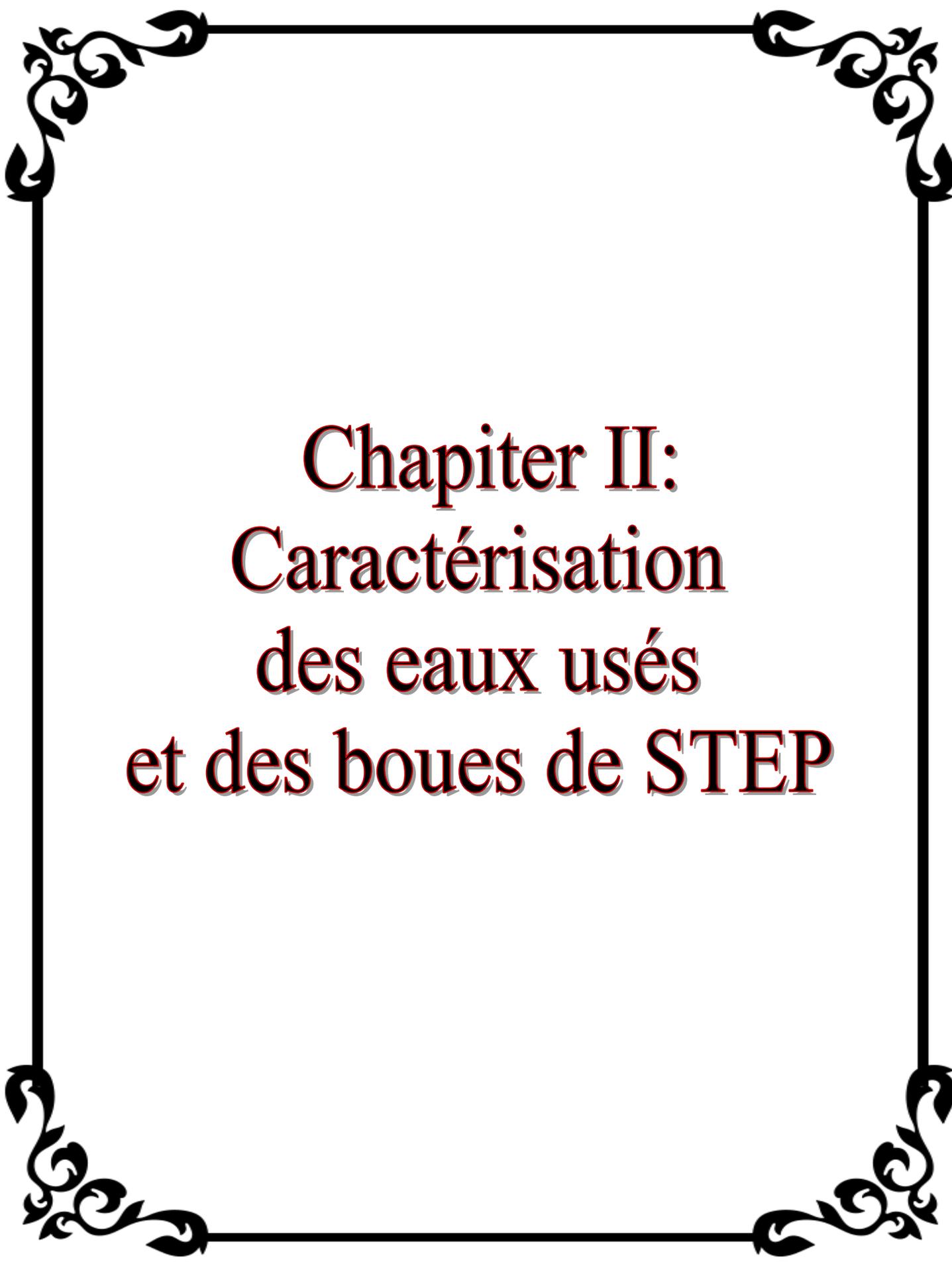
Figure I.18 : La déshydratation mécanique des boues à la STEP de CHENOUA (PP)



Figure I.19: Boue déshydraté en phase finale. (PP)

Conclusion :

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



Chapiter II:
Caractérisation
des eaux usés
et des boues de STEP

Introduction :

L'épuration des eaux résiduaires repose sur le principe de la séparation des éléments, susceptibles de polluer le milieu naturel de l'eau véhiculant les polluants.

L'eau résiduaire contient de grande quantité des déchets solides Parmi ces polluants les boues résiduaires.

Dans ce chapitre on va étudier, les différentes méthodes de traitement et de valorisation des boues et la caractérisation physico-chimique rhéologique et minéralogique des effluents solides (boues résiduaires) et des effluents liquides (eaux usées). Pour nous permettant d'identifier une voie de valorisation adaptée et de procéder à son application.

II. Caractérisation des effluents de la STEP :

II.1 Analyse des volumes entrant en station

II.1.1 Charge hydraulique :

Tableau II-1: La charge hydraulique de la STEP

	A l'horizon 2010	A l'horizon 2020
Débit journalier	11200 m ³ /j	16800 m ³ /j
Débit horaire moyen	467 m ³ /h	700 m ³ /h
Débit de pointe	803 m ³ /h	1176 m ³ /h

II.1.2 Donnée de base :

Objectifs d'épuration:

- DBO < 30 mg/l
- DCO < 90 mg/l
- MES < 30 mg/l
- Rendement abattement DBO = 93%
- Rendement abattement DCO = 89 %
- Rendement abattement MES = 93 %

Tableau II-2 : Caractéristique de l'effluent entrant en STEP

Paramètre	Caractéristique de l'effluent en (mg/l)
DBO5	375
DCO	825
MES	438
PH	Entre 6.5 et 8.5

II.1.3 Charge polluante actuelle entrante en 2019 :

Tableau II-3 : La charge polluante entrante en STEP.

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)			Charges (kg/j)			
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	moyenne	Nominale
DBO₅	63	459	217	530	2924	1533	4 200
DCO	102	1061	417	717	6517	3035	8 662
MES	84	2046	340	553	11815	2437	4 900
NTK	39	50	44	163	178	169	4 48
Pt	2	3	2,5	10	15	13	1 12

II.1.4 Les valeurs actuelles des paramètres de rejet en 2019:

Tableau II-4 : Les valeurs de rejet.

Paramètres	Concentration (mg/l)			
	Moyenne	Minimum	Maximum	Seuil
DBO ₅	40	4	23	30
DCO	55	21,4	86	90
MES	44	2,5	29	30

II.1.5 Les rendements épuratoires de la STEP :

Tableau II-5 : Les rendements épuratoires de la STEP.

Paramètres	Rendement (%) 2016		
	Moyenne	Minimum	Maximum
DBO ₅	95%	89%	98%
DCO	90%	72%	97%
MES	95%	86%	99%

II.1.6 Les Indicateurs de suivie de l'année 2019 :

❖ Les charges entrantes :

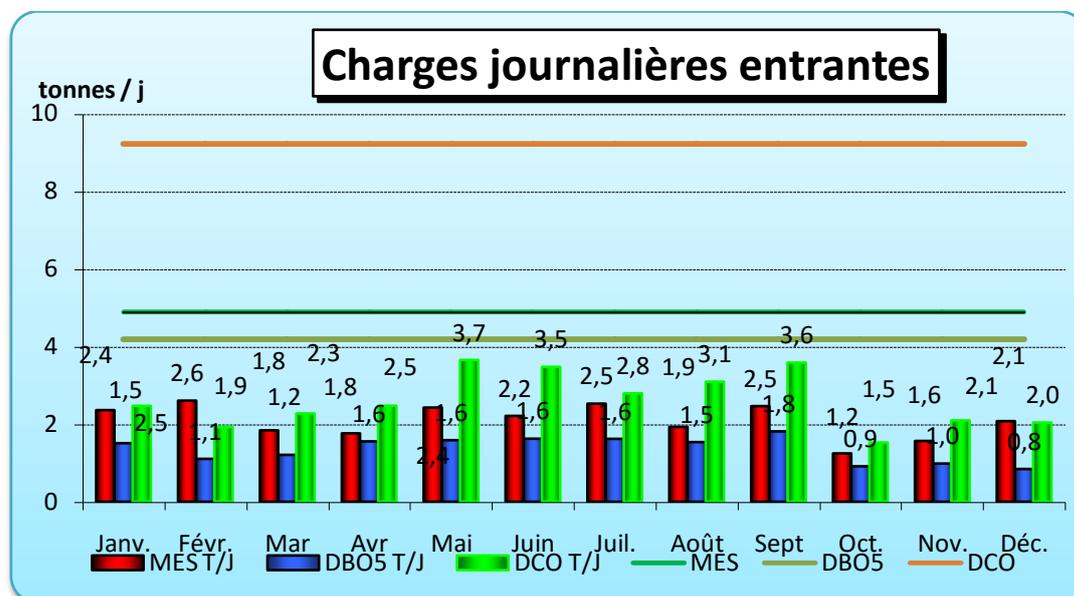


Figure II-1 : Les charges journalières entrantes.

❖ Conformité de rejet pour les paramètres de rejet (DBO, DCO et MES) :

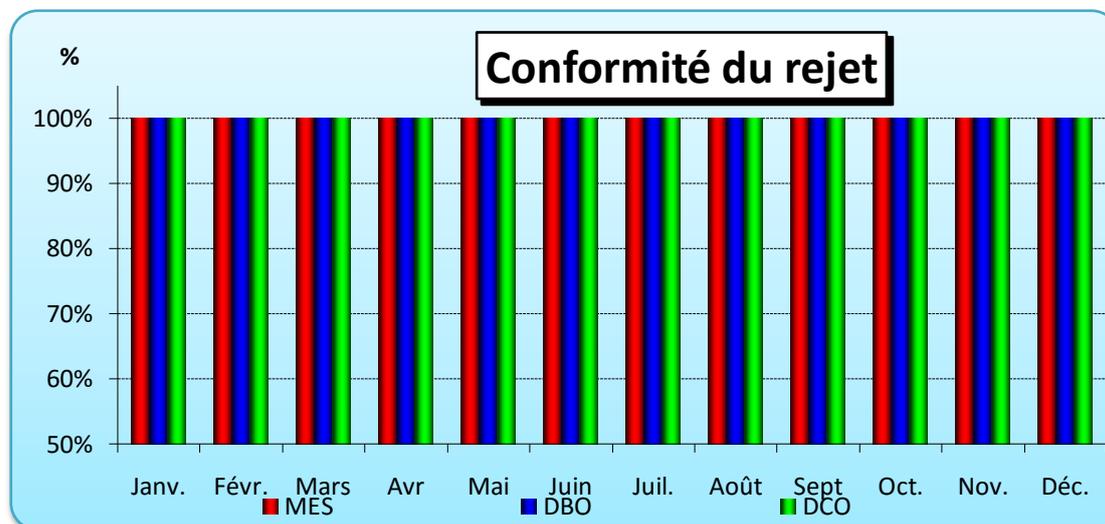


Figure II-2 : Conformité du rejet.

Commentaires: Aucun dépassement n'est enregistré pour les paramètres de rejet

❖ La consommation en polymère pour déshydratation des boues :

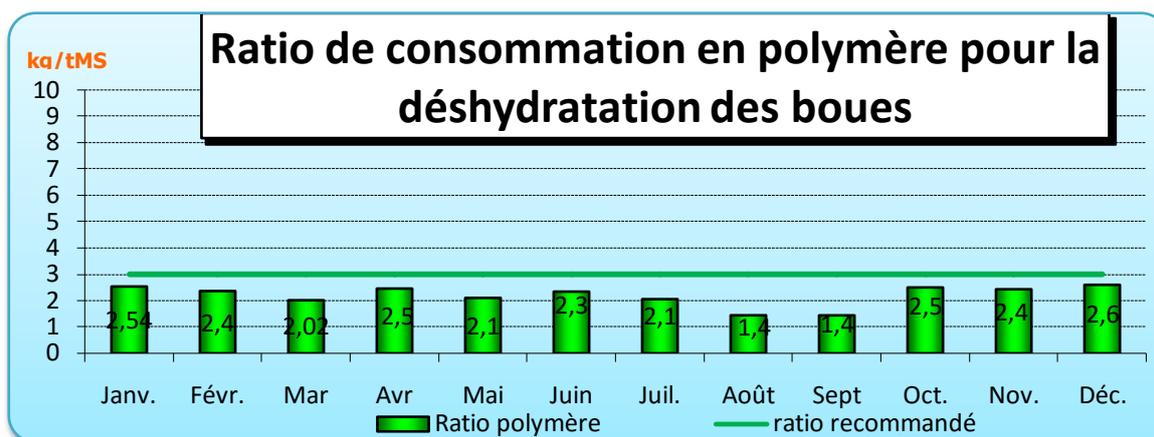


Figure II-3 : Ration de consommation en polymère pour la déshydratation des boues.

Commentaires:

Le ratio de consommation en polymère par rapport à la déshydratation des boues est inférieur au seuil maximum recommandé.

❖ Production de boues humides & siccité :

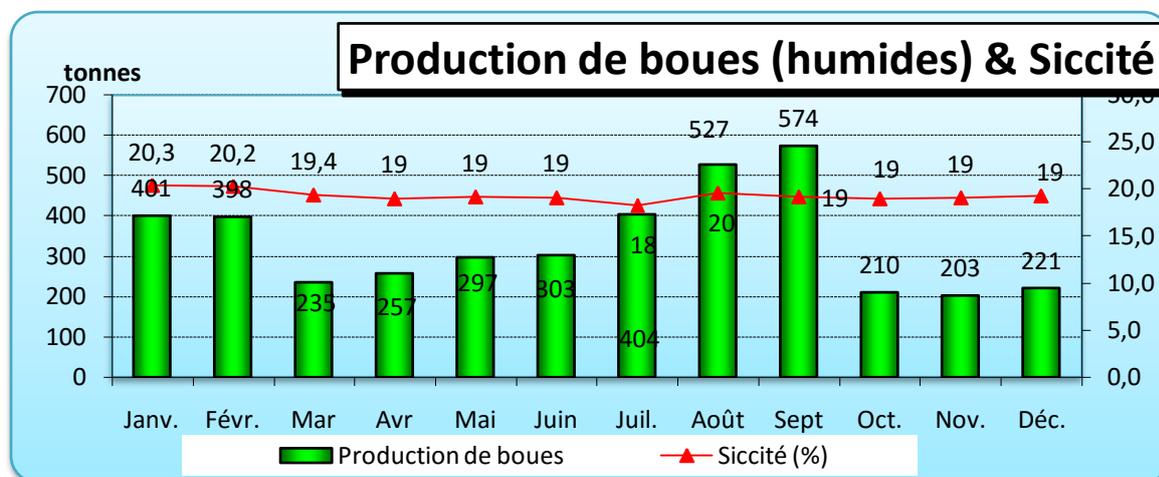


Figure II-4 : Production des boues (humides) & Siccité.

Commentaires :

- La production de boue humide reste stable et proportionnelle à la charge reçue.
- La siccité des boues déshydratées est stable.

❖ Les Rendements :

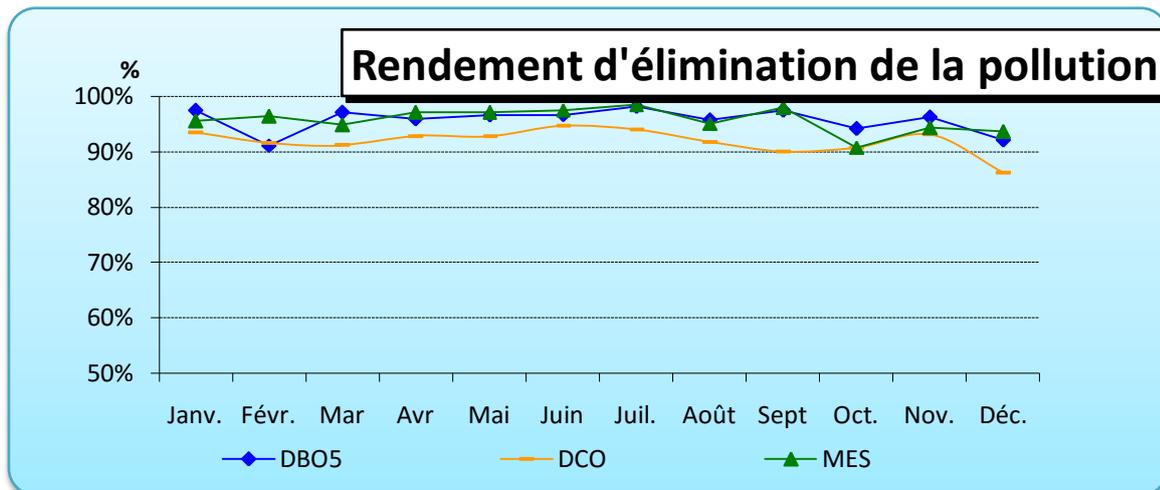


Figure II-5 : Rendement d'élimination de la pollution.

Commentaires: Les rendements d'élimination des paramètres DBO5, DCO et MES sont satisfaisants.

II.2 Caractérisation des boues :

II.2.1 Origine des boues :

a. Les boues primaires :

Ceux sont des dépôts qui proviennent du traitement primaire des eaux usées, elles sont obtenues au niveau de décanteur primaire par simple décantation des matières en suspension (MES) contenue dans les eaux usées.

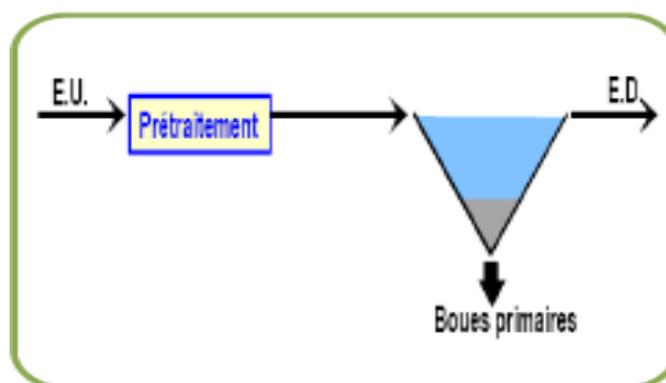


Figure II-6: les boues primaires.

b. Les boues physico-chimiques :

Proviennent de la décantation après traitement avec des réactifs chimiques (agents flocculant). Sont produites par l'ajout d'un réactif injecté soit en tête de traitement, soit en

traitement tertiaire, on retrouve généralement dans ces boues des hydroxydes, voire d'autres métaux dans le cas des industries de traitement de surface. Ces boues peuvent donc présenter certaine similitude avec des boues d'eau potable.

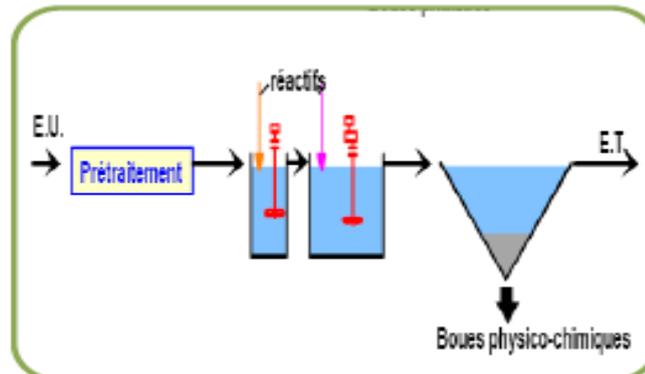


Figure II-7:les boues physico-chimiques

c. Les boues biologiques :

Proviennent d'une épuration biologique des eaux usées, composées d'agrégats de micro floccs bactériens.

Elles sont issues des purges en sortie des bassins d'aération et sont également appelées boues activées en excès. On distingue aussi :

- **les boues mixtes** : C'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires. Ce mélange est généralement réalisé avant la stabilisation des boues.
- **les boues d'aération prolongée** : Ces boues existent au niveau de STEP sans décantation primaire. Elles sont moins organiques et donc produisent moins de nuisances ultérieures

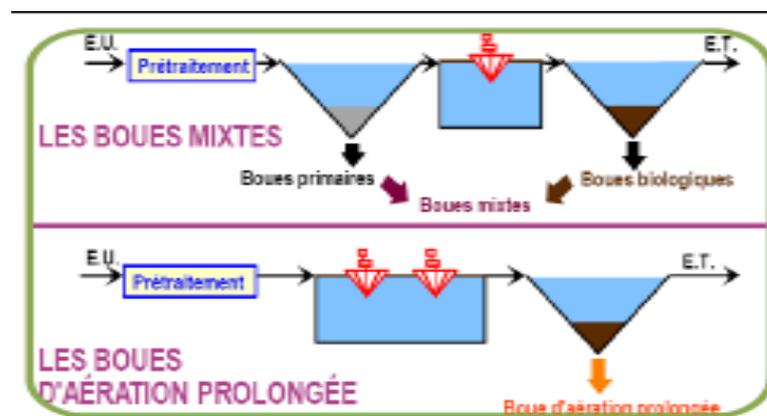


Figure II-8:les boues biologiques.

II.2.2 Les phases de traitement des boues :

a. L'épaississement :

C'est la première étape de traitement des boues, c'est un procédé simple ne consomme pas l'énergie consiste à réduire le volume à transférer sur la filière et permet d'obtenir une boue dont la concentration varie de 15 à 100 g/l. (Jardi, 2002). Est réalisé en fonction des forces mécanique par différentes méthodes :

Flottation : Des bulles d'air fines assurent la remontations des boues en surface.

Par égouttage : Sur une membrane filtrante des boues floculée et épaissées.

Par centrifugation : La boue floculée et épaissée sous l'effet de force centrifuge.

Par drainage : La boue, préalablement floculée par traitement physico-chimique, est épandue sur un support filtrant qui est raclé en permanence par des lames en caoutchouc. (Belghaouti, 2012).

➤ Epaississement gravitaire :

Ci-dessus, le schéma simplifié d'un épaississeur gravitaire. C'est le procédé d'épaississement le moins coûteux, donc souvent utilisé dans les petites stations (inférieures à 2000 EH). L'eau surnageant est récupérée et réacheminée en tête de station. Les boues obtenues sont épaissies avec un facteur de concentration de 2 à 8 fois, correspondant généralement à une siccité maximale de 3 à 3.5%. Les conditions préconisées pour le bon fonctionnement d'un épaississeur sont :

- boues d'alimentation peu concentrées (<15g/L)
- temps de séjour relativement court, idéal 24h, maximum 48h.
- une alimentation proche du continu, en moyenne 0.5m/h.

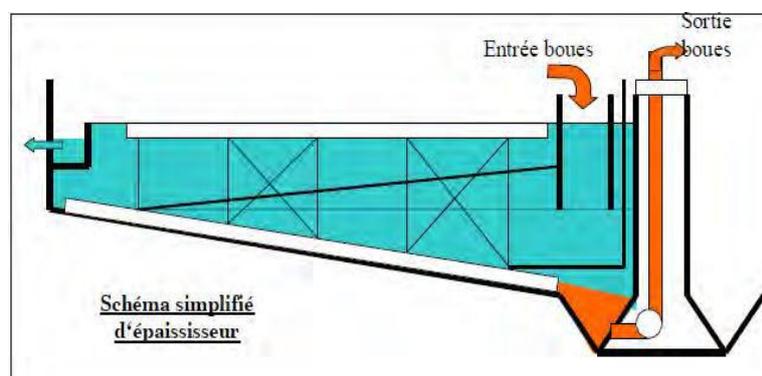


Figure II-9 : Schéma d'un épaississeur circulaire.

➤ **Epaississement dynamique:**

Les procédés d'épaississement dynamique ou mécanique sont composés de diverses techniques:

- flottation et centrifugation généralement utilisées pour les installations de moyenne à grosse importance ;

- égouttage, utilisé pour des petites STEP, souvent avec des boues biologiques d'aération prolongée.

L'égouttage permet une réduction du volume de boues de l'ordre de 6 à 7, soit une siccité de l'ordre de 5-8%. Cette technique utilise environ 5kg de polymère / Tonne Matière Sèche et une consommation électrique d'environ 30 à 60 kWh/ T Matière Sèche.

Tableau II-6 : Performances et consommation en énergie des différentes techniques d'épaississement. (Amorce, 2012).

Type d'épaississement	Énergie (kWh/t MS)	Conditionnement	Siccité (%)
Décantation	10 à 20	/	1,5 à 2,5
Flottation	60 à 100	/	3,5 à 5
Centrifugation	150 à 300	Polymère (5kg/tMS)	4 à 6
Drainage	30 à 60	Polymère (1,5kg/tMS)	4,5 à 6

b. La déshydratation :

S'est la deuxième étape de diminution de volume des boues sur les boues épaissées, la déshydratation assure l'augmentation de la siccité (30 à 40 % de la matière sèche), et modifier l'état physique des boues, passent de l'état liquide à l'état solide. La déshydratation a pour but d'éliminer le maximum de l'eau résiduelle. (Belghaoui, 2012). Les techniques de déshydratation sont :

* Déshydratation mécaniques : On distingue deux modes de déshydratation mécanique :

- La déshydratation sur décanteuse centrifuge

- La déshydratation par filtration : Il existe deux techniques : Sur filtre à bande, Sur filtre à plateau. (Amorce, 2012).

➤ **La centrifugeuse:**

La centrifugeuse est le matériel qui a le plus évolué ces dernières années, ce qui lui a permis de se rapprocher et parfois d'égaliser les performances des filtres presses.

Chapitre II : caractérisation des eaux usées et des boues

Il s'agit d'une séparation des phases liquide et solide, du fait de leur densité, par accélération centrifuge dans un bol dans lequel tourne une vis. Cette vis racle et évacue la phase solide. En général, la conception de la vis est adaptée à un type de boue précis. La compacité de cette technologie permet de développer des unités mobiles de déshydratation, ce qui assure une certaine flexibilité du procédé.

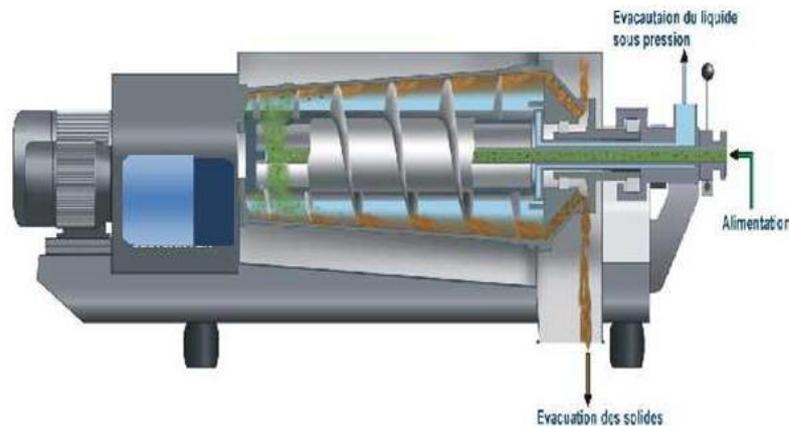


Figure II-10 Schéma de fonctionnement de la chanteuse centrifuge.

Elle présente de nombreux avantages par rapport au filtre-presse

➤ elle est adaptable aux boues difficiles à traiter : pour les boues urbaines huileuses, la séparation des insolubles est quasi totale,

- la déshydratation peut fonctionner en continu,
- l'automatisation du procédé est totale,
- le procédé est fermé, plus compact qu'un filtre-presse.

➤ **Les filtres-presses:**

Le filtre-presse (Figure II.11) est une technique de déshydratation qui consiste à exercer mécaniquement une forte pression sur la boue. Cette dernière libère l'eau interstitielle au travers d'un filtre. Il se forme alors, avec les solides retenus, un « gâteau » plus ou moins sec.



Figure II-11 Exemple de filtre – presse. (Warco Canada)

Des réactifs de coagulation / floculation sont utilisés, leur fonction principale étant d'augmenter l'agglomération des particules. Cela permet de faciliter la filtration de ces particules.

Cette technique est très intéressante car elle s'adapte au type de boues traitées (nombre de cycles par jour, choix des polymères, taille de la maille, point d'injection, méthode de mélange. De plus, les filtres presses, ayant diminué de volume, ont pu s'intégrer à des petites stations.

c. Le séchage :

Le séchage éliminer une grande partie ou en totalité de l'eau par l'évaporation, soit par voie naturelle (lits de séchage), Pendant la phase de séchage, les boues présentent un comportement plastique et collant pour des taux de matière sèche d'environ 50% ce qui implique certains aménagements des techniques et des matériels. Soit par voie thermique. Plusieurs techniques de séchage sont envisageables :

- Lit de séchage
 - Séchage solaire
 - Lit de sable
 - Lagune de séchage
 - Lit planté des macrophytes.
- Séchage thermique
 - Séchage direct
 - Séchage indirect

Le séchage thermique vient obligatoirement après une étape de déshydratation mécanique. (Amorce, 2012).

➤ **Lit de séchage:**

Le principe du lit de séchage est d'épandre des boues liquides sur une grande surface avec un lit constitué de graviers et de sable. Il se pratique soit à l'air libre soit en bâtiment fermé avec une ventilation mécanique. Cette technique présente l'inconvénient d'être tributaire du climat, les temps de séchage sont relativement longs et les coûts de main d'œuvre élevés. Elle ne peut s'adapter qu'aux grandes stations en raison des surfaces nécessaires. (Amorce, 2012)



Figure II-12 Lits de séchage.

➤ **Séchage solaire :**

La profondeur de boue lors du remplissage peut varier de 10cm à 50cm selon la nature des boues. Ce lit de séchage se trouve sous serre (Figure II-13), ce qui permet de garder la chaleur, d'avoir une température de l'air et des boues plus élevée, mais également d'accélérer le séchage par les rayons du soleil. Afin de diminuer le temps de séjour des boues et d'augmenter la siccité, des ventilateurs sont souvent installés dans les serres. De plus, le dimensionnement du lit doit prendre en compte le climat, le bilan hydrique et la siccité des boues en entrée. (Amorce, 2012)

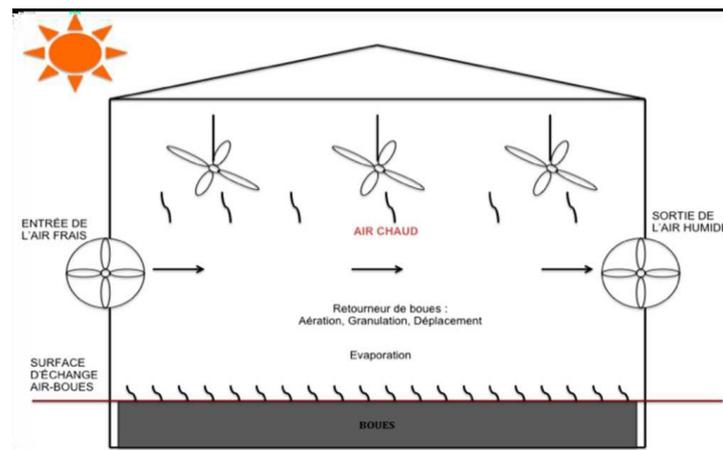


Figure II-13 Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire.

Cette technique est très avantageuse car elle utilise une source d'énergie renouvelable, le soleil. Les boues séchées par cette technique, ayant une siccité élevée entre 60 et 80%, peuvent être acceptées par diverses filières de valorisation énergétique ou d'élimination. De plus, les boues sont hygiénisées par la chaleur.

Cependant, cette technique a également des limites : sa performance dépend beaucoup du climat, la production d'odeur n'est pas négligeable et elle demande une surface d'implantation importante.

➤ Lit de sable:

Ce procédé est basé sur la simple propriété filtrante des sables. Pour éviter toute contamination des sols, le lieu et les modalités d'épandage des boues sur ces lits font l'objet d'une surveillance rigoureuse. Le procédé consiste à épandre les boues (d'environ 30cm d'épaisseur) sur un lit de sable (étalé sur des couches de granulométrie plus importante comportant un réseau de drainage) (Figure II-14) pour permettre l'absorption de l'eau interstitielle par le sable. Ensuite intervient une évaporation qui augmente la siccité des boues, jusqu'à 60% dans les conditions les plus favorables. (Amorce, 2012)

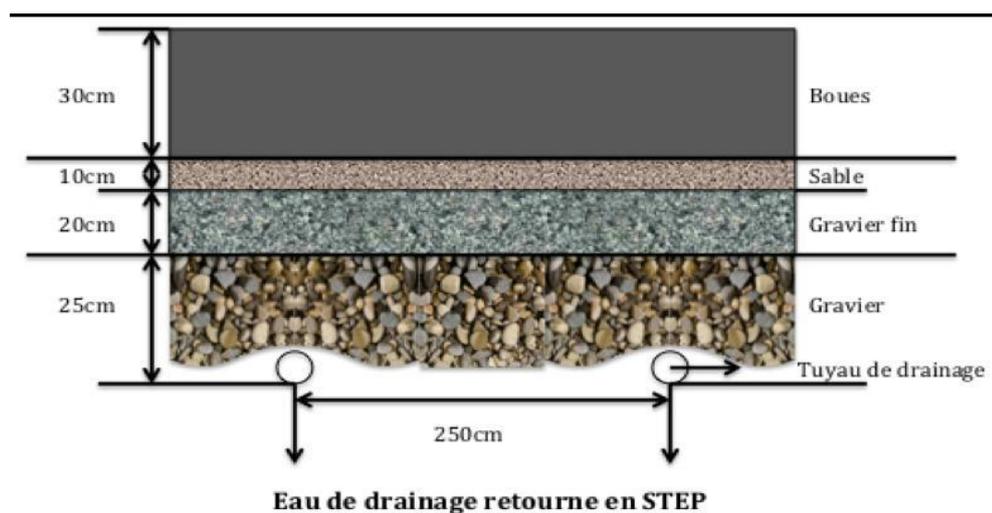


Figure II-14 Schéma de la composition principale du lit de sable.

➤ Séchage thermique:

Ce type de séchage repose sur deux méthodes:

➤ le **séchage direct**, c'est à dire que les boues sont au contact de la source chaude et que l'air est injecté directement pour permettre leur combustion. Il nécessite ensuite un traitement spécifique de cet air, chargé en polluants de toutes sortes. Les sècheurs directs ne peuvent généralement pas produire des boues de siccité supérieure à 70 % à cause de risques d'inflammation ou d'explosion. (Petit, 2007)

➤ le **séchage indirect**, qui est un séchage total. Les boues sont chauffées par un fluide caloporteur circulant dans des tuyaux parfaitement isolés. Les sècheurs indirects peuvent former, sans aucun danger, des boues de siccité supérieure à 90 % et parfois même à 95%. Tous les types de sècheurs nécessitent, néanmoins, une surveillance attentive continue par un personnel qualifié, du fait du risque d'endommagement des installations, causé par le durcissement des boues de siccité supérieure à 60%. (Petit, 2007)

II.2.3 Les traitements d'hygiénisation :

On peut définir l'hygiénisation comme un "traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes présents dans les boues". L'hygiénisation des boues ne s'impose que dans certains contextes d'utilisation agricole ; la plupart des boues épandues ne sont pas hygiénisées, la maîtrise du risque sanitaire reposant de façon satisfaisante sur l'application de règles de bonnes pratiques (Derouiche, 2011).

Après avoir subi les différents traitements, les boues doivent être éliminées pour ne pas causer un danger à l'environnement. Il existe trois grandes voies principales d'élimination:

- L'épandage ;
- L'incinération ;
- La mise en décharge (Bodet, 2001).

II.2.4 Les différentes formes de valorisation des boues :

Les boues produites Par les STEP, sont le produit final de chaque cycle d'épuration. Ces boues doivent être enlevées des bassins afin de permettre la réalisation de nouveaux cycles d'épuration.

Aussi, pour les STEP la question centrale est de trouver le moyen de les enlever et pour cela de leur trouver une utilisation (Belaid, 2015). Il existe deux voies principales d'élimination et/ou de valorisation des boues :

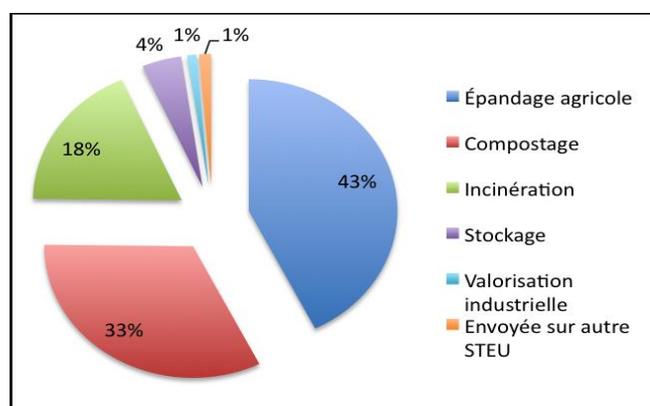


Figure II-15 Techniques de traitement des boues en France en 2010. (Amorce, 2012).

a. Valorisation organique :

La valorisation agricole c'est la voie principale d'élimination des boues des STEP (47% de tonnage annuelle épandu et 26% composté). La valorisation agricole des boues peut se faire de plusieurs façons : épandage de boues liquides, pâteuses, séchées ou encore compostées. (Amorce, 2012)

➤ Epandage des boues :

D'après la directive européenne du 12 Juin 1986 transposée dans le code de l'environnement (articles R211-25 à R 211-47), les boues ont le statut de déchets avant celui de fertilisants potentiels.

L'épandage vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges. Les boues résiduelles peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux (Amir, 2005).

Chapitre II : caractérisation des eaux usées et des boues

L'épandage se fait sur des terres agricoles et représente 55 à 65% du tonnage des boues. Il s'agit de la voie privilégiée et la plus satisfaisante pour le recyclage des boues d'épuration depuis 1975 (Jardi, 2002). Malgré les coûts croissants de traitement des boues nécessaires à une valorisation agricole, l'épandage reste la filière la plus économe. Avant d'être épandues, les boues peuvent avoir subi un ou plusieurs traitements :

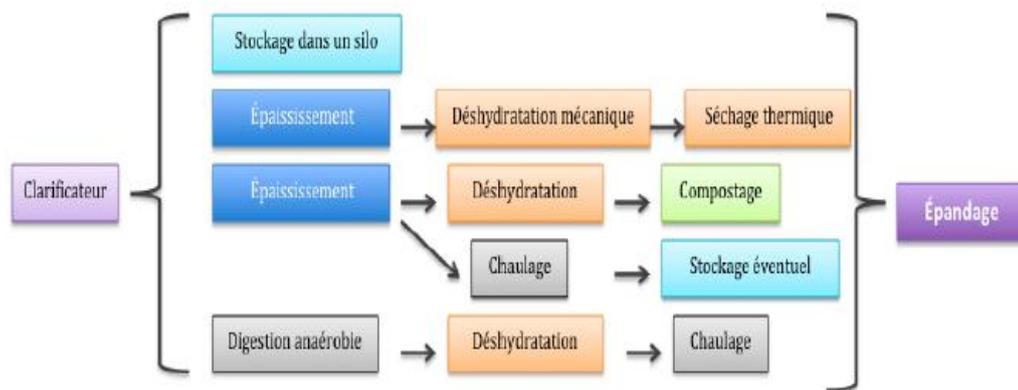


Figure II-16 : Différentes étapes de traitement des boues avant épandage. (Amorce, 2012).

Les boues traitées en vue d'un épandage peuvent être :

- Boues liquides : siccité 2-5%, produites par les petites stations (< 2000EH), elles ont subi un épaississement ou un stockage en silo.
- Boues pâteuses : siccité 15-25%, issues de la digestion biologique, correspondent à des STEP de taille moyenne (65 000-20 000 EH). Elles ont subi une déshydratation sur filtre à bande ou une centrifugation.
- Boues chaulées : siccité 25-30%, ce type de boues peut être pâteux ou solide, produit par des STEP de taille moyenne à grande (20 000-100 000 EH). Elles sont issues d'un chaulage après une déshydratation.
- Boues compostées : siccité 35-70%, issues d'un compostage des boues déshydratées.
- Boues de lagunage : siccité de 10-20%, elles correspondent à une catégorie particulière de boues liquides traitées de façon extensive par des macrophytes.
- Boues solides : résultent d'un traitement par filtre presse ou d'un séchage thermique. Elles sont produites surtout par des grandes STEP (coût de production assez important).



Figure II-17 : Épandage agricole. (Amorce, 2012).

➤ **Valorisation sous forme de compost :**

Le compostage c'est un procédé de stabilisation de la matière organique produisant un compost aux mêmes contraintes réglementaire que l'épandage agricole. Les déchets de STEP ne sont pas compostables seules il faut mélanger avec des déchets verts qui assurent l'aération de substrat, afin d'obtenir un produit final de bonne qualité.

Ce procédé nécessite des garanties quant à la qualité et à la quantité des deux flux (déchets verts et boues) afin d'assurer un mélange homogène dans la durée. (Bermejo, 1998)

b. Valorisation énergétique :

En 2008, environ 19% du tonnage des boues produites en France étaient valorisés par traitement thermique. Après une première déshydratation, les boues sont incinérées dans des fours spécifiques (solution dédiée) ou peuvent être mélangées avec d'autres déchets tels que des déchets ménagers et traitées dans des installations de traitement thermique de déchets non dangereux. (Amorce, 2012)

➤ **L'incinération :**

L'incinération est un procédé de destruction et de minéralisation des boues par oxydation thermique. Elle représente 15% à 20% du tonnage des boues (Jardi, 2002). Elle peut se réaliser dans un four spécifiquement dédié à la combustion des boues ou en Co-incinération dans une usine d'incinération des ordures ménagères. Dans tous les cas, un traitement des fumées est nécessaire. La boue subit une combustion totale à une température de l'ordre de 900°C et avec un temps de séjour de quelques secondes (Renou, 2006).

L'incinération génère des sous-produits: des fumées qui sont traitées avant d'être renvoyées à l'atmosphère, des cendres constituées de la matière minérale de la boue, des résidus d'épuration des fumées où sont piégés les polluants dangereux grâce au traitement des gaz de combustion. L'incinération présente plusieurs intérêts : destruction de la boue,

réduction du volume de déchets, hygiénisation totale de la boue et valorisation possible de la chaleur des fumées en chaleur et/ou en électricité (Renou, 2006)

II.3 Propriétés des boues :

Il s'agit de caractéristiques générales reliées à chacune des deux phases constitutives, la phase liquide et la phase solide.

➤ **Caractéristiques de la phase solide :**

- Concentration en matières sèches (MS) de la boue obtenue par séchage à 105 °C d'un échantillon de boue ensuite pesé.
- Teneur en matière volatiles (MV) (matière organique) qui se détermine par calcination à 600 °C d'un échantillon de boue préalablement séché à 105 °C.
- Teneur en matières minérales (MM) qui se calcule à partir de la précédente :
- Composition élémentaire pondérale. Sa détermination est longue et délicate. Aussi on se contente généralement du but recherché (par exemple valorisation agricole), notamment la recherche d'éléments intéressants (carbone, azote et phosphore), ou gênants (éléments métalliques potentiellement toxique, composés organiques tels que pesticides, détergents...). (ADE20).

$$\text{MM (en \%)} = 100 - \text{MV.} \quad \text{II-1 .}$$

Pour l'expression des concentrations de boues, à partir d'un certain seuil, la concentration devient aléatoire on préfère parler de siccité qui est la quantité en poids, de matières sèches, contenue dans un poids totale de boue ; siccité= %MS dans la boue brute.

L'humidité est complément de la siccité, soit % MS + % H₂O= boue brute (Koller, 2004).

➤ **Caractéristiques de la phase liquide :**

La composition du liquide interstitiel peut influencer grandement sur le comportement de la boue (stabilité) tout en entrant en ligne de compte dans l'évaluation des risques potentiels présentés en cas de mise en décharge ou d'épandage des boues (pollution des eaux souterraines). Il est donc intéressant de mesurer :

- Le Ph, la salinité et l'alcalinité ;
- La teneur en acides volatils (composés intermédiaires d'une dégradation anaérobie des matières organiques) ;
- Les DBO5 et DCO, grandeurs permettant l'appréciation de la pollution organique ;
- Certains composés comme les sulfures (indice d'un milieu réducteur) (Koller, 2004).

II.3.1 Caractéristiques physico-chimiques des boues :

Il s'agit des caractéristiques générales de la partie solide et de la partie liquide d'une boue.

✓ La phase solide :

- ❖ La concentration en matières sèches (MS) en $g \cdot l^{-1}$.
- ❖ La teneur en matières volatiles (MV) en % des MS.
- ❖ La teneur en matières minérales (MM) en % des MS.

✓ La phase liquide :

Il est intéressant de mesurer:

- ❖ Le PH, l'alcalinité.
- ❖ La DCO et la DBO₅ pour apprécier la pollution organique.

a. Les Matières Solide (MS) :

Dans les boues, les quantités de matières solides sont mesurées selon deux méthodes permettant d'évaluer la proportion de matières volatiles. Si l'échantillon est chauffé à 550 °C, on vaporisera les matières volatiles, alors que s'il est chauffé à 103 °C, on conservera la totalité des matières solides. Si les boues subissent une filtration mécanique préalablement au chauffage, les matières solides restantes porteront l'appellation de solides dissous ou de matières solides en suspension (MES). Ainsi, on peut établir les relations suivantes pour caractériser les matières solides dans les boues: (Koller, 2004)

$$MST = MVT + MSR \quad \text{II-2}$$

$$MES = MST - MSD \quad \text{II-3}$$

D'où :

MST = Matière solide totale.

MVT = Matière volatile totale (matière vaporisée entre 103 et 550 °C).

MSR = Matière solide résiduelle (matière solide restante après combustion à 550 °C).

MES = Matière solide en suspension (obtenue par rétention mécanique).

MSD = Matière solide dissoute totale (matière solide traversant le filtre).

b. Les matières volatiles (MV) :

Elles représentent la fraction organique des matières sèches et sont obtenus par calcination de ces matières sèches à 525 °C pendant 2 h, la différence de poids entre les

matières sèches à 105 °C et les matières sèches à 525 °C donne la (perte au feu) et correspondant à la teneur en matières volatiles sèches en (mg /l) d'une eau .Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche (%MS).

c. Les matières minérales (MM):

Elle représente le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son (extrait sec) constitue à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proposition de matière organiques consommatrices d'oxygène. (Koller, 2004)

d. Le PH :

Le potentiel d'hydrogène (pH) est la mesure de la concentration en protons d'hydrogène présente dans la solution et se calcule selon l'équation suivante :

$$pH = -10\log_{10}[H +] \quad II.4$$

Le pH mesuré directement par appareil en trempant une électrode dans les boues. La conductivité électrique est l'habileté d'une solution à conduire le courant électrique et se mesure en siemens par mètre. La conductivité électrique est notamment employée comme indicateur du taux de solides dissous dans l'eau (Tchobanoglous, et al., 2003) :

e. La Conductivité :

La conductivité électrique est l'habileté d'une solution à conduire le courant électrique et se mesure en siemens par mètre. La conductivité électrique est notamment employée comme indicateur du taux de solides dissous dans l'eau (bon indicateur de la concentration des sels solubles dans l'échantillon). (Dusza, et al., 2009).

$$MSD = CE \times (0.55 - 0.7) \quad \text{Erreur ! Signet non défini. II-4}$$

MSD = Matières solides dissoutes (mg/l).

CE= Conductivité électrique (S/m).

f. La siccité :

Les boues sont constituées d'eau et de matière sèche. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90%.

- Boues liquide : siccité de 0-10%.
- Boues pâteuses : siccité de 10 -25%.
- Boues solides : siccité de 25 -85%.
- Boues sèches : siccité supérieure à 85%. (Gaid, 1984)

g. Indice de boue :

L'indice de boue est défini à partir de tests de décantation permettant d'obtenir des volumes de boues compris entre 100 et 250 ml. Si:

IB < 100 : correspondent à des boues qui sédimentent facilement.

100 < IB < 200 : décantation difficile (quelques filament).

IB > 200 : mauvaise décantation (boue riche en filament). (Gaid, 1984)

h. Volume de décantation :

Le volume décanté pendant 30 min, doit impérativement être inférieur à 300 ml, au-delà, y' a nécessité d'opérer une dilution des boues par de l'eau avant la réalisation du test. (Gaid, 1984)

i. Perte au feu :

La perte au feu des matériaux est mesurée sur des échantillons préalablement séchés (pendant 24 à 48 h à 105°C) par calcination pendant une heure à 1000°C. Aucune précaution particulière n'est prise au niveau du four servant à la calcination (balayage d'azote par exemple). Les éléments sont donc, lors de la calcination, libres de s'oxyder. (Guibelin, 1999)

j. Masse volumique apparente (ρ_a), masse volumique réelle (ρ_r) et porosité (ϵ) :

La masse volumique apparente d'un échantillon correspond à la masse volumique d'un volume de matériau pris en tas y compris tous les vides. La masse volumique apparente est calculée selon la norme NF ISO 11272 par la mesure de la masse de l'échantillon sec contenu dans une éprouvette de 500 ml. Les valeurs sont obtenues par la relation suivante :

$$\rho_a = \frac{m_r - m_0}{V} \quad \text{II-5}$$

Chapitre II : caractérisation des eaux usées et des boues

Tel que : m_0 est la masse de l'éprouvette (en g) ;

Et m_r : est la masse m_0 à laquelle s'ajoute celle de l'échantillon mis en place (introduit dans l'éprouvette) sans tassement (en g) et V est le volume de l'éprouvette (en cm^3).

La masse volumique réelle est le rapport de la masse par le volume occupé par le solide. Sa détermination se fait à l'aide un pycnomètre à eau conformément à la norme NF ISO 11508. Le principe de mesure repose sur la détermination de la différence de masse entre le volume de l'échantillon sec étudié et celui d'un fluide inerte (l'eau) dans lequel il est immergé. Un échantillon sec de masse comprise entre 10 g et 25 g est pesé et introduit dans un pycnomètre à demi plein d'eau. Le remplissage est complété avec de l'eau distillée et le pycnomètre est pesé. Enfin le pycnomètre est vidé, rempli seulement d'eau distillée puis pesé. La masse volumique réelle est exprimée par l'équation suivante :

$$\rho_r = \frac{m_{\text{éch}} \times \rho_e}{m_{\text{éch}} + m_{\text{é}} - m_1} \quad \text{II-6}$$

Où : $m_{\text{éch}}$ est la masse de l'échantillon sec (en g) ;

m_1 est la masse du pycnomètre contenant l'échantillon et l'eau distillée (en g) ;

m_2 est la masse du pycnomètre rempli d'eau uniquement ;

ρ_r : Est la masse volumique de l'eau (en g/cm^3).

La détermination des densités apparente et réelle permettent de déduire la porosité ε (en %) des échantillons étudiés selon l'équation (Chen, et al., 2013):

$$\varepsilon \% = \frac{V_p \times V_{\text{éch}}}{100} = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r} \times 100 \quad \text{II-7}$$

Avec : V_p est le volume des pores ;

$V_{\text{éch}}$ est le volume de l'échantillon.

k. L'humidité :

La teneur en humidité des boues a été calculée sur une base humide comme suit:

$$H (\%) = \frac{m_{H_2O}}{m_b} \times 100 = \frac{m_b - m_0}{m_b} \times 100 \quad \text{II-8}$$

D'où :

- m_{H_2O} = Masse de l'eau dans la boue (g).
- m_0 = Masse anhydre de 1' échantillon (g).
- m_b = Masse causée par la teneur en humidité (g).

II.3.2 Caractérisation biologique des boues :

Les boues résiduelles contiennent une grande quantité de microorganismes (virus, bactéries et parasites), ils sont éliminés de l'eau avec les boues qui décantent. La concentration de pathogènes peut être réduite significativement par les procédés de traitement des boues, comme la digestion anaérobie, aérobie et compostage. (Favreau, 2011)

a. Les bactéries :

Il existe un grand nombre des bactéries dans les boues, une partie de celle-ci est d'origine fécale et certaines sont porteuse de germe, elles peuvent donc être pathogènes.

Les classé en quatre types:

- aérobies stricte qu'elles développent qu'en présence d'air, elles sont nombreuses dans les boues activées.
- aérobie facultatives qui peut se développer en anaérobiose par consommation de l'oxygène contenue dans la matière organique (aramonaise).
- anaérobie facultatives qui peuvent supporte la présence de l'air mais ne se développent que grâce à des processus anaérobies (lactobacilles).
- anaérobies stricte dont le développent ne s'effectue qu'en anaérobiose (Clostridium). (Favreau, 2011)

b. Les virus :

Trouve des entérovirus, des adénovirus adsorbés sur la matière organique solide des boues dans une proportion non négligeable environ 30% des échantillons de boues. Leur élimination n'est pas facile à mener à bien mais selon l'utilisation ultérieure des boues, il faut s'en préoccuper. (Favreau, 2011)

c. Les parasites :

Trouve de très nombreux parasites dans les boues d'origine fécale ou tellurique. Les cas les plus fréquents sont les œufs d'ascaris. (Baha, et al., 2014)

d. Les micropolluants

Les boues contiennent, en faible quantité de nombreux produits qui peuvent être soit toxique pour les plantes, présent des inconvénients ou même des dangers pour l'homme par l'intermédiaire des plantes. (Baha, et al., 2014)

e. Composition des matières organiques

Les boues sont constituées de matières organiques complexes non dégradées. Ces dernières sont principalement constituées de quatre grandes familles : les protéines. Les lipides, et les carbohydrates (glucose) et les acides gras [19] (Favreau, 2011).

f. Composition des matières minérales

Il s'agit essentiellement de ce qui nomme des métaux lourds, qui ont été très largement étudié en laboratoire et sur le terrain pour leur rôle dans le développement des cultures irriguées par des boues liquides ou solide. (Belaid, 2015)

II.3.3 Caractérisation rhéologique des boues :

I.3.3.1 Définition :

La rhéologie (rheo=couler et logos=étude). Il existe des méthodes très diverses pour caractériser les propriétés rhéologiques de matériau. Le principe de base de toutes les méthodes est de mesurer l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation ou l'inverse. Le choix de la méthode de caractérisation est généralement basé sur l'état physique du matériau à étudier.

Pour chaque type de boues, la teneur en solide est sa principale caractéristique. La caractérisation rhéologique s'effectue donc, dans un premier temps, en fonction de la siccité. En effet, pour une boue de mêmes composition et texture, la siccité est le seul facteur intrinsèque qui détermine ses propriétés rhéologiques : l'élasticité, la viscosité, le seuil de contrainte, les indices de consistance et de coulabilité du matériau. (Pauline, 2011)

I.3.3.2 Principe de la rhéologie :

a. Mesure en contrainte tangentielle – cisaillement :

Les rhéomètres rotatifs sont des appareils spécialement conçus pour mesurer la viscosité d'un milieu. Le principe des rhéomètres rotatifs consiste à réaliser le cisaillement entre deux surfaces solides, Figure dont l'une est immobile (parties noires) et l'autre en rotation (parties raillées). (Chhabra, et al., 2011).

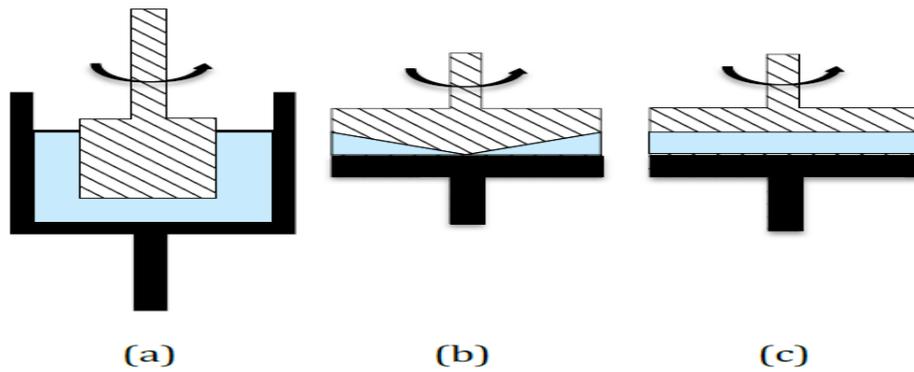


Figure II-18: Géométries des rhéomètres rotatifs : (a) cylindre-cylindre (cylindres coaxiaux) ; (b) cône - plateau ; (c) plateau-plateau [5]

Un rhéomètre est constitué d'un axe de rotation lié à un moteur qui peut être soit à vitesse imposée, soit à un couple imposé et d'une cellule de mesure. La cellule est composée d'une partie fixe (stator) et d'une partie mobile (rotor). Le fluide à étudier est confiné entre le rotor et le stator dans une zone appelés entrefer. Les écoulements sont bien définis, utilisant généralement les géométries de cylindres coaxiaux ou cellule de couette, plan-plan ou plan cône.

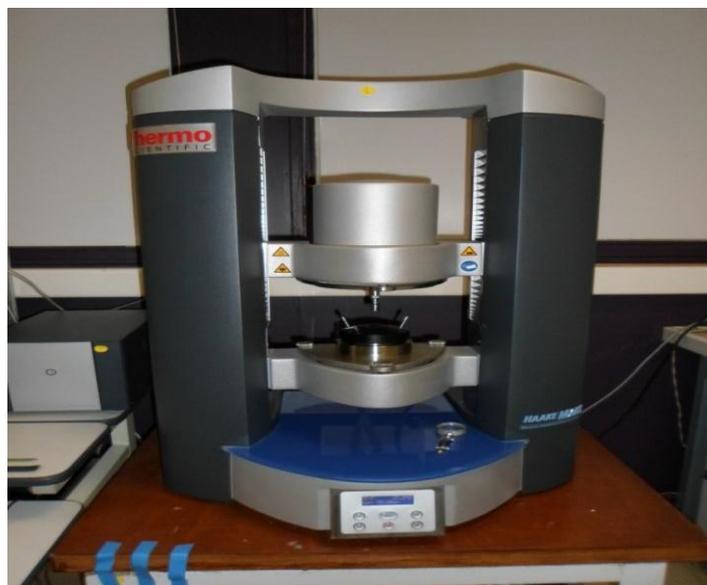


Figure II-19: Rhéomètre HAAKE MARS. Laboratoire Rhéologie et Procédés (Grenoble, France)

b. Déformation et vitesse de cisaillement :

Ces deux grandeurs constituent les grandeurs cinématiques fondamentales en rhéologie. La définition de la déformation de cisaillement est présentée dans le cas particulier le plus simple d'un mouvement de cisaillement présentant une symétrie plane. Le matériau est cisailé entre deux plans parallèles, l'un mobile et l'autre immobile. (Audrey, 2006)

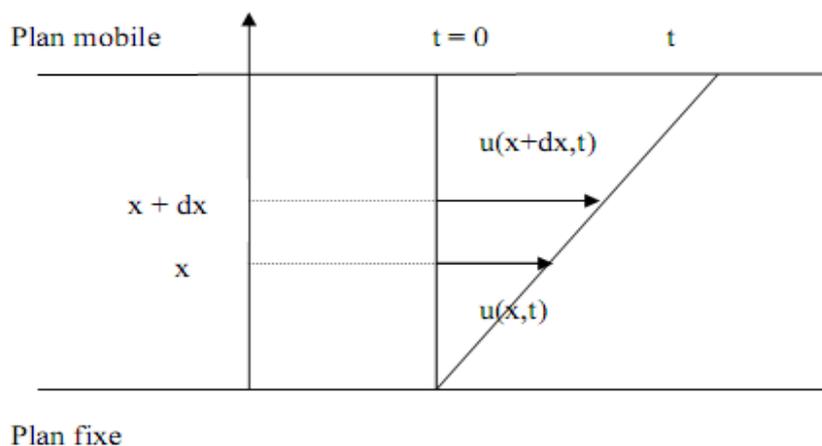


Figure II-20 Mouvement laminaire de cisaillement entre deux plans parallèles.
(Tixier, 2003)

La détermination de ces paramètres permet entre autre d'obtenir la viscosité du fluide étudié (dans le cas des fluides newtoniens), grandeur suffisant bien souvent à caractériser de manière précise le comportement rhéologique du matériau étudié. La viscosité s'exprime en Pa.s, elle est notée μ . Le tableau 1 donne des valeurs de viscosité de substances usuelles à température ambiante. (Coussot, et al., 2001) (Tixier, 2003).

c. La viscosité :

Les boues ne sont pas des liquides newtonien, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, cette viscosité permet de définir leur caractères thixotropes qui est important pour leur transport.

La détermination de ces deux grandeurs (τ , $\dot{\gamma}$) permet de définir la viscosité du fluide étudié. La contrainte de cisaillement augmente avec la vitesse de cisaillement. Mais le rapport entre ces deux grandeurs va dépendre des propriétés du matériau considéré, c'est la viscosité, notée μ . L'expression de μ est donnée par l'équation et caractérise la résistance à la déformation du fluide sur les forces appliquées. (Coussot, et al., 2001).

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \text{ (Pa.s)}$$

II-9

d. Mesure en contrainte normale – compression ou traction :

Les essais « homogènes » (dans lesquels les états de contraintes et de déformations sont uniformes ou quasi-uniformes) restent les principaux essais utilisés en caractérisation expérimentale du comportement rhéologique. Les essais de traction compression restent les plus courants. Ce test consiste à presser l'échantillon de forme géométrique normalisée (parallélépipédique ou cylindrique) en continu à une vitesse de compression imposée, et à noter l'évolution simultanée de la déformation et de la force exercée pour obtenir cette déformation, Figure II-21. (Audrey, 2006)

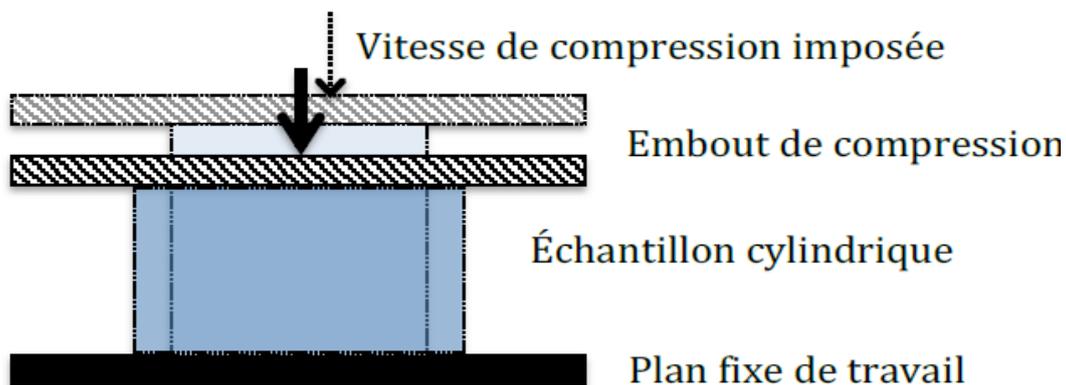


Figure II-21 Schéma de principe d'une compression uniaxiale.

II.3.4 Caractérisation minéralogique de la boue :

a. Microscopie électronique à balayage:

Les particules généralement présentes dans les eaux brutes avant l'opération de coagulation floculation, sont difficiles à décanter, leurs tailles moyennes sont de l'ordre de 10μ . Après déstabilisation de ces particules par ajout du coagulant $Al_2 SO_4$ et du floculant, les particules ont un aspect de colloïde emprisonnant de petits cristaux (Figure II-22) La granulométrie des particules, leurs surfaces spécifiques, les charges électrostatiques et les forces de capillarité qui retiennent l'eau, sont les facteurs déterminant l'aptitude d'une boue à être traitée. La mesure de la surface spécifique Blaine des boues hydroxydes étudiées dans notre cas est de l'ordre de $1450\text{ cm}^2/\text{g}$, alors que celle des argiles fines est en moyenne de l'ordre de $1000\text{ cm}^2/\text{g}$, La taille moyenne des particules déterminée ci-après est de l'ordre de 65μ , donne une idée sur la difficulté à décanter et à filtrer cette boue. (Pauline, 2011)

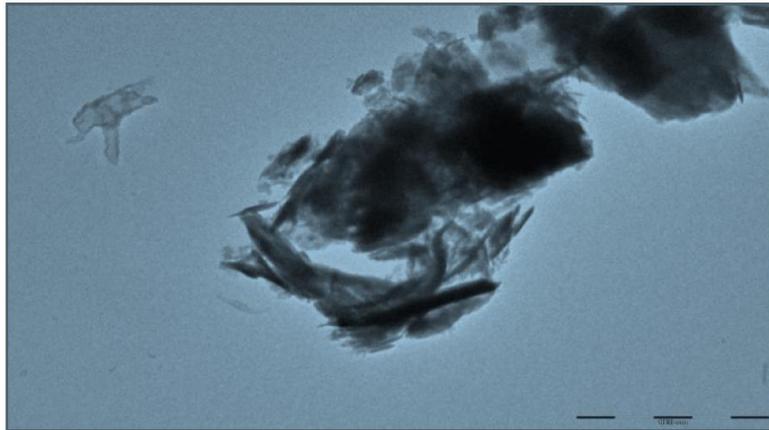


Figure II-22: Observation au MEB d'un flocc de boue hydroxyde (grossissement 2300)

b. Spectroscopie Infrarouge :

La spectroscopie Infrarouge est utilisée pour la détermination des groupements fonctionnels permettant de figurer la structure. Chaque liaison présente des vibrations caractéristiques de fréquences bien déterminées.

Dans les conditions normales de température et de pression, les atomes et les groupements fonctionnels, constituant la matière, sont animés de mouvements vibratoires pour une fréquence bien déterminée. Lorsque ces constituants sont irradiés par un rayonnement électromagnétique dont la fréquence est proche de celle de leurs vibrations propres, ils entrent en résonance, il y a alors absorption d'énergie qui s'accompagne d'une diminution de l'intensité réfléchie ou transmise. (BenoudjiT, 2015/2016)

Sous l'effet d'un rayonnement électromagnétique infrarouge, les liaisons moléculaires absorbent une partie de cette énergie et vibrent selon des mouvements de différents types (vibrations d'élongation ou de déformation). Le domaine infrarouge, dans lequel se trouvent

Les énergies de vibration des liaisons moléculaires, est divisé en trois régions:

- proche infrarouge : $\lambda = 0,8$ à $2,5$ mm (ou $\nu = 4000$ à 12500 cm^{-1}).
- moyen infrarouge : $\lambda = 2,5$ à 25 mm (ou $\nu = 400$ à 4000 cm^{-1}).
- lointain infrarouge : $\lambda = 25$ à 1000 mm (ou $\nu = 10$ à 400 cm^{-1}).

c. Diffraction des rayons X (DRX) :

La diffraction des rayons X (DRX) est une méthode universellement utilisée pour identifier la nature et la structure des produits cristallisés. La méthode consiste à envoyer sur l'échantillon solide un faisceau de rayon X de longueur d'onde λ bien définie, du même ordre de grandeur que les distances interatomiques, les rayons X sont alors diffusés par les atomes.

Si ceux-ci sont ordonnés en une structure cristalline, les rayons diffusés interfèrent et provoquent le phénomène de diffraction.

d. Analyse granulométrique :

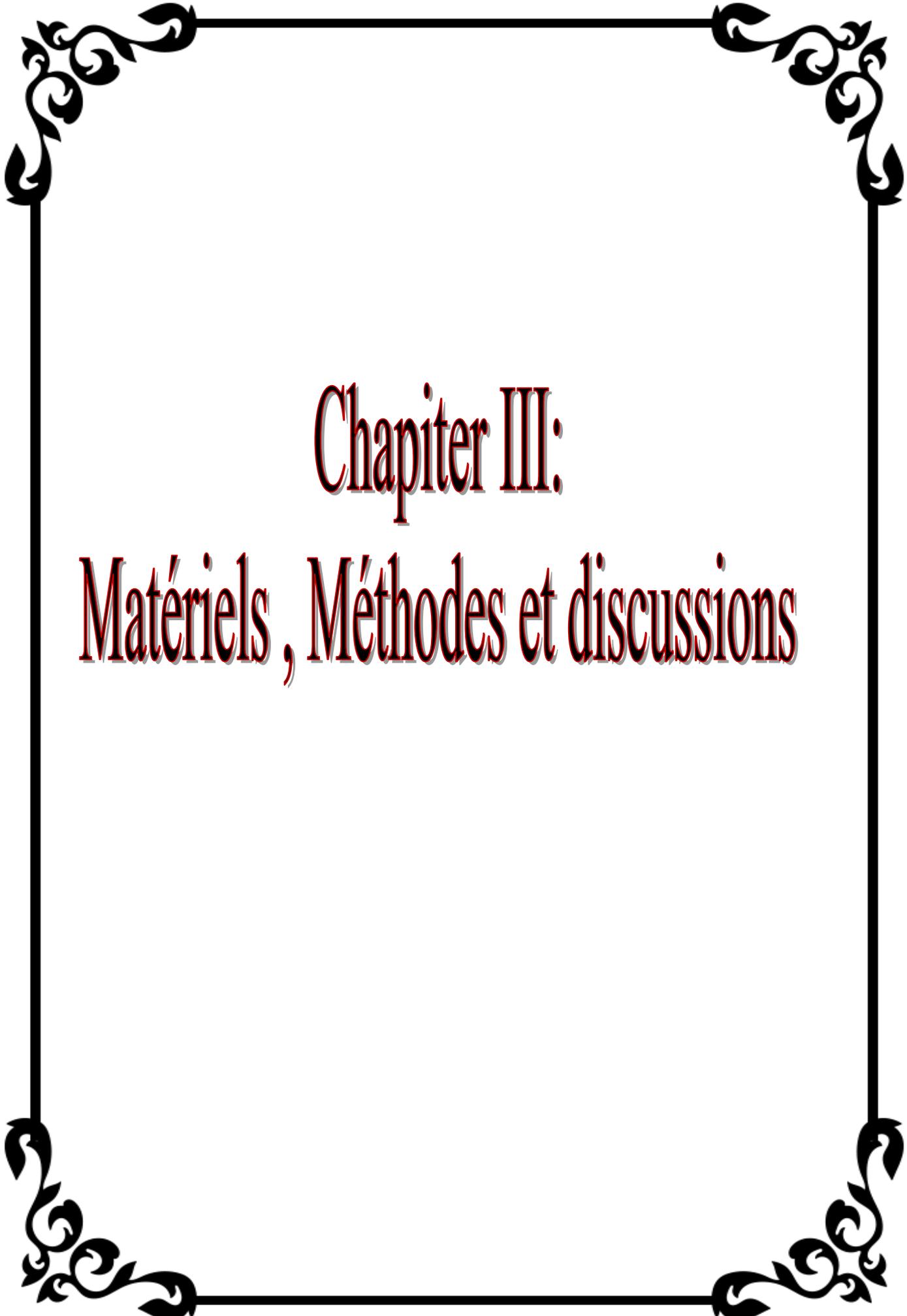
L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue. Les masses des différents refus ou celles des différents tamis sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique). (Pauline, 2011)



Figure II-23: les tamis utilisés dans l'analyse granulométrique

Conclusion

Les boues résiduairees sont des fluides de composition complexe, mélange concentré de polymères organiques et de particules colloïdales, qui fermentent au cours du stockage. La matière organique devient de plus en plus hydrophobe et s'auto-organise de manière à minimiser les contacts avec l'eau, ce qui influence quantitativement le comportement sans le modifier qualitativement.



Chapiter III:
Matériels , Méthodes et discussions

Introduction :

Comme on a mentionné au début de fonctionnement d'une STEP, qu'une eau usée ne peut pas être rejetée directement dans le milieu naturel, d'ailleurs elle doit être conforme aux règlements et aux normes, et le service qui va la contrôler et vérifier si les paramètres physico-chimiques sont dans les normes, est bien le laboratoire de la station d'épuration de Chenoua, fait la vérification et le contrôle des 03 communes : Hadjout, Koléa, Chenoua. L'échantillonnage a été effectué à l'entrée (eaux brutes) et à la sortie (eaux épurées) de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivants : le pH, la température, les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total et l'azote ammoniacal. Des autres analyses ont été également effectuées afin de contrôler les paramètres de fonctionnement du processus durant la période d'échantillonnage, dont sont : la charge massique, la charge volumique, la concentration des boues dans le bassin d'aération, l'âge des boues et le temps de séjour de l'eau dans le bassin d'aération.

III. Méthodes analytiques utilisées :

III.1 Analyses physico-chimiques :

III.1.1 La température :

a. But :

En plus du contrôle de la température du rejet de la STEP, il est aussi nécessaire de mesurer la température à laquelle certaines mesures et actions chimiques sont effectuées.

b. Principe :

La température est mesurée à l'aide de thermomètres étalonnés, il peut s'agir de thermomètre à mercure ou à alcool.

- Mesure dans l'eau : plage de 5°C à 50°C gradué en 1/10^{ème} degré.
- Mesure dans l'air : plage de 20°C à 50°C gradué en 1/12^{ème} degré.

c. Procédure expérimentale :

- On a plongé le thermomètre dans l'eau ou la boue jusqu'au niveau de lecture et laissé la température stabiliser
- Le résultat de la température de l'eau ou de la boue est indiqué à 0.5 degré près.

III.1.2 PH :

a. But :

Paramètre essentiel pour déterminer la qualité d'une eau ou d'une boue, et au laboratoire pour déterminer autre paramètre exemple (P totale). (Habila, 2008)

b. Principe :

La procédure consiste essentiellement à prendre deux bécher qui porte l'eau usée de l'entré/sortie et utilisé l'appareil, pour savoir PH et après chaque utilisation on nettoie l'appareil avec l'eau distillé.

Effectué de deux manières :

- Avec des papiers indicateurs universels (PH1-11) à 0.5 à l'unité près pour déterminer rapidement l'ordre de PH.
- Avec une PH mètre avec 0.1 ou 0.05 unité près, indépendamment de la température.

c. Matériels et réactifs :

- PH mètre avec lecture 0.1 unité.
- Un thermomètre -20°C $+50^{\circ}\text{C}$

Le PH mètre doit être étalonné selon les données des constructeur avec deux solutions tampons (PH7 et 4 ou PH7 et 9).



Figure III-1 : appareil de mesure de pH et de température.

III.1.3 La conductivité :

La conductivité électrique nous renseigne avec une bonne approximation sur la charge minérale des eaux ainsi que sur leur salinité. Elle est proportionnelle au degré de

minéralisation (teneur globale en éléments minéraux généralement ionisés) et varie en fonction de la température. (Sayad, 2008).

La même chose comme le PH-mètre sauf que cette fois c'est le Conductivité-mètre.



Figure III-2 : Conductivité-mètre.

III.1.4 Matières en suspension (MES) :

a. But :

Pour les matières en suspension, ça dépend si le liquide est chargé ou non, à l'entrée on peut remarquer par la couleur de l'eau, si il est chargé ou non. Si le liquide est chargé on doit travailler avec Centrifugeuse :



Figure III-3 : Centrifugeuse.

b. Matériel et Réactif :

- Des tares
- Unité de filtration. (Kitasato, pincettes, embut filtration).
- Filtres de micro fibre de verre.

- Dessiccateur (Thermostatschrank 105°C).
- Balance analytique.
- Pince.

c. Procédure expérimentale :

- La procédure est de prendre de chaque échantillon 50 ml, et la mettre dans cet appareil, généralement elle fait tourner d'une façon rapide le liquide après on va remarquer, formation de deux couches l'eau + boue au dessus, on élimine l'eau et on met la boue dans des tares.
- Ces tares ont été nettoyées très bien, après on les met dans le thermostatschrank (Figure III.6), ensuite on les laisse pour 2h, dès que la durée termine, on les fait sortir et les met dans un appareil (Figure III.7) pour les refroidir sans absorber l'humidité durant une heure. Puis on les pèse dans la balance électrique (Figure III.5).
- Après mettre la boue dans des tares, on met ces tares dans le thermostatschrank pendant 2h, ensuite on les retire et on les met dans l'appareil (Figure 30), pendant une heure, enfin on les tare et après ça c'est des calculs pour conclure la masse de la MES, puis on a le volume, en conséquence on aura notre concentration.
- cette explication lors d'une eau qui est chargée, et si l'eau n'est pas chargée, que faire ?

Dans ce cas on fait appel à un appareil de filtrage :



Figure III-4 : Appareil de filtrage



Figure III-5 : Balance analytique.



Figure III-6 : Thermostatschrank 105°C.



Figure III-7 : Appareil D'élimination de l'humidité

d. Calculs et résultats

$$MES (g/l) = 1000 * (PF - P0)/V (mg/l) \quad III.1$$

D'où :

- MES : matière en suspension (mg/l).
- PF : masse du filtre après séchage (mg).
- P0 : masse du filtre vide, avant filtration (mg).
- V : volume d'échantillon filtré (ml).

III.1.5 La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

a. But

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène exprimée dans les conditions de l'essai (incubation durant 5 jours à 20°C et à l'obscurité) par certaines matières présentes dans 1 litre d'eau. Notamment pour assurer leur dégradation par voie biochimique.

b. Principe :

La mesure de la DBO₅ se base en la mesure de la pression dans un système fermé où les microorganismes consomment l'oxygène dans l'échantillon et génèrent des émissions de CO₂.

Le CO₂ est absorbé avec NaOH et une pression négative est créée et mesurée directement par le transmetteur. Ce dernier transforme la valeur de pression directement à la DBO₅ (mg/l).

Avec des employés volumes d'échantillon on règle la quantité d'oxygène disponible qui peut effectuer une détermination complète de la DBO₅ a différentes concentrations et avec des différents volumes.

c. Matériels et réactifs :

- Equipe DBO système :
- Têtes mesureurs (DBO senseurs).
- Ampoules de mesure marron.
- Agitateurs magnétiques.
- Pince.
- Carcasse de gomme pour les goulots des ampoules.
- Lentilles de NaOH.
- Armoire thermostatique de température constante à 20°C.
- Récipients de plusieurs mesures.
- Eau distillée.

d. Procédure expérimentale :

- ✓ Sélectionner un volume d'échantillon correspondante à la DBO qui on espère obtenir.
- ✓ Nettoyer les ampoules et éclaircir avec de l'eau distillée, puis avec l'eau résiduaire d'échantillon.
- ✓ Ajouter une quantité de l'échantillon homogénéisée ;
- ✓ Agiter pour chaque ampoule avec un agitateur magnétique ;
- ✓ Poser sur le goulot de l'ampoule une carcasse de gomme .Dans son intérieur ajoute avec le pince des lentilles de NaOH et remplir le bouchon jusqu'à la limite sans se dépasser ;
- ✓ Les échantillons sont placés dans un incubateur durant la mesure de DBO₅. On règle l'appareil à ZERO et on met l'incubateur en marche pendant 5 jours à 20°C. Le résultat sera obtenu directement sur l'afficheur ;



Figure III-8 : flacon à DBO.



Figure III-9 : photo de DBO Mètre.

III.1.6 La demande chimique en oxygène (DCO) :

a. Le but :

L'objectif de ce protocole est de définir la procédure pour mesurer la demande chimique en oxygène (DCO).

b. Principe :

Le test consiste en une oxydation chimique de la matière organique par un oxydant fort (acide) à température élevée et par le dichromate de potasse. Les substances oxydables réagissent avec une solution d'acide sulfurique et de bichromates de potassium en présence de sulfates d'argent en tant que catalyseur.

La présence de chlorure est masquée avec le sulfate de mercure. On mesure la diminution de la coloration jaune du Cr_6^+ . Le résultat est exprimé en mg O_2/L (ppm O_2).

c. Matériels et réactifs :

- ✓ Kits mesure DCO (exemple : LCK 314 15-150 ppm/LCK 114 150-1000 ppm).
- ✓ Eau distillée (nettoyage de dissolution).
- ✓ Digesteur DRB-200.
- ✓ Spectrophotomètre DR 5000.
- ✓ Gradette support.
- ✓ Pipette graduée 2 ml.
- ✓ aspirateur pipette 2ml.

d. Procédure expérimentale :

Sélectionner le programme de la DCO.

- ✓ Préparer les cuves :

1- mélanger le contenu Kit pour avoir une solution homogène.

2- Pipeter 2 ml d'échantillon avec précaution.

- ✓ Le thermostat chauffé jusqu'à atteindre la température défini.
- ✓ Placer les cuves dans un bloc de chauffage Appareil pour chauffer dans une température 148 °C et dans une Duré de 2 heures.
- ✓ Enlever la cuve chaude et invertir avec prudence 2 fois.
- ✓ Laisser refroidir à température ambiante dans le support de cuve.
- ✓ Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer avec programme spectrophotomètre.



Figure III-10 : Photo du bloc chauffant Figure III-11 : Photo du spectrophotomètre.



Figure III-12 : Réactifs à DCO.

III.1.7 Azote ammoniacal N-NH₄ :

a. Principe :

En présence de sodium intro prussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12,6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue.

b. Matériels et réactifs :

- ✓ Kit mesure nitrite (LCK 302/303).
- ✓ Eau distillée (nettoyage ou dissolution).
- ✓ spectre DR 5000.
- ✓ Pipette graduée 2ml.
- ✓ Aspirateur pipette 2ml.

c. Procédure expérimentale :

- ✓ Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi Cap Zip détachable.
- ✓ Dévisser le Dosi Cap Zip.
- ✓ Pipeter 0,2 ml d'échantillon.
- ✓ Visser immédiatement le Dosi Cap Zip.
- ✓ Secouer énergétiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- ✓ Attendre 15 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

III.1.8 Azote totale :

a. Principe :

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrates. Les ions nitrates se réagissent dans une solution d'acides sulfurique et phosphorique avec un diméthylphénol, en formant du nétrophénol.

b. Matériels et réactifs :

- ✓ Kit mesure nitrite (LCK 228/338).
- ✓ Eau distillée (nettoyage ou dissolution).
- ✓ spectre DR 5000.
- ✓ Pipette graduée 2ml.
- ✓ Aspirateur pipette 2ml.

c. Procédure expérimentale :

- ✓ Doser dans une éprouvette de réaction sèche : 0,5 ml d'échantillon, 2 ml de solution A (LCK 238 A), une tablette B (LCK 138/238/338 B), fermer immédiatement, puis pipeter lentement 1 ml d'échantillon.
- ✓ Chauffer directement (thermostat : 60 min à 100 °C).
- ✓ Refroidir et ajouter 1 Micro CAP C.
- ✓ Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous du Micro CAP C et qu'il n'y ait aucune particule restante, refroidir et ajouter 1 Micro CAP C.
- ✓ Pipeter lentement dans le test en cuve : 0,5 ml d'échantillon désagrégée.
- ✓ Pipeter lentement 0,2 ml de solution D (LCK n138/238/338 D), fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun Dépôt ne soit observable.
- ✓ Attendre 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

III.1.10 Azote de Kjeldhal NTK:

a. But :

La méthode permet la transformation en ammoniac des composés d'origine biologique, mais non celle des composés azotés d'origine industrielle :

L'azote total correspondant à la somme des composés organiques azotés et de l'ammoniac. L'azote organique s'obtient par différence.

b. Principe :

Le terme « Azote total de Kjeldhal » fait référence à la combinaison de l'ammoniac et de l'azote organique. L'azote organique est converti en sels d'ammonium par l'action de l'acide sulfurique et du peroxyde d'hydrogène, l'ammoniac est ensuite analysé par une modification de méthode d'essai Nessler. Les résultats des tests sont mesurés à 460 nm.

c. Matériels et réactifs :

- ✓ Kit de réactif NTK.
- ✓ Eau distillée.
- ✓ Cuves carrées 10 ml ,1 puce, pariées.
- ✓ Pipette graduée 10 ml, 1/10 verre classe A.
- ✓ Aspirateurs pipette 10 ml.
- ✓ spectre DR 5000.

d. Procédure expérimentale :

- ✓ Entrer le numéro du programme 399 d'azote NTK.
- ✓ Ajouter une goutte de TKN indicateur de chaque cylindre.
- ✓ Ajouter quelques gouttes de KOH à 0,8 N à chaque éprouvette jusqu'à le premier flash de couleur bleue apparait. Boucher et inverser le cylindre après chaque addition.
- ✓ Ajouter 1N de KOH à chaque éprouvette, une goutte à une fois en mélangeant a chaque addition, continué jusqu'à ce que le bleu permanent apparaisse.
- ✓ Remplir les deux éprouvettes jusqu'à la marque de 20 ml avec de l'eau distillée, puis ajouter (3 gouttes de stabilisateur + 3 gouttes de l'alcool de polyvinyle) à chaque éprouvette, et mélanger plusieurs fois.
- ✓ Remplir les deux éprouvettes jusqu'à la marque de 25 ml avec de l'eau distillée, puis pipeter 1 ml de réactif Nessler à chaque éprouvette. et appuyer l'icône de la minuterie, appuyer sur OK .verser le contenu de chaque cylindre en séparée de 10 ml d'échantillon cellules.
- ✓ Placer le blanc dans la cellule de mesure et appuyer le ZERO et l'écran affiche 0 mg/l TKN
- ✓ Placer l'échantillon et appuyer MESURE les résultats dans mg/l TKN.

III.1.9 Phosphates totale :

a. Principe :

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdate pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine .Celui ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdène.

b. Matériels et réactifs :

- ✓ Kit de mesure LCK 348.
- ✓ Eau distillée.
- ✓ Colorimètre DR 5000.
- ✓ Pipette graduée 2 ml.
- ✓ Aspirateurs pipette 2 ml.

c. Procédure expérimentale :

- ✓ Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi Cap Zip détachable.
- ✓ Dévisser le Dosi Cap Zip.
- ✓ Pipeter 0,5 ml d'échantillon.

- ✓ Visser immédiatement le Dosi Cap Zip.
- ✓ Secouer énergiquement, puis chauffer dans le thermostat .H 200 si 15 min avec le programme standard H thermostat : 60 min à 100°C.
- ✓ Pipeter dans la cuve une fois refroidis : 0,2 ml de réactif B (LCK 348 B).Fermer le réactif B après emploi.
- ✓ Visser un Dosi Cap C (LCK 348 C) gris sur la cuve, puis mélanger le contenu de la cuve,
- ✓ Attendre 15 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

III.1.10 Les nitrates NO₃ :

a. Principe :

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les nitrates réagissent avec le diméthylphénol pour donner de nitro - diméthylphénol.

b. Matériels et réactifs :

- ✓ Kit de mesure nitrite (LCK 339/340).
- ✓ Eau distillée.
- ✓ spectre DR 5000.
- ✓ Pipette graduée 2 ml.
- ✓ Aspirateurs pipette 2 ml.

c. Procédure expérimentale :

- ✓ Pipeter lentement 1 ml d'échantillon.
- ✓ Pipeter lentement 0,2 ml de la solution LCK 339 A.
- ✓ Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu' à ce que le mélange soit complet.
- ✓ Attendre 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

III.1.11 Les nitrites NO₂ :

a. Principe :

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux ci forment avec des composés aromatiques, contenant un amino groupe ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense.

b. Matériels et réactifs :

- ✓ Kit de mesure nitrite (LCK 341/342).
- ✓ Eau distillée.
- ✓ Colorimètre DR 5000.
- ✓ Pipette graduée 2 ml.
- ✓ Aspirateurs pipette 2 ml.

c. Procédure expérimentale :

- ✓ Enlever délicatement la feuille de la protection du Dosi Cap Zip détachable.
- ✓ Dévisser le Dosi Cap Zip.
- ✓ Pipeter 2 ml d'échantillon.
- ✓ Visser immédiatement le Dosi Cap Zip.
- ✓ Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- ✓ Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

III.1.12 Test de décantation :

a. Principe :

Déterminer la sédimentation des boues du réacteur biologique et de la purge de la station d'épuration.

V30 (Vitesse de décantation pendant 30 min).

b. Matériels et réactifs :

- ✓ Chronomètre.
- ✓ Conne IMHOFF.
- ✓ Support conne.
- ✓ Eprouvette de 1000 ml (alternative).

c. Procédure expérimentale :

- ✓ on prend de chaque une 1000 ml mais avant on mélange très bien après on les mets dans des bécher
- ✓ après 30 min, on voit si c'est au dessus 300 ml, si c'est le cas on refait l'expérience mais cette fois ci la procédure se diffère.
- ✓ on prend ce qu'il y a dans le bécher et on le met dans un autre bécher, on garde seulement 500 ml, de l'eau usée (entré), et on continue les autres 500 ml avec de l'eau, et on attend pour une autre 30 min, continue comme ça jusqu'à la décantation est au dessous 300 ml.



Figure III-13 : test de décantation.

III.2 Fonctionnement de la station par temps :

Nous faisons des calculs pour déterminer les différents paramètres caractéristiques que l'on cite :

III.2.1 La charge massique (Cm) :

C'est un paramètre déterminant le type de charge que reçoit la station à faible charge, moyenne charge ou à forte charge. Pour la station de chenoua elle marche à faible charge : (Sayad, 2008)

$$Cm = Qe * DBO /MVS * Vb \quad \text{III.2}$$

Avec :

- ✓ **Qe** débit d'entrée
- ✓ **DBO** concentration de la demande biologique en oxygène
- ✓ **MVS** concentration des matières volatiles en suspension
- ✓ **VB** volume du bassin

III.2.2 Les besoins moyens en oxygène :

$$Qo2 = a' (Lo - Ls) + b' Sa \quad \text{III.3}$$

Par sécurité, on remplace $(Lo - Lf)$ (pollution éliminée) par Lo (pollution entrante). En moyenne charge, on retiendra $a' = 0.60$ et $b' = 0.08$

III.2.3 La charge organique de la station :

C'est le rapport de la pollution reçue sur la capacité nominale de la station elle s'exprime en % du flux nominal en DBO5.

Exemple : une station de capacité nominale 1000 kg DBO5/j reçoit une charge en pollution de 300 kg/j (DBO5) La charge organique = $\frac{300}{1000} = 30 \%$

III.2.4 Le rendement épuratoire de la station ;

C'est le rapport de la pollution éliminée dans la station sur la pollution reçue. Il définit les performances de la station.

Exemple : une station reçoit une charge en matières en suspension de 200 kg/j (DBO5). Elle Rejette une charge de 10 kg/j.

Le rendement épuratoire sera : $200 - 10 = 0,95 = 95 \%$

III.2.5 La charge volumique : Cv :

C'est le rapport de la charge en DBO5 reçue sur le volume du bassin d'aération.

$Cv = \text{kg DBO5reçue} / \text{m}^3$ (bassin d'aération).

Des charges massique et volumique faibles témoignent d'un ratio nourriture/boues favorable à une élimination poussée de la pollution carbonée et azotée. On distinguera ainsi 5 classes de boues activées :

Tableau III-1:les classes des boues actives.

	Cv	m
Aération prolongée	< 0,36	< 0,1
Faible charge	0,36 à 0,7	0,1 à 0,2
Moyenne charge	0,7 à 1,7	0,2 à 0,5
Forte charge	1,7 à 3	0,5 à 1
Très forte charge	> 3	1

III.2.6 Le temps de séjour : (Ts) :

C'est le temps de séjour hydraulique de l'eau dans un bassin, il correspond au rapport du volume du bassin (V) sur le débit de l'effluent entrant (Q).

$$T_s = V \frac{m^3}{Q} \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad \text{III.4}$$

On distinguera le temps de séjour sur le débit moyen 24 h et celui sur le débit de pointe.

Exemple : une station équipée d'un bassin d'aération de 5 150 m³, reçoit un débit moyen 24 h (Q₂₄) de 160 m³/h et un débit de pointe (Q_p) de 250 m³/h.

Le temps de séjour dans le bassin d'aération sera :

- sur le Q₂₄ : T_s moyen = 5150/160 = 32,2 heures 160.
- sur le Q_p = T_s pointe = 5 150/250 = 20,6 heures 25.

Un temps de séjour élevé dans le bassin d'aération permettra une élimination poussée de la pollution carbonée et azotée.

III.2.7 L'Age des boues : A :

L'Age des boues représente le temps de séjour des boues dans le bassin d'aération : celui-ci est plus important que le temps de séjour de l'eau à traiter du fait de la recirculation des boues décantées.

Il correspond au rapport de la quantité de boues présentes, en kg MS. dans le bassin d'aération (S) sur la quantité de boues en excès (E) à évacuer par jour, en kg MS/j.

$$A = S/E = VBA \times MS \times BA / QE \times MS \times E \quad \text{III.4}$$

- ✓ VBA : Volume du bassin d'aération (m³)
- ✓ MS BA : Concentration des boues activées en kg / m³ en MS (Matières sèches).
- ✓ QE : Débit journalier (m³/j) d'extraction des boues.
- ✓ MS E : Concentration des boues en excès en kg/m³ MS.

III.4 Analyse du fonctionnement des différents organes :

III.4.1 Dégrillage grossier :

Les eaux brutes à traiter arrivent en tête de station dans un poste de relevage constitué d'un puisard de 45 m³ avec :

- Un compartiment d'entrée équipé d'un piège à cailloux et grille grossière du type barreaux plats et nettoyage manuel, d'une largeur de 150 cm, inclinés à 70 ° et une distance entre barres de 5 cm (maille 5X5 cm).

- Un compartiment d'aspiration de trente (30) M3 équipé de quatre pompes : 3 de service et 1 de réserve, ces pompes de marque ABS sont submersibles et ayant les caractéristiques ci-après :

a. Caractéristiques techniques :

- ❖ Type : AFP 2045
- ❖ Débit de refoulement : 392 m³/h
- ❖ Hauteur HMT : 9 m
- ❖ Puissance nominale : 16 KW
- ❖ Vitesse de rotation : 1 500 Tr/mn
- ❖ Aspiration/Refoulement : en DN 200

b. Mode de fonctionnement :

Les pompes fonctionnent à vitesse variable en cascade, en fonction du débit entrant, un détecteur de niveau relié à un automate contrôlera la vitesse de rotation des pompes pour maintenir le niveau d'eau dans le puisard constant. Au fur et à mesure que le débit entrant augmente l'automate, mettra en marche la seconde pompe, puis la troisième et inversement quand le débit diminue.

Pour assurer une usure égale aux quatre pompes, une permutation cyclique de l'ordre de démarrage est commandée par un interrupteur horaire (horloge).

Si les variateurs de vitesse sont hors service, le système peut fonctionner en mode manuelle et les pompes seront commandées par des détecteurs de niveaux. Le nombre de démarrages par heure des pompes est fonction du volume d'eau dans le puisard et des réglages des seuils des poires de niveau. (2015)

III.4.2 Dégrillage fin :

En amont du dessableur- déshuileur est installée une grille fine, à nettoyage mécanisé sur le canal d'aménagé. Parallèlement, un chenal by-pass est équipé d'une grille fine à nettoyage manuel. Pour assurer la continuité du fonctionnement de la station en cas d'arrêt de la grille mécanique, deux vannes murales permettent d'isoler cette grille mécanique et l'eau sera dirigée vers le canal by-pass par sur verse. (2015)

a. Caractéristiques techniques :

- ✓ Marque : SERECO (Italie)
- ✓ Type : CPSA 10 / 35
- ✓ Dimensionnement : 100 X 200 cm (canal)
- ✓ Inclinaison : 15°

- ✓ Epaisseur des barreaux : 20 mm
- ✓ Ecartement : 20 mm
- ✓ Hauteur de rejet : 350 cm
- ✓ Puissance nominale : 2.2 Kw
- ✓ Vitesse : 1410 /120 Tr/mn

Les déchets retenus au niveau des barres sont soulevés par la benne dé grilleur qui est entraînée en mouvement alterné par deux chaînes.

Le dé grilleur est nettoyé lors de la remontée de la benne par les dents du râteau, monté sur la benne qui passent entre les barreaux.

Avant d'arriver en butée haute, une lame en plastique permet de vider la benne et dégager les déchets accumulés.

Après un arrêt au point mort « haut », la benne reprend la course en sens inverse vers le bas, tout en éloignant le râteau du champ du dégrillage, par contre au point « bas », la benne reprend sa course ascendante en approchant le râteau du champ du dé grilleur.

Un interrupteur horaire programmable permet de régler le nombre de démarrages par jour et la durée de chaque nettoyage. Aussi, un détecteur de niveau permet, par la mesure de l'écart entre les niveaux amont et aval du dé grilleur, de lancer le cycle de nettoyage de la grille, et ce jusqu'à ce que cet écart soit à une valeur minimale préétablie. (2015)

Convoyeur à bande :

Les refus ou rejets du dé grilleur sont convoyés par un transporteur à bande vers un conteneur de stockage de 8 m³.

b. Caractéristiques techniques :

Spécifications :

- ✓ Fabricant : SERECO, Italie
- ✓ Modèle : NT2Rz05 050 (2015)

Dimensions

- ✓ Largeur de la bande : 500 mm Longueur : 5 m
- ✓ Charge minimale : 16 m³/h
- ✓ Matériau transporté : Déchets retenus par les grilles
- ✓ Vitesse : 0,3 m/s (2015)

Construction

- ✓ Cadre et rouleaux d'entraînement ruban: Acier
- ✓ S235JR (ex Fe360B) galvanisé Rouleaux support ruban et coussinets :Acier noir
- ✓ Ruban : Caoutchouc 1 nylon
- ✓ Vis et boulons : Acier galvanisé

Moteur

- ✓ Fabricant : BONFIGLIOLI
- ✓ Type : BN90S4
- ✓ Vitesse de rotation : 25 t / min
- ✓ Puissance nominale : 1.1 kW
- ✓ Courant nominal 2.82 A
- ✓ Démarrage : Direct
- Courant de démarrage: 18.89 A (2015)

Transmission :

- ✓ Fabricant : BONFIGLIOLI
- ✓ Type: A vis sans fin, VF 86 56 P90
- ✓ Rapport de Réduction:56 (2015)

c. Principe de fonctionnement :

La bande transporteuse à rouleaux couplés se compose de :

- ✓ Un rouleau mécanisé de démarrage de la bande, avec arbre en acier.
- ✓ couverture anti-usure et supports réglables.
- ✓ Un cadre en tôle pressée et pliée, de forme appropriée au glissement de la bande transporteuse.
- ✓ Une bande à anneau en caoutchouc anti-usure, à deux bâches résistants aux
- ✓ Agents chimiques et atmosphériques.
- ✓ Des rouleaux de support de la bande, avec roulements à billes en matière résistante à l'abrasion.
- ✓ Des rouleaux de support côté retour de la bande, avec roulement à billes en matière résistante à l'abrasion.
- ✓ Un rouleau de centrage en caoutchouc.
- ✓ Un racleur externe avec garniture en caoutchouc.
- ✓ Un carter de décharge.
- ✓ Un groupe de transmission directe avec moto- réducteur à vis sans fin. (2015)

III.4.3 Dessableur/ Déshuileur :

Pour éviter la décantation des sables dans le bassin biologique, et pour éliminer les huiles et graisses contenues dans l'eau brute, un dessableur —déshuileur est installé en aval du dé grilleur fin. Il est dimensionné pour un débit de 1167 M³/h.

Un jeu de vannes murales permet d'isoler l'ouvrage pour la maintenance et de diriger le flux vers le canal by-pass.

Le mélange sable — eau obtenu est déchargée dans un classificateur de sables qui sépare le sable de l'eau et décharge le sable drainé vers un conteneur de stockage.

(2015)

a. Caractéristiques techniques :

- ✓ Rotation du moteur: 2900 t/min
- ✓ Puissance nominale: 2,2 Kw
- ✓ Isolation du moteur: classe F
- ✓ Protection moteur: IP 55
- ✓ Tension 400 V
- ✓ Fréquence 50 Hz
- ✓ Nombre de pôles : 4

b. Principe de fonctionnement :

Le fluide à traiter entre par une ouverture tangentielle ce qui lui impose une vitesse de rotation centrifuge.

Le jeu de pales tournant autour du pivot central, amplifie l'effet centrifuge et favorise la sédimentation des sables qui se déposent dans la partie centrale au fond du bassin et seront traités par un cycle contre lavage- aspiration durant lesquels le sable est soumis à un jet d'air et d'eau sous pression, pour provoquer le décollement des boues organiques, qui, plus légères, elles remontent pour rejoindre les autres matières en suspension.

Les pales sont conçues de façon à imprimer au fluide une vitesse constante indépendante du débit. Ainsi la vitesse optimale de sédimentation est obtenue grâce à une vitesse de rotation des pales inversement proportionnelle au débit entrant.

Le sable déposé est traité par un cycle contre lavage / aspiration :

Dans un premier temps, le sable est soumis à un jet d'air et d'eau sous pression. Ceci provoque le décollement des boues organiques qui se détachent des grains de sable. Plus légères, elles vont remonter et rejoindre les autres matières en suspension.

Dans un second temps, le lavage est interrompu et le sable sédimenté est aspiré par un jet d'air et déchargé dans le classificateur de sables.

Par ailleurs, un jet de fines bulles d'air est envoyé dans la masse fluide, pour entraîner les matières flottantes vers la surface. Elles seront raclées vers un puisard de stockage des huiles et graisses qui sont vidé périodiquement, manuellement.

La protection contre la surcharge est assurée par système électronique limiteur d'efforts.

Collecte des graisses et des écumes :

Les graisses et les écumes sont collectées à la surface du bassin. Elles seront évacuées dans un réservoir de stockage de graisse équipé d'une cloison siphonide qui piège la graisse dans le réservoir et fait circuler l'eau vers l'entrée de la station. Les graisses et les écumes seront déchargées périodiquement et manuellement.

(2015)

Chambre de distribution :

La chambre de distribution en aval du dessableur — déshuileur permet une répartition équitable des débits.

Cette chambre est dimensionnée pour un débit de 1176 M/h et répartit le débit en trois parties égales dont trois compartiments par trois déversoirs identiques. Le troisième compartiment est prévu pour l'extension future. Un jeu de batardeaux permet d'isoler chaque bassin d'aération. Individuellement L'ouvrage est équipé d'une chaîne de mesure de débit d'eau prétraitée du type ultrasonique sur seuil déversant.

(2015)

III.4.4 Bassins biologiques :

Le traitement biologique est du type à boue activée à faible charge fonctionnant en aération prolongée.

Le traitement biologique est effectué dans le compartiment aérobie à l'aide du processus aérobie par le que les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par les six aérateurs de surface. Après un séjour suffisamment long, cette liqueur mixte est envoyée vers les deux clarificateurs pour assurer la séparation solide liquide par gravité, améliorée par les mécanismes racleurs de fond et de surface.

Les boues accumulées au fond du décanteur sont dirigées vers un poste de reprise des boues dont une partie est recyclée par pompage dans le bassin d'aération de façon à y maintenir la concentration nécessaire en bactéries épuratrices.

Les boues en excès sont pompées vers l'épaississeur, et de là, vers la déshydratation mécanique.

Les deux bassins d'aération et les deux décanteurs sont reliés par un ouvrage de répartition qui permet d'assurer une flexibilité d'exploitation et faciliter la maintenance. (2015)

a. Caractéristiques techniques :

Bassins biologiques :

- ✓ Nombre : 02 en parallèle
- ✓ Volume total : 6000 M³ pour chaque bassin
- ✓ Volume compartiment : 6000 M³
- ✓ Aérobie Production de boue : 4500 kg/jour
- ✓ Age des boues anaérobie : 09 jours
- ✓ Age des boues total : 11 jours (2015)

Aérateurs du compartiment aérobie :

- ✓ Six aérateurs sont installés, trois dans chaque compartiment
- ✓ Marque: SERECO
- ✓ Type- Modèle: TASCO 70
- ✓ Diamètre turbine: 2750 mm
- ✓ Apport oxygène par aérateur: 194 Kg- h
- ✓ Puissance nominale: 75 KW (2015)

III.4.5 Décanteurs secondaires :

Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur tournant constitué d'une passerelle équipée de racleurs de fond et de racleurs de surface.

Les racleurs de fond, ramènent les boues déposées au fond de l'ouvrage vers la poche centrale, qui seront récupérées par gravité vers le poste de pompage des boues.

Les racleurs de surface récupèrent et dirigent les écumes flottantes vers la bêche de reprise d'où elles seront récupérées manuellement.

La vanne télescopique motorisée permet de contrôler le niveau de l'eau dans l'ouvrage et une vanne manuelle permet de vidanger le décanteur dans le poste de pompage des boues.

b. Caractéristiques techniques :

Décanteurs :

- ✓ Nombre : 02
- ✓ Débit moyen : 243 m³/h (chacun)
- ✓ Débit de pointe : 402 m³/h
- ✓ Mes : 3.5 Kg/m³
- ✓ Indice de Mohlman (SVI) :150 ml/g
- ✓ Diamètre intérieur net : 30 m
- ✓ Diamètre du tambour central : 3 m
- ✓ Surface de la décantation : 700 m²
- ✓ Hauteur d'eau moyenne : 3.68 m
- ✓ Volume : 2961m³
- ✓ Inclinaison de fond : 1/12mm (2015)

Pont racleur :

- ✓ Nombre : 02 pour chaque décanteur
- ✓ Marque : SEREC.
- ✓ Type : PRT PZ 32.
- ✓ Largeur : 1 m.
- ✓ Longueur : 1.41m.
- ✓ Vitesse de déplacement des racleurs : 2m/mn.
- ✓ Diamètre extérieur des roues de chariot : 1.35m.
- ✓ Diamètre de la jupe / déflecteur : 30m.
- ✓ Hauteur de la jupe / déflecteur : 1.5m.
- ✓ Puissance nominale du moteur d'entraînement : 37 KW. (2015)

III.4.6 Epaisseur de boues :

Les boues en excès seront épaissies par gravité dans cet ouvrage, un mécanisme de rotation lent, augmente l'efficacité du processus d'épaississement et augmente le contenu des matières solides.

L'épaississement est du type cylindrique à hauteur droite :

- ✓ Diamètre: 11 m.
- ✓ Hauteur: 4 m.
- ✓ Surface: 95 m²
- ✓ Volume: 380 m³

- ✓ Siccité des boues épaissies: 3.5 % (35 Kg/m³).
- ✓ Production des boues: 130 m³.
- ✓ Temps de séjour de la boue: 3 jours. (2015)

a. Caractéristiques techniques :

Le groupe épaisseur à commande centrale a les caractéristiques ci-après

- ✓ Marque: SERECO
- ✓ Modèle: IFEC

Groupe tournant :

- ✓ Moteur: BREVINI
- ✓ Puissance nominale: 0.185 KW
- ✓ Limiteur de charge: Electronique calibré à 120 % de la charge
- ✓ Diamètre de la jupe déflectrice: 1200 mm
- ✓ Hauteur totale: 1500 mm

III.4.7 Déshydratation par filtres à bandes :

Les boues épaissies sont déshydratées par filtres à bandes pour garantir une opération continue même pendant les périodes de maintenance, deux filtres complètement indépendants sont installés en parallèle.

Chaque filtre est équipé de sa propre pompe à polymère et de sa propre pompe d'alimentation en boues :

a. Caractéristiques techniques :

- ✓ Marque : INTERECO.
- ✓ Type : Edom 1200 +CRV.
- ✓ Dimensions : 3406x1700 mm.
- ✓ La siccité moyenne : 20%.
- ✓ Régime d'exploitation : 7 jours par semaine et 12 heures par jour.
- ✓ Capacité de traitement de boues : 10.8 m³ /h.
- ✓ Débit horaire à 3.5 %.
- ✓ Largeur de bandes : 1.20 m.

III.4.7 Dosage du polymère :

Le polymère est ajouté à la boue pour améliorer ses caractéristiques de déshydratation. Il permet d'obtenir de plus hautes concentrations en matière sèche.

Ce polymère se présente sous forme de poudre, a dissoudre dans une concentration de 0,1 à 0,2 %, il est prévu une unité de préparation automatique. (2015)

Le dosage moyen du polymère est normalement de 4 à 6 kg par tonne de boue sèche.

a. Caractéristiques techniques :

- ✓ Marque : INTERCO.
- ✓ Type : BTB 1 200.
- ✓ dimensions : 1 880 x 750 mm haut : 1 800 mm. (2015)

III.4.8 Chloration :

L'eau claire sur versante des décanteurs arrive par gravité vers les bassins de chloration (350 M3 X 2) pour la désinfection.

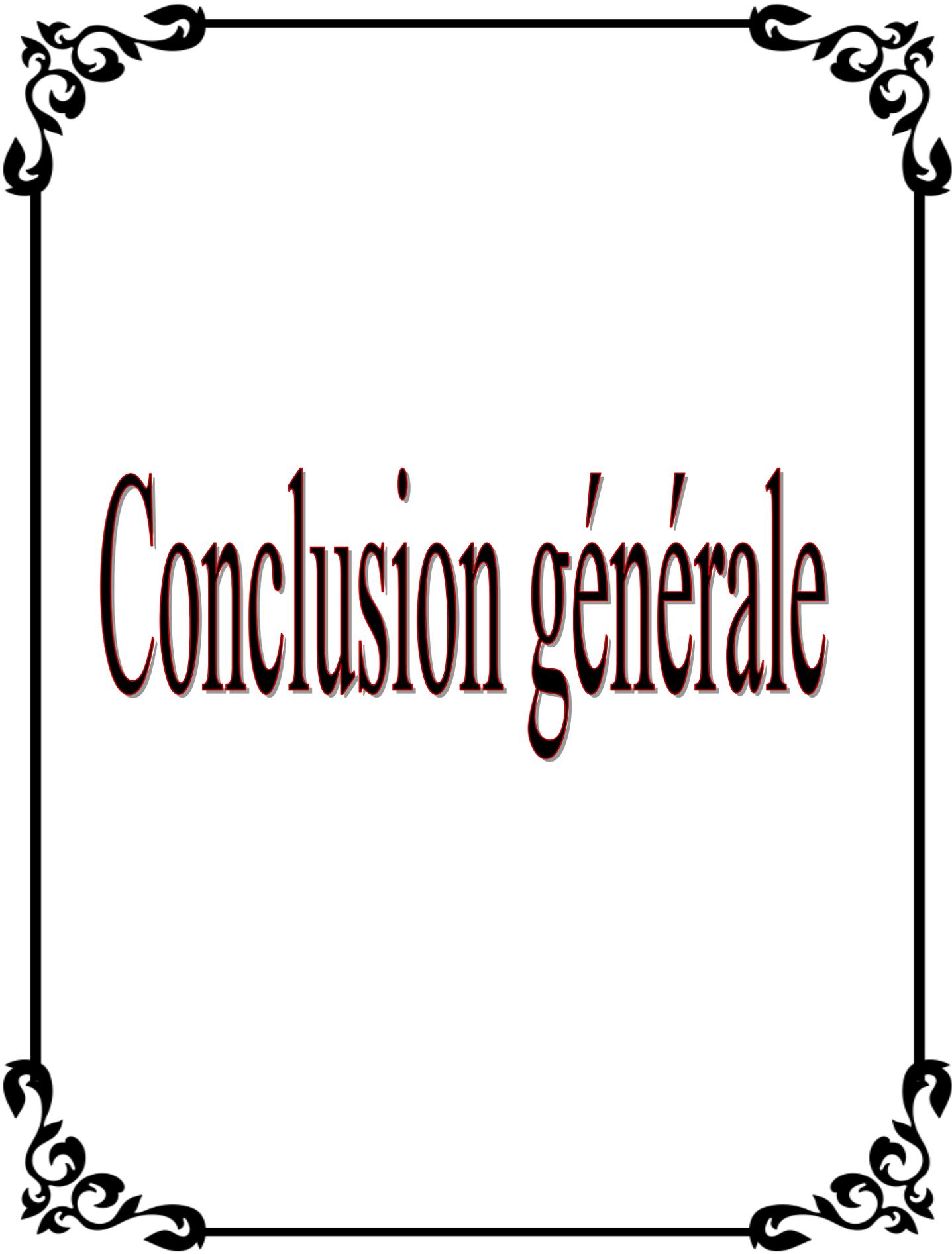
Le principe de désinfection au chlore est basé sur l'inhibition de l'activité enzymatique, par modification de l'arrangement chimique des enzymes, ce qui bloque leurs activités.

L'agent chimique utilisé est :

- ✓ l'hypochlorite comme oxydant chimique pour la désinfection : 35 mn à 20C°.
- ✓ Temps de contact : 1200 m³/h.
- ✓ Débit du bassin du contact : 5 ppm (0.005 Kg/m³).
- ✓ Dose de Chlore actif : 60 Kg / jour
- ✓ Quantité totale de Chlore : 0.138 Kg/h.
- ✓ Teneur en Hypochlorite : 4 321 l/jour.
- ✓ Quantité totale d'hypochlorite : 850 litres /conteur.
- ✓ Conditionnement de l'Hypochlorite : 40 conteneurs/mois. (2015)

Conclusion :

Depuis les analyses des paramètres physicochimiques réalisés au niveau de laboratoire de la STEP de Tipaza, on peut évaluer le rendement de chaque étape d'épuration, juger la performance de STEP de Tipaza, et la qualité des eaux rejetées dans le milieu naturel pour les utiliser éventuellement dans le domaine agricole (irrigation).



Conclusion générale

Conclusion générale

Le traitement des eaux usées est l'un des plus importants processus de protection de l'environnement à encourager au niveau mondial. La plupart des usines de traitement des eaux usées traitent les eaux usées ménagères, urbain ainsi que les lieux des travaux d'installations industrielles, raffineries et usines de fabrication.

Les eaux usées sont généralement traitées au niveau du site.les installations sont conçues pour garantir que les eaux usées sont traitées avant de pouvoir être rejetées dans l'environnement local. Une partie de l'eau est utilisée pour refroidir les machines dans les usines et être traitée à nouveau. Ils essaient de s'assurer que rien n'est perdu. Il est illégal de rejeter des eaux usées non traitées dans des rivières, des lacs, des océans ou dans l'environnement et, si elles sont jugées coupables, elles peuvent faire l'objet de poursuites.

Quelque soit le système d'épuration adopté, l'épuration des eaux usées s'accompagne d'une production de quantité des boues non négligeables ce qui implique une éventuelle valorisation. Dans le souci de préserver l'environnement, différents procédés d'épuration des eaux de rejets sont utilisés. L'aspect bénéfique de l'épandage des boues résiduaires issues de stations d'épuration urbaines, prédestinées à la décharge publique, a été démontré dans de nombreuses études.



Bibliographie

Références Bibliographiques

Abda H et Bouchahed I Caractéristiques physico-chimiques et actériologique des eaux usées de rejets d'Oued EL maiz et Traitement avec le Typha latifolia [Mémoire d'ingénieur d'état]. - Guelma : [s.n.], 2009. - pp. 34-36.

ADEME et CNB Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture [En ligne] // <http://www.ademe.fr/partenaires/boues/default.htm>. - 21 4 2020.

Amadou Haoua Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbains [Thèse de doctorat]. - [s.l.] : Sciences pour l'ingénieur, 04 05 2007.

Amir S Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage // devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. - 2005.

Amorce Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination – DT 51 [Livre]. - 2012. - pp. 4-24.

Anonyme Dictionnaire de Larousse. - 2004.

Bechac J, Boutin P et Mercier B Traitement des eaux usées. - 1983. - 2.

Belaid D Utilisation des boues résiduelles de station d'épuration en Algérie. - 2015. - p. 22.

Belghaouti T Caractérisation physico-chimique et valorisation d'une boue de station d'épuration. [Mémoire de Magister.]. - Oran : [s.n.], 2012. - p. 135.

Berland J M [et al.] Procédés extensifs d'épuration des eaux usées. // thèse de doctorat. - Luxembourg : Office des publications des communautés européennes.

Bodet J.M Boues de stations d'épuration municipales Les enjeux et les risques de leur utilisation en agriculture. - [s.l.] : ITCF, 2001. - p. 28.

Chabra R.P et Richardson J.F Non-Newtonian Flow and Applied Rheology Engineering Applications. - 2011.

Chocat Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. - Paris : Techniques et documentations, 1997. - p. 1124.

Choplin L [et al.] Rhéologie et produits formulés complexes. - [s.l.] : Tech. Ing., no. J2145, p. J2145.1-J2145.23, 2015.

Coulibaly Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. [thèse doctorat]. - (2005). - p. 55 p.

Cousot P et Grossiord J.L Comprendre la rhéologie de la circulation du sang à la prise du béton. - [s.l.] : Edition EDP SCIENCES, 2001.

Cousot P La matière dans tous ses états. - [s.l.] : EDP Sciences/CNRS, 2012.

Références Bibliographiques

- Dauphin S** Connaissance et contrôle du fonctionnement des stations d'épuration, intérêt et limites des moyen smétrologiques actuels [thèse de doctorat] // application à la gestion hydraulique d'un décanteur secondaire.. - Strasbourg : [s.n.], 1998.
- Déchets : Chiffres-clés.. - [s.l.] : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 2015.
- Derouiche F** Contribution a l'étude des boues résiduairees comme amendement organiques pour les cultures maraichères [Mémoire de Magister]. - 2011. - p. 126.
- Duguet J. P [et al.]** Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humain. - [s.l.] : ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement), 2006.
- Faby J.A et Brissaud F** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. - [s.l.] : Office International de l'Eau, 1997.
- Franck** Analyse des eaux // Aspects réglementaires et techniques.. - Bordeaux : Scérén CRDP AQUITAINE, 2002. - pp. 165-239.
- Gaid A** épuration biologique des eaux usées urbaines. - Algérie : Office des publication universitaire, 1984. - p. 150.
- Grosclaude G** L'eau usages et polluant. - Paris 1999 tomeII : Ed INRA, 1999.
- Grossiord J.L et Ponton P** La mesure en Rhéologie - Des avancées récentes aux perspectives. - [s.l.] : EDP Sciences, 2013.
- Hadj-Sadok Z. M** Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. [thèse de doctorat]. - 1999.
- Hammad L, Ponton A et Belhadri M** Effet de traitement thermique sur le comportement physico-chimique et rhéologique des boues activées de station d'épuration. // Revue des Energies Renouvelables / éd. (2008) Vol. 11 N°3. - Oran : [s.n.], 2008. - pp. 465 – 472.
- Hatem Dhaouadi** Traitement des eaux usées urbaines , les procédés biologiques d'épuration. - 2008.
- Jardi E** Composition organique de boues résiduairees de stations d'épuration lorraines [Thèse de doctorat] // Caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation. - 2002. - p. 287.
- Karoune S** Effets des boues résiduairees sur le développement des semis du chêne liège (Quercus suber L.) [Mémoire de Magister]. - constatine : [s.n.], 2008. - p. 244.
- Koller E** Traitement des pollutions industrielles eau, air, déchets, sols, boues. - 2004. - p. 569.
- Ladjel** Exploitation d'une Station d'épuration à boue activés niveau 2. - Boumerdas : centre de fonction au métier de l'assainissement, 2006. - p. 80.
- Libes Y** Les eaux usées leur épuration [pdf].

Références Bibliographiques

- Lounnas A** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda [mémoire de Magister]. - 2009. - pp. 10 ,13.
- Metahri Mohammed ,Saïd** ÉLIMINATION SIMULTANÉE DE LA POLLUTION AZOTÉE ET PHOSPHATÉE DES EAUX USÉES TRAITÉES, PAR DES PROCÉDÉS MIXTES. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou [thèse de doctorat pdf].[s.n.], 2012. - pp. 23-24.
- Moumouni D** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux souterraines et les eaux de surfaces. [Thèse de doctorat]. - 2005.
- Moussa H** les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries. - 2005.
- Ouali M.S.,** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux.. - 2001.
- Pony A** Estimation de performances épuratoires : Caractérisation de boues de station d'épuration. [Mémoire de Master]. - Paris : École des Mines de Paris & École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, 2009. - p. 49.
- Régis Bourier, Marc Satin et Béchir Selmi** Guide technique de l'assainissement // collecte-épuration-conception-exploitation. - 2010. - 4.
- Rejsek** Analyse des eaux –aspects réglementaire et techniques. - [s.l.] : Edition scérén, 2002. - p. 110.
- René Moletta** L'eau, sa pollution, et son traitement [pdf] // Moletta Méthanisation.
- Renou S** Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usés [Thèse de Doctorat]. - 2006. - p. 260.
- Rodier J** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. - Paris : Dunod, 2005. - 8.
- Rodier J** L'analyse de l'eau; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. - Paris : [s.n.], 1984. - 7. - p. 1334.
- Rodier J, Bazin C et Broutin J P** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.. - Paris : Ed Dunod, 2005.
- Rodier** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer). - DUNOD. : [s.n.], 1996. - 8eme édition. - pp. 557-570 et 968-1079.
- Telli S.M** Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines [Mémoire de Master Pdf] // cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA). - 2013. - p. 174.
- Thomas** Météorologie des eaux résiduaires,tec et doc / éd. cedeboc. - [s.l.] : lavoisier, 1995. - p. 135?192.

Références Bibliographiques

Tixier Approche des propriétés rhéologiques de suspensions biologiques flocculées [Thèse de doctorat]. - 2003. - p. p 177.

Vilaguines VILAGINES, 2003,Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie / éd. Tec&Doc. - 2003. - 2. - p. 198.