N°: G.M/31/05/2018

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

Filière : Génie minier

Option : Minéralurgie

Elaboration d'une méthode de traitement des boues de la station d'épuration d'El Kerma- Oran

Présenté et soutenu par :

Louiza BENABDELOUAHAB

Siham SAIDI

Devant le jury :

		Grade	Etablissement
Président :	KRIM.M	MAA	Université Larbi Tebessi - Tébessa
Encadreur :	BENZIAT.H	MAA	Université Larbi Tebessi - Tébessa
Examinateur :	AOUTI.M.S	MAA	Université Larbi Tebessi - Tébessa

Promotion 2017-2018

Remerciement

Louange à Dieu de m'avoir accordé la patience et le courage pour accomplir ce modeste travail.

On souhaite, tout d'abord, remercier nos encadreurs Mr. H. BENZIAT d'avoir accompli parfaitement leurs rôles et pour les orientations précieuses dont ils nous ont fait part. On ne saurait les remerciés assez pour leurs soutiens et leur suivi scientifique.

On leurs dois beaucoup pour leurs confiances qu'ils nous ont témoignés et pour leurs encouragements et conseils qu'ils nous ont prodigué.

On remercie fortement tous les travailleurs du la station d'épuration d'El Kerma (Oran) .qui n'ont pas hésité un moment pour nous donner les informations dont on avait besoin.

On voudra remercier tous les membres du jury qui vont juger ce modeste travail et nous ont fais profiter de leurs connaissances et remarques constructives: Mr.M. KRIM qui nous a fait l'honneur de présider le jury, Mr.M.S.AOUATI qui ont spontanément eu la volonté et l'honneur d'examiner ce travail et l'intérêt qu'ils ont porté pour nous faire profiter de leurs expériences. Leurs critiques et commentaires seront bénéfiques pour enrichir nos connaissances dans ce domaine.

On remercie aussi tous nos enseignant(e)s du INSTITUT DES MINES –TEBESSA- et tous les enseignant(e)s qui ont participé à notre formation depuis la première année primaire.

Enfin, on tient à remercier de manière sincère et spéciale, toutes les personnes qui sont tout simplement intéressées à ce travail. Qu'elles trouvent en ces mots, l'expression de nos profondes gratitudes même si leurs noms ne figurent pas dans cette brève série de reconnaissances.

Merci

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, qui dieu te grade,

À toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de me efforts, la flamme de mon cour, ma vie et mon bonheur ; *maman que j'adore.*

Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité ; *Muhammad, Kamel, Ayoub, Amel, Anefal.*

A tous ceux qui me sont chers et proches ; *Louiza, Kharfia, Joujou, Siham, Nabila, Lydia, Djemaa, Bouchra, Houda, Abir, Chaimaa, Khouloud.*

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes cotes, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures, mes amiables amies, collègues d'étude.

Merci

Siham SAIDI

Résumé :

L’épuration des eaux usées génère plusieurs sous-produits constitués principalement par les boues. A l’heure où les conditions d’admission en décharge se renforcent, les quantités de boues résiduaires urbaines ne font que croitre. La conjugaison de ces deux facteurs pose d’importants défis pour l’avenir, et rend impérative la maitrise du devenir des boues.

Donc la production des boues est de plus en plus difficile à gérer, Cela pousse les gouvernements à rechercher des solutions technologiques permettant de la réduire au même titre que la gestion des autres types de déchets.mais ces boues ne peuvent pas faire l’objet d’une valorisation directe et doivent subir un certain nombre de processus de traitement avant d’être valorisées.

Alors il faut adapté un traitement efficace pour les boues dans les stations d’épurations avant d’être valorisées.

A cet effet, notre travail débute par quelques connaissances bibliographiques concernant les différentes méthodes de traitement des boues dans le monde,en suite on étudie la chaîne de traitement des boues, cas station d’épuration d’El Kerma (Oran) pour l’objet d’une amélioration des technologies permettant un traitement éfficace et moins coûteuse.

Résumé :

The purification of wastewater generates many by-products consisting mainly of sludge. At time when the conditions of admission in discharge are reinforcing, the quantities of urban sewage sludge are increasing. The combination of these two factors poses important challenges for the future, and makes the control of sludge imperative/ necessary.

So, the production of sludge is more and more difficult to manage, it elicits the governments to look for technological solutions allowing reducing it like the management of the other types of waste. However, these sludge cannot be directly valued and must undergo a certain number of treatment processes before being valorized.

For this purpose, our work starts with some bibliographic knowledge concerning the different methods of sludge treatment in the world, then we study the sludge treatment chain, the case of El karma (Oran) station of purification in order to improve technologies to allow effective and less expensive/ more affordable treatment.

To sum up, we can say that we started our paper with a small over view concerning the diverse strategies for slop treatment chain, the case of El karma (Oran) wastewater treatment plan to improve advances for effective and more affordable treatment.

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des symboles

Introduction……..01

Chapitre I : Étude bibliographique

I.1 Les différentes techniques de traitement des boues……..02

I.1.1) Epaississement…….....02

I.1.1.1) Epaississement gravitaire……..02

I.1.1.2) Epaississement dynamique……....03

I.1.1.2.1) Flottation…….03

I.1.1.2.2) Centrifugation…….03

I.1.1.2.3) Drainage…….03

I.1.2) Déshydratation…….04

I.1.2.1) Les filtres-presses ……...04

I.1.2.2) La centrifugeuse……07

I.1.3) Séchage…….08

I.1.3.1) Lit de séchage…… 08

I.1.3.1.1) Séchage solaire…….08

I.1.3.1.2) Lit de sable……...09

I.1.3.1.3) Lagune de séchage……...10

I.1.3.2) Séchage thermique……..10

I.1.4) Stabilisation et hygiénisation……11

I.1.4.1) Les voies biologiques……..11

I.1.4.1.1) Digestion aérobie……....11

I.1.4.1.2) Digestion anaérobie……12

I.1.4.2) Les voies chimiques……12

I.1.4.2.1) Chaulage……..12

I.1.4.2.2) Stabilisation aux sels de nitrite…….13

I.1.4.3) Les voies physiques……13

I.2. Comparaison entre les techniques de traitement présenté dans ce chapitre……14

I.3. Valorisation et élimination……16

I.3.1) Valorisation organique……...16

I.3.2) Valorisation énergétique……16

I.3.3) Stockage en ISDND……..16

I.4. Différentes méthodes de traitement des boues dans le monde…….17

I.4.1) En France……17

I.4.2) En Maroc…….19

I.4.3) Etat actuel……...22

I.5. CONCLUSION……....25

Chapitre II : généralités

II.1. Introduction…….26

II.2. Des définitions……....27

II.2.1) Une station d'épuration…….27

II.2.2) Des eaux usées……...27

II.2.3) Les différents types des eaux usées……...27

II.3. Les étapes de traitement des eaux……...28

II.3.1) Le traitement primaire……...28

II.3.1.1) Le prétraitement……..28

II.3.1.2) La décantation primaire……..….30

II.3.2) Le traitement secondaire……30

II.3.3) Le décanteur secondaire……32

II.4. Les boues……..32

II.4.1) Définition des boues……..33

II.4.2) Définition de La siccité……...33

II.4.3) Propriétés physiques des boues……...33

II.4.3.1) La couleur……33

II.4.3.2) La teneur en matière sèche……33

II.4.3.3) La teneur en matière volatiles……34

II.4.3.4) Teneur en eau……34

II.4.4) Origine des boues……..34

II.4.5) Différents types de boues de STEP……...35

II.4.6) Les différentes filières de traitement des boues……36

II.5. CONCLUSION……..38

Chapitre III : Analyses et caractérisation

III.1. Introduction…….. 39

III.2. Généralité sur la station…… 39

III.2.1) Situation de la STEP……39

III.2.1) Alimentation de la station ……..39

III.3. Description des installations de la station d'épuration……. 40

III.3.1) description de traitement des eaux……..40

III.3.2) Description de traitement des boues……..44

III.3.2.1) Différents types des boues de STEP d'ORAN……44

III.3.2.2) Les différentes étapes de traitement des boues……44

III.3.2.3) Les analyses des boues……47

III.4. prélèvement (échantillonnage)……..48

III.5. Description détaillée de différentes analyses de boues réalisées dans la STEP d'ORAN ……..48

III.6. CONCLUSION……..57

Chapitre IV : Discussion et argumentation

IV.1. Introduction……..58

IV.2. Description de la nouvelle chaine du traitement des boues de la STEP d'El Kerma (Oran) ……58

IV.2.1) Les différentes étapes de traitement des boues……...58

IV.2.1.1) Epaississement……58

- ✓ Epaississement gravitaire……58
- ✓ Flottation……60

IV.2.1.2) l'homogénéisation……....63

IV.2.1.3) Stabilisation……63

IV.2.1.4) Stockeur…… 63

IV.3. La Déshydratation des boues……...64

IV.3.1) La filtration sur bandes……64

IV.3.2) La centrifugation……..65

IV.3.3) Les filtres à plateaux……65

IV.4. Consommation énergétique de divers appareils de déshydratation mécanique des boues……66

IV.5. Siccités obtenues de divers appareils de déshydratation mécanique des boues……66

IV.6. Avantages et inconvénients de divers appareils de déshydratation mécanique des boues……67

IV.7. Echelle nationale d'utilisation des différents procédés déshydratation……....67

IV.8. Calcul de la siccité……69

IV.9. CONCLUSION……72

CONCLUSION FINAL

LISTE DES TABLEAUX

N°	*Titre du Tableau*	*Page*
01	Performances et consommation en énergie des différentes techniques d'épaississement	03
02	Avantages et inconvénients des différentes techniques de déshydratation par filtre-presse	06
03	Comparaison entre les techniques de traitement présentée dans ce chapitre	14-15
04	Situation de l'assainissement en Algérie	23
05	Différents types de boues de STEP	35
06	Les analyses réalisées dans le STEP d' ORAN	47
07	Valeurs du PH pendant la période du 1 er trimestre 2018	51
08	Valeurs du V30 pendant la période du 1 er trimestre 2018.	52
09	Le volume entrant dans les autres indicateurs concernant l'activité d'épuration.	52
10	Evolution des MVS pendant la période du 1 er trimestre 2018	53
11	Fonctionnement de déshydratation mécanique par filtres à bandes.	54
12	Consommation électrique pour premier trimestre de 2018.	55
13	le coût de traitement pour première trimestre de 2018.	56
14	Consommation énergétique de divers appareils de déshydratation	66

15	Siccités obtenues de divers appareils de déshydratation mécanique des boues.	66
16	Les avantages et les inconvénients de divers appareils de déshydratation mécanique des boues.	67

LISTE DES FIGURES

N°	***Titre du Figure***	***Page***
01	Exemple de filtre – presse.	05
02	Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire.	09
03	Schéma de la composition principale du lit de sable.	10
04	Techniques de traitement des boues et leurs destinât.	17
05	Techniques de traitement utilisées par les 34 STEP en France.	18
06	Schéma descriptif de l'origine des boues primaires et secondaires.	19
07	Principe de la flottation.	21
08	Flottateur.	21
09	Stockeur.	22
10	Variation de la siccité en fonction des BF, BE, BD.	22
11	Plan de masse de la station d'épuration d'El Karma (Oran).	40
12	Dégrillage.	41
13	Dessablage-déshuilage.	41
14	Les décantations primaires de la STEP d' El Kerma (Oran).	42
15	Description de la chaine du traitement des eaux usées de la STEP d' El Kerma (Oran).	44
16	Description de la chaine du traitement des boues de la STEP d' El Kerma (Oran)	47

17	Echantillonneur automatiques.	48
18	PH-mètre.	51
19	Test de Décantation.	52
20	La Répartition du volume entrant au 1 er trimestre.	53
21	Evolution des MVS pendant la période du 1 er trimestre 2018.	54
22	Evolution de siccité pendant la période du 1 er trimestre 2018.	55
23	Fonctionnement de flottateur.	61
24	Schéma d'un filtre à bandes.	65
25	Centrifugeuse.	65
26	Filtre à plateaux.	66
27	Fréquence d'utilisation des différents procédés de déshydratation mécanique.	67
28	Fréquence d'utilisation des différents procédés de déshydratation mécanique.	68
29	Evolution de siccité sur centrifugeuse de laboratoire pendant la période du 1 er trimestre 2018.	69
30	Description de la chaine du traitement des boues proposées pour la STEP d' El Kerma (Oran).	71

Liste des symboles

- ✓ **MS :** matière sèche.
- ✓ **MES :** matières en suspension.
- ✓ **ETM :** les éléments de traces métalliques.
- ✓ **CTO :** les composés de traces organiques.
- ✓ **OVH :** oxydation par voie humide.
- ✓ **DCO :** demande chimique en oxygène.
- ✓ **DBO :** demande biologique en oxygène.
- ✓ **EH :** Équivalant Habitant.
- ✓ **ET :** Élément Trace.
- ✓ **ISDND** : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux.
- ✓ **STEP** : Station d'Epuration des Eaux Usées.
- ✓ **BP** : Boue Primaire.
- ✓ **BS** : Boue Secondaire.

Les stations d'épuration urbaines ont pour rôle d'éliminer la pollution contenue dans les effluents avant leur rejet dans le milieu naturel. Si l'eau en fin de traitement, est effectivement épurée, la pollution initiale se retrouve en partie stockée et concentrée dans les boues issues des diverses étapes de traitement de l'eau. Ces boues étant alors considérées comme un déchet valorisable, qu'il faut éliminer tout en respectant certaines contraintes réglementaires.

Il faut donc adapter le traitement des boues sur STEP en fonction de leurs caractéristiques(quantité, composition, pH, siccité) et du mode d'élimination ou de valorisation choisi. Les conditions économiques locales du moment (débouchés pour les produits, exutoire pour les résidus ultimes) doivent également être prises en compte.

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

Pour notre travail nous avons étudié la chaîne de traitement des boues au niveau de station d'épuration d'El Kerma (Oran) pour l'objet d'une amélioration des technologies permettant un traitement éfficace et moins coûteuse des bous.

pour cela nous avons partagée notre travail comme suit :

- ✓ **Le premier chapitre :** nous présentons quelques connaissances bibliographiques concernant les différentes méthodes de traitement des boues dans le monde.
- ✓ **Dans le deuxième chapitre :** une aperçue générale sur le fonctionnement de STEP
- ✓ **Dans le troisième chapitre :** nous présentons une description détaillée de la station d'épuration d'El Kerma (Oran), et les conditions de fonctionnement de cette dernière ainsi que les différents procédés de traitement des eaux usées est des boues, et les résultats des analyses faites pour les boues produites durant la période de notre stage.
- ✓ **Le quatrième chapitre** : Description de la nouvelle chaine du traitement des boues de la STEP d'El Kerma (Oran).

En fin nous terminons par **une conclusion générale.**

Chapitre I : Étude bibliographique

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes étapes de traitement des boues est les opérations possibles à chaque étape et les méthodes de traitement des boues les plus utilisées dans le monde.

I.1 Les différentes techniques de traitement des boues [1] :

Il existe quatre principales techniques qui peuvent être complémentaires : l'épaississement, la stabilisation (souvent associée à une hygiénisation), la déshydratation et le séchage.

I.1.1) Epaississement :

L'épaississement est généralement la première étape du traitement des boues. C'est un procédé simple, consommant peu d'énergie. Il sert principalement à réduire le volume des boues brutes et constitue une étape préalable aux traitements suivants.

Diverses méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- Epaississement gravitaire : la décantation (ou sédimentation)
- Epaississement dynamique :
  - la flottation.
  - la centrifugation.
  - un système de drainage (gilles et table d'égouttage).

I.1.1.1) Epaississement gravitaire : la décantation (ou sédimentation) :

Cette technique est la plus utilisée pour la concentration des boues. Elle est très répandue dans les grandes stations (10 000-100 000 EH). Une hauteur de 3,5 à 4m est préconisée pour le bassin de décantation, en tenant compte du volume de stockage, afin de faciliter le tassement de la boue. La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées.

Ce procédé est peu coûteux (consommation énergétique de l'ordre de 1 à 7 kWh/tMS) et d'exploitation simple mais de faible performance sur les boues biologiques (boues très fermentescibles) avec une siccité seulement de 1,5-2,5%. De plus, la mise en place de l'ouvrage nécessite une surface et un volume très importants.

Le temps de séjour des boues dans l'épaississeur est d'environ 48h. La performance est variable selon la nature des boues : pour les boues primaire, 40-80kg de MS/m2/jour, et pour les boues biologiques : 25kg de MS/m2/jour.

I.1.1.2) Epaississement dynamique :

I.1.1.2.1) Flottation :

La flottation a l'avantage d'être un procédé rapide par rapport à la décantation et réalisé dans des installations compactes surtout avec les matières en suspension (MES) de faible décantabilité (siccité de 3,5-5%).

Le procédé est basé sur une séparation de phases provoquée par une remontée à la surface des boues sous l'effet de la pression de fines bulles d'air. Les principaux inconvénients de cette technique sont les coûts d'exploitation élevés à cause d'une forte consommation énergétique (entre 60 à 100 kWh/tMS) et son fonctionnement délicat. Ce procédé est donc réservé principalement aux grandes stations.

I.1.1.2.2) Centrifugation :

Cette technique consiste en une séparation, sous l'effet de la force centrifuge, des phases liquide et solide en ajoutant aux boues un polymère en faible dose, permettant d'obtenir un bon compactage (siccité de 4-6%).

Il s'agit d'un procédé rapide (il traite 66 à 100 m3 de boues par heure) et compact, mais très consommateur d'énergie (150 à 300 kWh/tMS) et très sensible à la qualité des boues.

I.1.1.2.3) 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. Il existe des technologies variées. Les tables, grilles et tambours d'égouttage sont des techniques simples, efficaces et financièrement abordables alors que les bennes filtrantes, bien adaptées aux petites stations et de fonctionnement très simple, ont des coûts plus élevés et nécessitent une assistance technique importante.

Le tableau (01) présente une comparaison des techniques d'épaississement sur quelques paramètres.

Tableau 01: Performances et consommation en énergie des différentes techniques d'épaississement[1].

Type d'épaississement	*Énergie (kWh/t MS)*	*Conditionnement*	*Siccité (%)*
Décantation	10 à 20	-	4 à 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

L'épaississement par drainage et décantation est donc la technique la plus performante, elle produit des boues avec une siccité assez élevée en consommant moins d'énergie.

I.1.2) Déshydratation:

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30 % selon la nature des boues).

La déshydratation présente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, elle améliore la stabilisation (temps de séjour augmenté) et facilite une utilisation en agriculture.

Il existe plusieurs techniques de déshydratation mécanique :

- **Filtres presses [2] :**
  - Filtre à plateaux.
  - Filtre à plateaux membranes.
  - Filtre à bande.
  - Presse à vis.
- **Centrifugeuse.**

I.1.2.1) Les filtres-presses :

Le filtre-presse (Figure 01) 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 01 : Exemple de filtre – presse [1]

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. Le chlorure ferrique et la chaux sont les conditionnements les plus souvent choisis, mais il est aussi possible d'utiliser des électrolytes polymères. L'emploi de polymères et de toiles spécifiques facilite la dépose du gâteau, étape cruciale de la déshydratation.

Il faut ensuite effectuer un lavage des toiles : Ce lavage génère d'ailleurs d'importantes quantités d'eaux chargées en MES, qui sont réintroduites en amont de traitement. La dilution des boues qui en résulte doit être prise en compte afin de déterminer la capacité de l'installation.

Ce système fonctionne en général de manière discontinue selon des cycles (remplissage, filtration, dépose, lavage) qui peuvent durer plus ou moins longtemps en fonction de la nature des suspensions de boues, de l'efficacité de l'alimentation et du conditionnement. La qualité de la déshydratation se juge à la facilité de décollage du gâteau.

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. Par ailleurs, les coûts d'investissement d'exploitation sont globalement raisonnables et le filtre-presse fait preuve d'une relative facilité de conduite.

Il existe quatre techniques de filtres presse différentes **: les filtres à bandes, les filtres à plateaux, les filtres à membrane et les presses à vis** (Tableau 02)

Tableau2: Avantages et inconvénients des différentes techniques de déshydratation par filtre-presse.[2]

filtre presse		**Principe**	**Avantages**	**Inconvénients**	**Siccité obtenue**	**Type de station adaptée**
	à bande	Compression des boues entre deux bandes de toile. Une fois la toile débarrassée de la boue, il faut la laver pour qu'elle conserve sa porosité. Ce système nécessite l'addition de polymères dont la composition et la quantité doivent être constamment adaptées à la qualité des boues. Très utilisés dans le passé, les filtres à bande sont abandonnés au profit de technologies plus simples.	lavage régulier - performante pour boues biologiques - grande productivité - fonctionnement en continu	- incapacité de traiter les boues fibreuses - technique quasi abandonnée	25%	petite et moyenne station
	plateaux	Composé de chambres de filtration dans lesquelles la boue est comprimée par des vérins hydrauliques jusqu'à formation d'un gâteau compact. L'alimentation en boues est discontinue.	entretien limité - tout type de boues (préalablement épaissies)	inadapté pour les boues collantes - investissement élevé - automatisation impossible	>30%	grande station
	à membrane	Perfectionnement du filtre-presse. Il permet tout d'abord d'éviter l'effet négatif du débit de fuite sur les flocs en fin de montée en pression.	augmentation de siccité par rapport au filtre à plateaux - 40% de productivité de plus qu'un filtre à plateaux		34%	peu répandu
	à vis	Après la phase d'essorage - compactage, grâce à une vis d'extrusion autour de laquelle se trouve une grille filtrante. Les grilles sont autonettoyantes et spécifiques à chaque type de boue.	n adapté aux boues fibreuses - fonctionnement en continu - peu d'entretien	siccité limitée	20%	peu répandue

I.1.2.2) La centrifugeuse[3] :

La centrifugeuse est le matériel qui a le plus évolué ces dernières années, 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.

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.

Le principal atout des centrifugeuses résidait dans leur adaptation aux grandes stations d'épuration.

Il faut faire attention à ce que les boues ne contiennent pas de sable, sinon, la centrifugeuse risque de se détériorer rapidement. Un contrôle permanent de la nature des boues est donc nécessaire.

La centrifugation permet d'atteindre qu'une siccité comprise entre 40 et 45 %.

Les centrifugeuses, devenant plus économes en énergie, plus compactes, plus performantes, sont les techniques de déshydratation les plus courantes.

Trois types de conditionnement peuvent être effectués avant la déshydratation :

- ***le conditionnement minéral,*** avec utilisation de chaux et d'un coagulant (chlore ou sulfate ferrique). Il permet une forte augmentation de la siccité et une stabilisation des boues. Ce type de conditionnement est utilisé surtout quand les boues traitées sont destinées à l'épandage agricole ou au stockage.
- ***le conditionnement organique*** au polymère. Il peut être réalisé après un ajout de coagulant éventuel.
- ***le conditionnement thermique***, qui permet de dépasser 50% de siccité. Il est employé avec des boues digérées sur de grosses installations.

I.1.3) Séchage[4] : Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer de l'eau libre et liée.

Plusieurs techniques de séchage sont envisageables :

Lit de séchage :

- Séchage solaire
- Lit de sable
- Lagune de séchage

Séchage thermique :

- Séchage direct
- Séchage indirect

Le séchage thermique vient obligatoirement après une étape de déshydratation mécanique.

I.1.3.1) 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'oeuvre élevés. Elle ne peut s'adapter qu'aux grandes stations en raison des surfaces nécessaires.

I.1.3.1.1) Séchage solaire :

La profondeur de boue lors du remplissage peut varier de 10cm à 50cm selon la nature des boues. Ce lit de séchage se trouve sous serre (Figure2), 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.

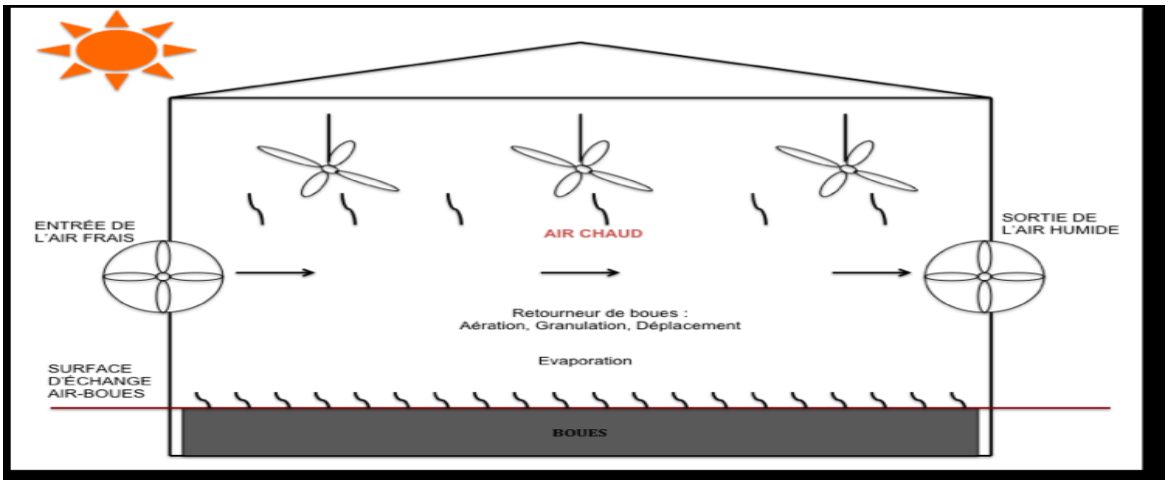


Figure 02: Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire[4].

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.

I.1.3.1.2) Lit de sable :

Ce procédé est basé sur la simple propriété filtrante des sables. Pour éviter toute contamination des sols, le lieu et les modalités d'épandage des boues sur ces lits font l'objet d'une surveillance rigoureuse.

Le procédé consiste à épandre les boues (d'environ 30cm d'épaisseur) sur un lit de sable (étalé sur des couches de granulométrie plus importante comportant un réseau de drainage) (Figure3) pour permettre l'absorption de l'eau interstitielle par le sable. Ensuite intervient une évaporation qui augmente la siccité des boues, jusqu'à 60% dans les conditions les plus favorables.

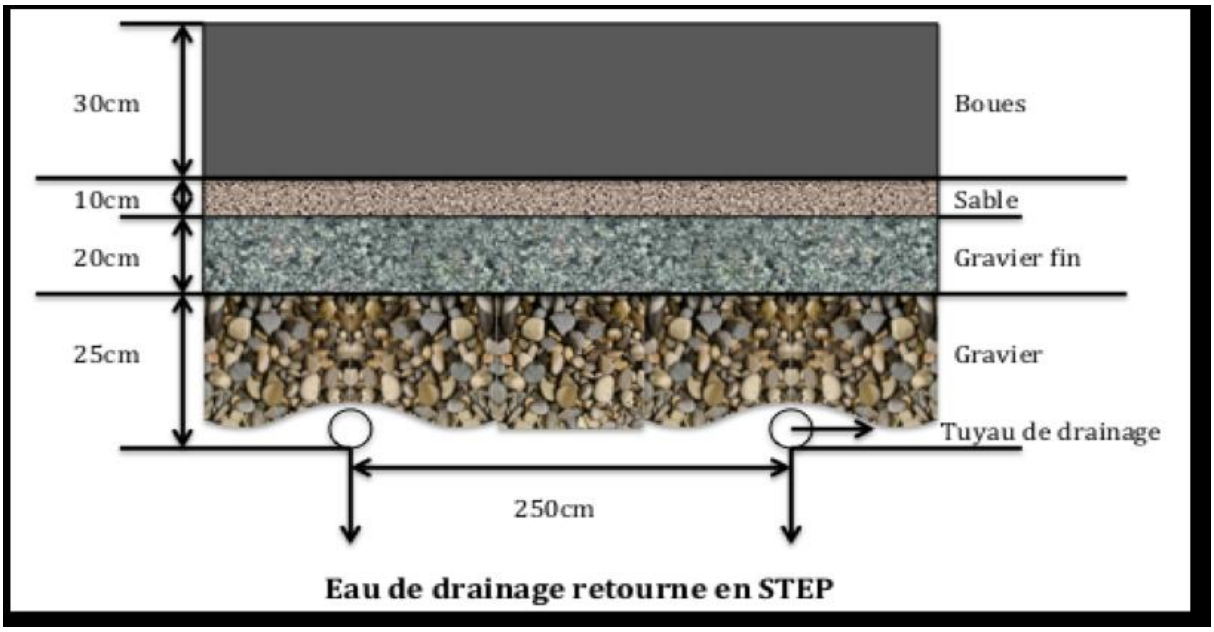


Figure 03: Schéma de la composition principale du lit de sable[4].

I.1.3.1.3) Lagune de séchage :

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

I.1.3.2) 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 sécheurs directs ne peuvent généralement pas produire des boues de siccité supérieure à 70 % à cause de risques d'inflammation ou d'explosion.
- ✓ **le séchage indirect :** qui est un séchage total. Les boues sont chauffées par un fluide caloporteur circulant dans des tuyaux parfaitement isolés. Les sécheurs indirects peuvent former, sans aucun danger, des boues de siccité supérieure à 90 % et parfois même à 95 %.

Dans tous les cas, ces systèmes sont très consommateurs d'énergie : la consommation électrique est d'environ de 30-70 kWh par tonne d'eau évaporée et la consommation en énergie thermique est comprise entre 3 000 et 4 000 kJ/kg d'eau évaporée soit une consommation de 80L de fioul/tonne d'eau évaporée. Il est donc quasiment obligatoire, pour le séchage thermique, d'utiliser une source d'énergie économique si l'on veut obtenir au final un bilan intéressant. Il semble alors très intéressant de valoriser le biogaz produit par la station d'épuration comme source d'énergie du sécheur.

I.1.4) Stabilisation et hygiénisation[6] :

Bien que la stabilisation et l'hygiénisation présentent chacune une finalité différente, on peut les regrouper au sein d'une seule étape visant à réduire au maximum toutes les nuisances de natures biologiques que peuvent produire les boues déshydratées. Ces deux traitements sont souvent assurés par un même procédé.

La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation, les populations bactériennes et la demande Biologique en Oxygène (DBO5).

L'hygiénisation est, quant à elle, destinée à réduire la présence d'agents pathogènes dans les boues afin d'éviter une contamination éventuelle dans le cas d'une utilisation pour la valorisation d'un écosystème (épandage ou revégétalisation par exemple). Ces deux étapes peuvent être assurées de manière biologique, chimique ou physique.

I.1.4.1) Les voies biologiques :

I.1.4.1.1) Digestion aérobie : le compostage.

Le compostage est une dégradation par voie aérobie des éléments organiques fermentescibles des boues. Ce procédé conduit à la formation d'un produit, appelé compost, riche en matières humiques, mais également à des dégagements de gaz carbonique, d'ammoniaque, d'eau, d'azote et de chaleur. Il nécessite un apport en oxygène, en eau et en matières organiques, sources de carbone et d'azote, pour assurer une croissance suffisante des bactéries aérobies. Les matières organiques sont dégradées en phases successives, ce qui permet de déterminer le degré de maturation du produit.

Le compostage présente deux principaux avantages, celui de stabiliser mais aussi celui

d'hygiéniser un « déchet » pour en faire un « produit » conforme à la norme NFU 44-095.5

I.1.4.1.2) Digestion anaérobie : la méthanisation.

Contrairement au compostage, la méthanisation est une fermentation de la matière organique des boues en l'absence d'oxygène. Il existe trois types de fermentations liées à la température ambiante :

- **la fermentation psycrophile** (entre 15 et 20°C) : digestion froide et lente (plusieurs semaines) mais ne nécessitant pas de chauffage.
- **la fermentation mésophile** (entre 30 et 35°C) : procédé reposant sur l'activité des entérobactéries.
- **la fermentation thermophile** (entre 50 et 60°C) : seules les bactéries thermophiles et les actinomycètes subsistent. Le temps de séjour est court, mais l'exploitation s'avère délicate.

C'est la digestion mésophile qui est la plus répandue. La méthanisation correspond donc essentiellement à une technique de stabilisation plus que d'hygiénisation (les principaux micro-organismes pathogènes des boues étant des germes fécaux, les températures atteintes n'ont aucun effet sur eux). Cette technique permet une réduction supplémentaire (jusqu'à la moitié) du volume des boues, ce qui rend le stockage et le transport plus aisés et moins onéreux.

La digestion anaérobie produit d'une part un digestat pouvant être valorisé en agriculture et, d'autre part, du biogaz principalement constitué de méthane (environ 65 %) et de dioxyde de carbone (environ 35%).

I.1.4.2) Les voies chimiques :

I.1.4.2.1) Chaulage :

Comme le compostage et la méthanisation, le chaulage permet de stabiliser les boues en même temps qu'il les hygiénise. Ce procédé intervient après la déshydratation et consiste à déverser de la chaux vive (CaO) ou éteinte (Ca(OH)2) sur les boues, initiant une réaction chimique exothermique. Il permet également une augmentation du pH des boues (supérieur à 12). Le chaulage est une opération totalement maitrisable avec un coût d'investissement modeste. Toutefois, il est moins efficace que d'autres techniques en ce qui concerne l'abattement des bactéries sporulées et les oeufs d'helminthes.

D'après les résultats d'une enquête réalisée par le Service de l'eau et de l'assainissement de la ville d'Amiens6, le chaulage réduit très efficacement la contamination fécale ainsi que la croissance des micro-organismes pathogènes d'origine fécale dans les boues. Il permet également de supprimer les odeurs (stabilisation), d'augmenter encore plus la siccité des boues (25-35%) et d'améliorer leur structure (plus granuleuse) pour faciliter le transport ainsi que le stockage.
Il s'agit d'une opération finale du traitement des boues. La boue chaulée peut ensuite être utilisée en agriculture ou envoyée en stockage), mais rarement incinérée.

I.1.4.2.2) Stabilisation aux sels de nitrite :

Le traitement aux sels de nitrite est bien adapté, techniquement et économiquement, aux petites stations d'épuration. Il assure une stabilisation assez performante par oxydation des composés malodorants, une inhibition de l'activité fermentative, ainsi qu'une hygiénisation (il élimine la plupart des germes fécaux). L'opération ne dure que deux heures environ.

Ce procédé permet aussi d'augmenter la siccité des boues (2 à 5% de plus) ainsi que leur qualité fertilisante, ce qui se révèle particulièrement intéressant en vue d'une utilisation agricole. Il pourrait être une solution alternative au chaulage. A la différence de ce dernier, la stabilisation au nitrite est réalisée en phase liquide, avec des boues épaissies, sans augmenter la masse sèche à évacuer.

I.1.4.3) Les voies physiques :

SAT (stabilisation aérobie thermophile) :

La stabilisation aérobie thermophile sert de pré-digestion et d'hygiénisation en amont de la digestion anaérobie sans aucune action extérieure. Cette technique a pour but de dégrader la Matière Organique (MO) partiellement oxydée et adsorbée sur les flocs en présence d'oxygène.La réaction d'oxydation est naturellement exothermique, la chaleur étant produite paréchauffement spontané. Elle permet, par l'utilisation de réacteurs clos isolés thermiquement et alimentés en air surpressé, de maintenir une température de l'ordre de 50-60°C, des rendements de destruction de la MO de 50% et une élimination importante des mauvaises odeurs. Un temps de séjour minimum d'environ 6 jours est nécessaire pour obtenir une siccité d'au moins 25 à 35 %, selon la nature des boues entrantes.

II.2. Comparaison entre les techniques de traitement présentée dans ce chapitre :

-

I.3. Valorisation et elimination[2] :

I.3.1) Valorisation organique :

Il s'agit de la solution la moins onéreuse mais également la plus fragile en raison des difficultés liées à l'acceptation par le monde agricole de ces « déchets » devenus « produits ».

I.3.2) Valorisation énergétique :

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.

I.3.3) Stockage en anaérobie des boues dans l'ISDND :

Malgré une déshydratation à 30 % obligatoire et une réglementation plus stricte de l'enfouissement, L'intérêt de cette voie d'élimination réside dans la valorisation éventuelle du biogaz produit par la fermentation, voie d'élimination peu onéreuse. Le coût d'évacuation pourrait néanmoins augmenter fortement lorsqu'il s'agira de stabiliser totalement les boues pour pouvoir les stocker. Le coût dépend également de la distance entre la station d'épuration et l'ISDND.

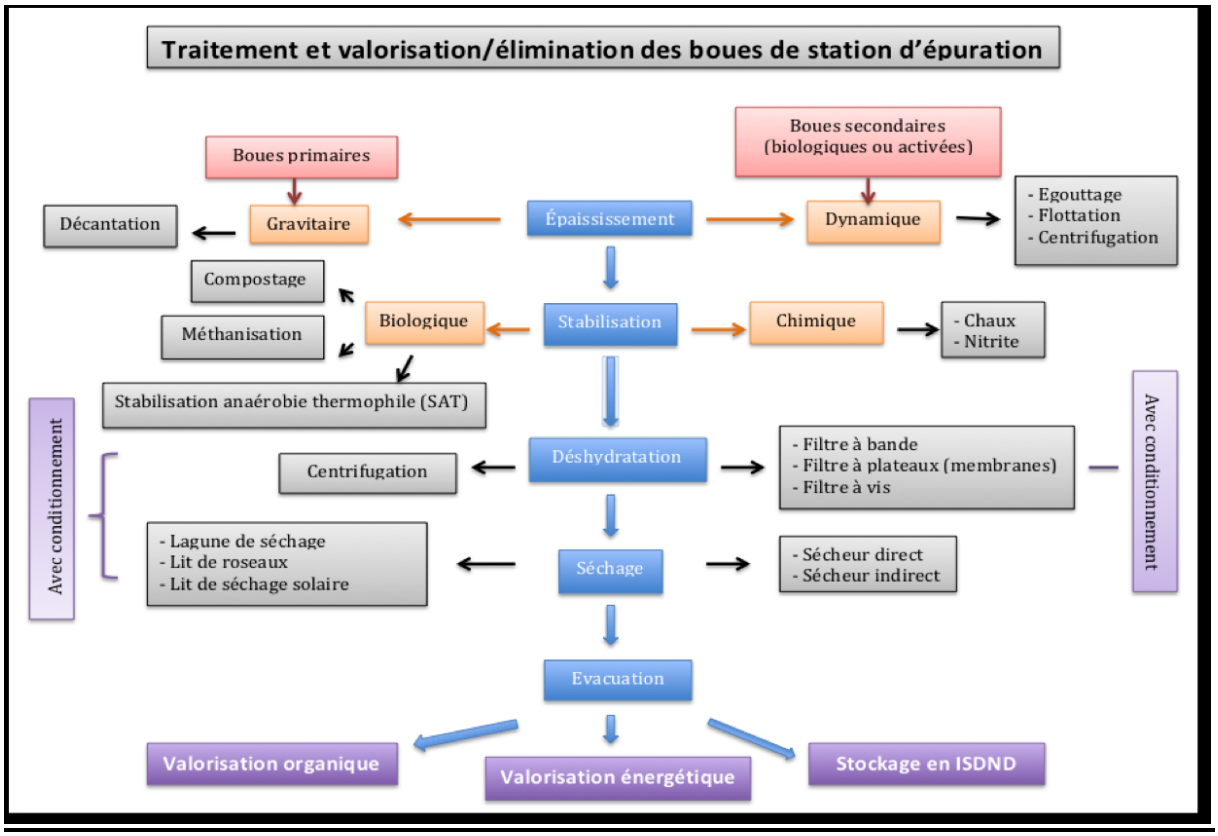


Figure 04: Techniques de traitement des boues et leurs destinat [2]

I.4. Différentes méthodes de traitement des boues dans le monde :

I.4.1) En France [6]:

En France, la grande majorité des eaux usées est traitée par des techniques biologiques, qui utilisent les bactéries naturellement présentes dans l'eau. A la sortie des stations d'épuration (STEP), les eaux traitées sont rejetées dans le milieu naturel, et les matières en suspension, récupérées sous formes de boues, sont traitées, valorisées et/ou éliminées.

En 2015, le gisement de boues produites par les STEP urbaines avoisinait 8.5 million de tonnes de matières sèches (MS).

Techniques de traitement :

les différentes techniques de traitement employées dans 34 STEP en France.

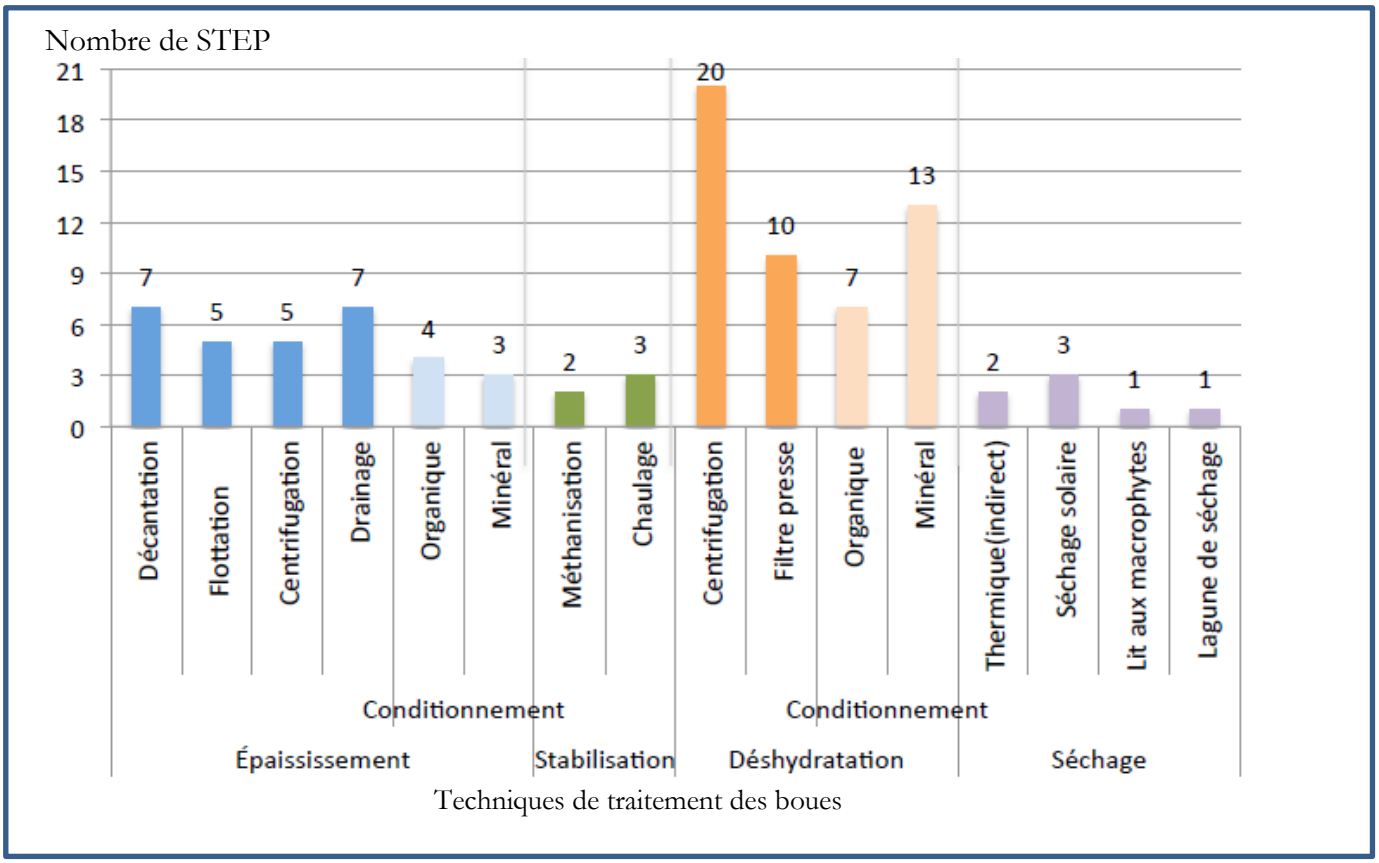


Figure 5 : Techniques de traitement utilisées par les 34 STEP en France

- ✓ 17 STEP épaississent les boues, la siccité atteinte étant comprise entre 1% et 5% ; les quatre techniques d'épaississement (décantation, flottation, centrifugation et drainage / table d'égouttage) sont utilisées de manière plus ou moins égale.
- ✓ 30 STEP ont recours à la déshydratation, atteignant une siccité des boues de 13% à 35% selon les équipements utilisés (la plupart ayant choisi la déshydratation par centrifugeuse).

De plus, dans plus de la moitié des stations d'épuration qui ont des étapes d'épaississement ou de déshydratation des boues, les traitements sont accompagnés d'un conditionnement avec des coagulants / floculants minéraux ou organiques afin de faciliter le procédé.

- ✓ Seules 5 STEP stabilisent leurs boues dont 3 par chaulage et 2 par digestion.

Ainsi, environ 8 643 tonnes de boues d'une siccité de 5% ont été méthanisées en 2014 dans une installation dédiée aux boues. Les digestats produits (30% de siccité)

- ✓ 7 STEP sèchent leurs boues, dont 3 par séchage solaire sous serre et 2 dans un sécheur indirect. La siccité obtenue après séchage varie de 50% à 92%.

Les techniques de traitement sont employées de façon plus ou moins égale pour chaque étape d'épaississement, de stabilisation et de séchage. Ainsi, aucune technique de traitement sur STEP ne serait beaucoup plus avantageuse que les autres, le choix des différentes technologies dépendant du contexte et de la siccité recherchée.
Par contre, pour la déshydratation, la technique de centrifugation est beaucoup plus utilisée que le filtre presse qui est moins adapté à tous les types de stations d'épuration (plus lourd à exploiter, moins automatisable).

I.4.2) En Maroc [20] :

Le Maroc en compte aujourd'hui plus de 70 Stations d'épuration localisées principalement dans le Nord.

Cas la STEP de Marrakech : techniques de traitement des boues utilisés

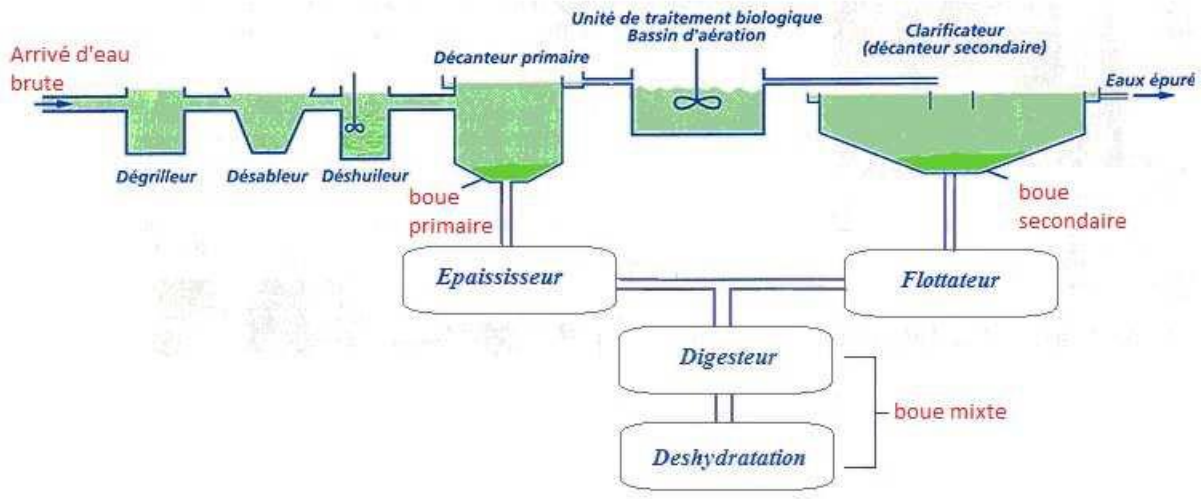


Figure 06: Schéma descriptif de l'origine des boues primaires et secondaires.

1. **Traitement des Boues primaires :**

1.1) Décanteur :

L'eau prétraitée est envoyée depuis déssableurs alimente trois décanteurs primaires. Leurs objectif est d'éliminer par graviter. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules.

Les décanteurs primaires sont de forme cylindro d'une meilleure diffusion hydraulique par un système de raclage qui ramène les boues au centre de l'ouvrage.

Les pompes refoulent les boues directement sur les épaississeurs à partir des puits à boues situés au centre des décanteurs.

1.2)Epaississeur :

La fonction de cet ouvrage est d'augmenter la concentration des boues en vue de les envoyer vers la digestion avec une concentration suffisante (entre 50 et 70g/l) on les séjournant pendant quelques heures.

2. **Traitement des Boues secondaires**

2.1) Clarificateurs

Le mélange «eau – boue » issu du bassin d'aération est mis au repos dans le clarificateur. Les boues plus lourdes que l'eau se déposent au fond du bassin par décantation et sont aspiré par un pont tournant. La partie des boues non décanter est raclés en surface par le même pont tournant. Une partie des boues retourne vers les bassins biologiques afin de maintenir en quantité suffisante la masse bactérienne active, le reste est acheminé vers les flottateurs.

***2.2)*Flottateur :**

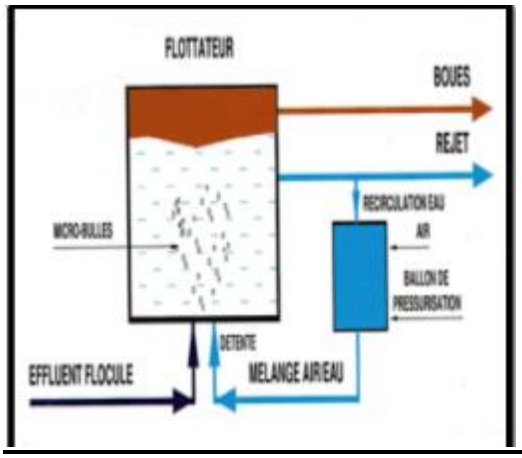


Figure 07: principe de la flottation



Figure 08: Flottateur

L'épaississement des boues biologiques est réalisé par 2 flottateurs à pressurisation indirecte. Les boues préalablement conditionnées avec du polymère (avec une concentration de 2g/l) sont admis dans le flottateur via une cheminée centrale assurant le mélange avec de l'eau pressurisée. Les boues flottées s'agglomèrent à la surface du flottateur jusqu'à former une couche épaisse. Celles-ci sont récupérées via une coupe tournante se déplaçant sur la périphérie de la cuve.

3. Traitement des boues mixtes

3.1) Digesteurs :

Les boues sont extraites par pompe des épaississeurs et les flottateurs, et dirigées directement vers les digesteurs phase 1 et phase 2.Les boues sont stabilisées par digestion anaérobie qui est une fermentation en absence d'oxygène, il en résulte l'élimination d'une quantité très importante de matière organique via des bactéries mésophiles. Par air récupéré pour chauffage par l'intermédiaire d'une chaudière ou production d'énergie électrique par des cogénerateurs. Les paramètres essentiels sont le temps du séjour et la température. Il est prévu une digestion mésophile (37°C) sous condition d'un brassage efficace, avec un temps de séjour de 21 jours.

3.2) Stockeur :

Les boues digérées s'écoulent par gravité depuis des digesteurs vers une unité de stockage de forme circulaire. Afin d'admettre homogène, le stockage aval a également pour fonction de mélanger les boues primaires et secondaires avant leurs déshydratation par l'intermédiaire d'une agitation puissante.



Figure 09: stockeur

3.3) Déshydratation :

Les boues stockées sont envoyées vers les filtres a bandes pour être déshydrater. L'alimentation des filtres à bande se fait par 2 pompes.La boue est entrainé entre deux filtre à bande en bénéficiant du pressage progressive entre les toiles de la machine, la pression effectué on plus de l'ajout du polymère permet l'infiltration de l'eau en dehors du système.
Les eaux issues du traitement des boues sont renvoyées vers le prétraitement.

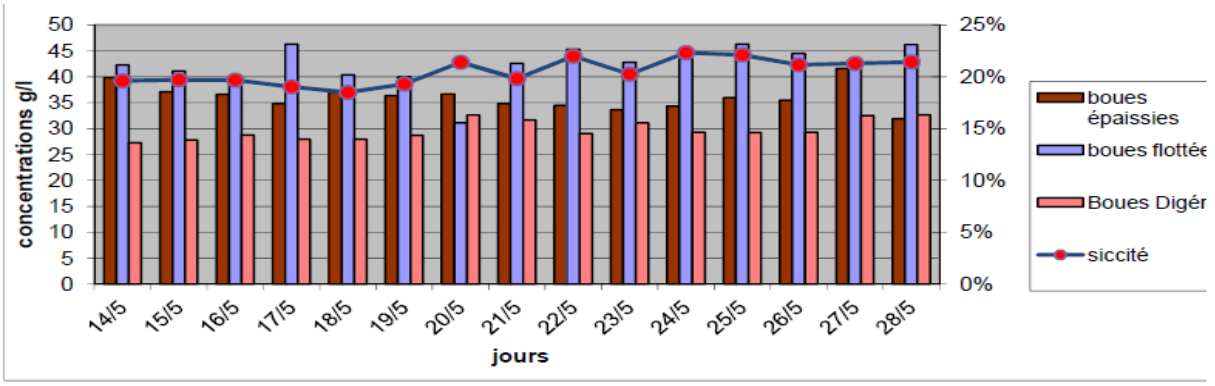


Figure 10 : Variation de la siccité en fonction des BF, BE, BD

I.4.3) Etat actuel [22] : (Algérie)

Les 150 stations d'épuration en exploitation produisent actuellement quelque 250.000 tonnes de boues annuellement avec des prévisions de 400.000 tonnes en 2020, selon les chiffres du ministère des Ressources en eau.

Tableau04 : Situation de l'assainissement en Algérie

	Nombre de STEP en exploitation	Capacités installées en million Eq/hab	Volume d'eau épurée en million de M3/an	Quantités des boues produites en T/J
ONA	96	6,88	161	106
SPA et autres	54	/	/	433
Total	150	/	/	539

Cas de la STEP d'ANNABA [21] :

Techniques de traitement des boues utilisés.

- Épaississement des boues :

L'épaississement dynamique Par égouttage : la boue floculée est épaissie par égouttage sur une toile filtrante.

- La stabilisation :

La stabilisation chimique

- Le chaulage :

Le chaulage bloque simplement l'activité biologique, et donc l'évolution de la boue, par adjonction d'une quantité importante de chaux (10 à 50 % de la matière sèche, en général 30 %), élevant le pH au-delà de 12. La chaux utilisée peut se présenter sous deux formes différentes : Chaux vive (CaO) ou Chaux éteinte (Ca(OH) 2).

Ce traitement apporte un appoint en calcium qui peut être bénéfique lors de la valorisation de la boue. Le chaulage suppose généralement une déshydratation préalable des boues.

- La déshydratation : La déshydratation des boues est réalisée de deux manières :
    a) La déshydratation par filtration Sur filtre à bande : la boue floculée est déshydratée par compression et cisaillement entre deux toiles.
    b) Séchage sur lit : La technique des lits de séchage se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine l'évaporation naturelle et le drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable ou de graviers.

Cas de la STEP d'Ouargla [19] :

techniques de traitement des boues utilisés :

Les filière de traitement comprenant : l'épaississement, la stabilisation et la déshydrations.

- **épaississement des boues :**

L'épaississent constitue en fait le premier stade de la réduction du volume des boues, cette opération d'épaississement se faire par gravité (épaississement par décantation) ou par flottation (épaississement par flottation).

- **la stabilisation :**
  - stabilisation chimique.
  - stabilisation anaérobie.
- **la déshydratation *:***

  La déshydratation des boues est réalisée de deux manières :
  - la déshydratat ion naturel.
  - la déshydratat ion mécanique : (centrifugation).

I.5. CONCLUSION :

- Le traitement des eaux usées conduit à la production de boues, qui contiennent des composés inertes et organiques, des polluants et des pathogènes.
- La production de boues est de plus en plus difficile à gérer, Cela pousse les gouvernements à rechercher des solutions technologiques permettant de la réduire au même titre que la gestion des autres types de déchets.
- Ce chapitre présente un large éventail des techniques actuelles destinées au traitement des boues et à leur valorisation.
- Les étapes de traitement présentées dans ce chapitre ne sont ni successives ni obligatoires.
- Le choix de technique de traitement dépend la nature de boues à traiter et des filières de valorisation /élimination prévues.
- Un traitement adapté et performant de ces boues est donc indispensable pour maîtriser de façon globale l'assainissement des eaux usées.

Chapitre II : généralités

II.1. Introduction :

Après l'utilisation de l'eau par les trois plus grands consommateurs que sont le ménage, l'agriculture et l'industrie, l'eau charrie avec elle les saletés, qui sont rendent nocive pour l'environnement et impropre à sa réutilisation future d'où la nécessite de développer l'ingénierie du traitement des eaux et boues.

Alors la station d'épuration des eaux usées c'est une nouvelle technique qu'on à pratique récente traite des eaux usé et par plusieurs ressources (domestique, industrielle et agricole.etc.) ; les stations d'épurations sont des installations industrielles qui rendent aux eaux usées une qualité compatible avec le cours d'eau récepteur.

Dans une station d'épuration, le traitement des eaux va se réaliser dans une série d'ouvrages, mis les uns derrière les autres et jouant chacun un rôle bien particulier

Les techniques mises en œuvre sont variables et retenues en fonction d'une série de paramètres tels que :

- ✓ la nature des eaux usées
- ✓ la qualité de l'épuration souhaitée
- ✓ les conditions climatiques
- ✓ la topographie et la nature du terrain
- ✓ la surface disponible
- ✓ le coût du terrain etc.

II.2. Des définitions :

II.2.1) Une station d'épuration :

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel. Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.

Une station d'épuration est généralement installée à l'extrémité d'un réseau de collecte. Elle peut utiliser plusieurs principes, physique et biologiques. Le plus souvent, le processus biologique car il fait intervenir des bactéries capables de dégrader les matières organiques. La taille et le type des dispositifs dépendent du degré de pollution des eaux à traiter.

Une station d'épuration est constituée d'une succession de dispositifs, conçus pour extraire en différentes étapes les différents polluants contenus dans les eaux. La pollution retenue dans la station d'épuration est transformée sous forme de boues. La succession des dispositifs est calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter. [16]

II.2.2) Des eaux usées [11] :

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme

« Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines »

II.2.3) Les différents types des eaux usées[11] :

On distingue 3 types des eaux usées :

- **Les eaux usées domestiques :**

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales).

Ces eaux contiennent des matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.), et des matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses

- **Les eaux pluviales :**

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de La terre, des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents...etc.

- **Les eaux usées industrielles :**

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales.Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement

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

II.3. Les étapes de traitement des eaux [15] :

II.3.1) Le traitement primaire :

Le traitement primaire repose essentiellement sur le principe de la séparation des constituants solides de la phase liquide par un processus de décantation, de sédimentation. Le traitement primaire est réalisé souvent en deux parties : le prétraitement et une décantation primaire.

II.3.1.1) Le prétraitement :

Le prétraitement consiste à extraire de l'eau la plus grande quantité des éléments présents, il comporte l'ensemble d'opérations suivantes :

- ✓ Dégrillage,
- ✓ dessablage
- ✓ dégraissage

- ✓ déshuilage

a) Le dégrillage :

il s'agit de séparer des eaux brutes, les matières les plus volumineuses, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent, afin d'éviter les risques de colmatage. Il est donc indispensable en tête de la station d'épuration Selon l'efficacité désirée, il est possible de distinguer entre le pré-dégrillage (espacement des barreaux 30-100mm), le dégrillage moyen (espacement des barreaux 10-30mm) et dégrillage fin (espacement des barreaux 3-10mm).

Les types de grilles :

Techniquement, il y a deux types de grilles sont :

- ✓ Grilles manuelles.
- ✓ Les grilles mécaniques.

b) Dessablage :

le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables et des graviers qui se déposent alors au fond de la cuve de dessableur entraînant avec eux les grains légers, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et les conduites et protéger les pompes et les autres appareils contre l'abrasion. Le fond du bassin est ensuite nettoyé par un racleur qui entraîne les graviers dans une nouvelle cuve, les séparant ainsi de l'eau à épurer.

Les types des Dessableurs :

- ✓ Dessableurs à couloirs
- ✓ Dessableurs rectangulaire à insufflation d'air
- ✓ Dessableurs circulaire

c) Dégraissage :

Le dégraisseur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle ou accélérée par injection de fines bulles.

L'opération se fait par flottation grâce à l'introduction d'air comprimé qui fait remonter en surface de l'eau des particules huiliers émulsionnées et favorisent leur agglomération, les graisses flottes sont rassemblés dans une zone de tropicalisation ou ils sont raclées.

Les types des Dégraissage :

- ✓ Dégraissage statique
- ✓ Dégraissagesaérés

II.3.1.2) La décantation primaire :

La décantation primaire vise à parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des MES naturellement décantables et par une élimination poussée des flottants (huiles et graisses). Lors de cette étape, les particules, dont la densité est supérieure à l'eau, vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Les particules seront éliminées du fond du bassin périodiquement.

II.3.2) Le traitement secondaire :

Il s'agit de l'élimination de la pollution organique et minérale.
Le traitement secondaire se fait le plus souvent de manière :

- ✓ biologique
- ✓ physico-chimique

Traitement physico-chimique :

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules colloïdes de très faible diamètre. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible.
Les matières existantes dans l'eau peuvent se présenter sous les trois états suivants:

- Etat de suspension qui regroupe les plus grosses particules.
- Etat colloïdal.
- Etat dissous des sels minéraux et des molécules organiques.

Traitements biologiques :

Ils utilisent des bactéries aérobies qui dégradent rapidement par voie oxydative les composés organiques contaminant l'eau. Ces micro-organismes ont une activité pratiquement illimitée. Ils sont capables de transformer nombre de molécules organiques ou minérales grâce à leur extrême richesse en enzymes qui catalysent les réactions nécessaires d'une part, à leur respiration, d'autre part à la synthèse de la matière vivante par biodégradation du milieu.

Le traitement biologique se fait le plus souvent par les méthodes suivant :

a) Le traitement par boues activées :

Le procédé à boues activées est un système fonctionnant en continu dans lequel, des micro-organismes sont mis en contact avec les eaux usées contenant des matières organiques. l'oxygène est injecté dans le mélange, permettant de fournir aux bactéries cet élément vital à leurs besoins respiratoires dans des Bassins d'aération.

Les bassins d'aération sont les réacteurs biologiques dans lesquels s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies. Ils constituent un élément fondamental de la filière définie sous le terme de boues activées.

b) L'épuration sur lit bactérien :

Cette technique est basée sur le principe de l'autoépuration du sol qui permet la biodégradation des matières organiques.

Ce procédé consiste à alimenter en eau usée préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériaux servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique, cette masse se compose soit: de pouzzolane (roche volcanique) ou de matériaux plastiques. Les eaux usées sont distribuées sur le matériau filtrant et s'écoulent au travers du lit sous l'effet de la pesanteur. Une aération est pratiquée le plus souvent par tirage naturel et quelque fois par ventilation forcée.

b) Les disques biologiques :

Ce procédé est un système d'épuration biologique aérobie où la culture bactérienne est fixée sur un support. Il est également appelé procédé d'épuration par bio-disque.
Le réacteur est constitué de disques en matière plastique, de diamètre élevé et montés, en série sur un axe horizontal. Le tambour, à demi immergé tourne autour de cet axe. Un bio-film, dont l'épaisseur varie de 1 à 4mm, se développe sur les disques.
La rotation permet le contact entre les micro-organismes épurateurs (bio-film) qui se développent fixés au disque et l'effluent, puis l'aération de ce bio-film. Après leur contact avec le bio-film, l'eau est envoyée vers un clarificateur pour la séparation des phase.

Les bactéries : se sont des micro-organismes qui jouent un rôle essentielle dans le traitement biologique, elles peuvent dégrader et assimiler une grande partie d'eau usée, ces bactéries rejettent dans le milieu des produits de dégradation.

II.3.3) Le décanteur secondaire (la clarification) [14] :

Dans une station d'épuration, le décanteur secondaires l'ouvrage fondamental qui assure la séparation gravitaire de la boue et de l'eau épurée rejetée dans le milieu récepteur. Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception, une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité. décanteur secondaire est à considérer comme facteur sécurisant au plan hydraulique.
La recirculation permet :

- ✓ De maintenir une concentration en MES constante et correcte dans le bassin d'aération.
- ✓ D'éviter l'accumulation des boues dans le clarificateur et le débordement du lit de boue.
- ✓ De limiter le temps de séjour dans le clarificateur pour garantir une bonne qualité de boue.

Les types Le décanteur secondaire :

On distingue deux types Le décanteur secondaire :

- ✓ ***Système à bassins séparés*** : l'aération et la clarification se font dans deux bassins distincts.
- ✓ ***Système combiné*** : la phase d'aération et de clarification ont lieu dans le même ouvrage

II.4. Les boues :

Le bon fonctionnement de la STEP est conditionné par l'extraction régulière des boues, selon le système adopté, la boue est sous formes liquide, solide ou pâte.

II.4.1) Définition des boues :

Les boues sont définies comme un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent. Elles sont issues du traitement des eaux usées domestiques et/ou industrielles, est ces boues elles contiennent :

- ✓ des matières organiques
- ✓ des substances azotées
- ✓ des micro-organismes
- ✓ des résidus chimiques (produits d'entretien, pesticides, médicaments, métaux lourds etc.) [17].

II.4.2) Définition de La siccité :

Les boues sont constituées d'eau et de matières sèches. 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 à 10%.
- ✓ Boues pâteuses : siccité de 10 à 25%.
- ✓ Boues solides : siccité de 25 à 85%.
- ✓ Boues sèches : siccité supérieure à 85%.

II.4.3) Propriétés physiques des boues :

II.4.3.1) La couleur :

La couleur de boues varie entre le brun et le gris, leur odeur est souvent très désagréable car ce sont des produits facilement fermentescibles et il y a un début de décomposition pour leurs traitements ultérieurs.

II.4.3.2) La teneur en matière sèche :

Il s'agit de mesurer le poids des résidus sec après chauffage à 105°C jusqu'au poids constant, on l'exprime généralement en pourcentage, la concentration en matière sèche permet de connaitre la quantité de boue à traiter, quel que soit son niveau de concentration dans la filière de traitement.

II.4.3.3) La teneur en matière volatiles :

Ce paramètre livre une précieuse indication sur le degré de stabilisation de la boue et son aptitude à divers traitements. On mesure cette teneur par la différence entre le poids de boues sèches (105°C) et celui de cette même boue après chauffage jusqu'au poids constant à 550°C, cette teneur varie de 60 à 85% des matières sèches.

II.4.3.4) Teneur en eau :

L'eau contenue dans les boues se présente sous quatre grandes classes :

- ✓ L'eau libre qui s'élimine facilement par filtration ou décantation.
- ✓ L'eau interstitielle : C'est l'eau prisonnière des enchevêtrements des polymères ou enfermée dans les pores des flocs suite à l'agglomération des particules. Cette fraction est liée à la surface des particules solides par des liaisons hydrogènes fortes.
- ✓ L'eau vicinale représente une épaisseur équivalente à une dizaine de molécules d'eau autour des particules. Elle est éliminée par séchage thermique.
- ✓ L'eau d'hydratation : C'est la fraction d'eau chimiquement liée aux particules. Elle ne peut être éliminée que par des dépenses très importantes d'énergie thermique.

II.4.4) Origine des boues [1] :

Il existe deux types de boues :

- ➢ **Les boues urbaines :**

Résidus de l'épuration des eaux usées domestiques, La composition des boues urbaines dépend du type de traitement des eaux usées de la station dont elles sont issues et de la présence éventuelle d'effluents industriels. Elles possèdent néanmoins des caractéristiques communes : elles contiennent toutes de l'azote, du phosphore et de la matière organique. Elles peuvent aussi contenir des substances indésirables telles que des Eléments Traces Métalliques (ETM), des Composés Traces Organiques (CTO), des micro-organismes pathogènes et des composés pharmaceutiques.

- ➢ **Les boues industrielles :**

Produites par les unités industrielles. Les boues industrielles sont beaucoup plus hétérogènes et dépendent du type d'industrie dont elles proviennent. Les usines de recyclage

de papier produisent par exemple des boues constituées de cendres de fibres cellulosiques, d'amidon et de pigments synthétiques ainsi que des boues de désencrage de composition spécifique.

Il faut donc adapter le traitement des boues sur STEP en fonction de leurs caractéristiques.

II.4.5) Différents types de boues de STEP :

On distingue donc différents types de boues, en fonction de la nature du traitement épuratif :

- **les boues primaires :** qui proviennent du traitement primaire des eaux usées par décantation,
- **les boues biologiques :** biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelés boues secondaires ou boues activées.
- **les boues mixtes :** mélange de boues primaires et de boues biologiques. Elles proviennent de la totalité de la station.
- **les boues physico-chimiques :** provenant de la décantation après traitement avec un réactif.

Tableau05: Différents types de boues de STEP [8].

Type de boue	***Boues primaires***	***Boues biologiques (boues secondaire ou boues activées)***	***Boues mixtes***	***Boues physicochimiques***
Origine	traitement primaire par décantation	traitement biologique secondaire	Traitement primaire et secondaire	décantation après traitement avec un réactif
Composition et siccité	matière inorganique	composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques	mélange de boues primaires et de boues biologiques	avec un réactif
	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 :

- des ETM (éléments traces métalliques). Les 7 métaux les plus souvent retrouvéssont : 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 dans l'organisme (oligo-éléments), mais deviennent généralement toxiques au-delà d'une certaine concentration.

- des micropolluants organiques : les substances les plus fréquemment considéréessont les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et les CTO (Composés Traces Organiques).
- 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.
- des substances à visée thérapeutique, y compris les hormones et en particulier les substances contraceptives, les résidus de traitement cancéreux.
- Les substances pharmaceutiques, malgré leur faible concentration dans les boues restent bioaccumulables et entrent dans la chaine alimentaire. Elles peuvent donc présenter un risque pour les hommes.

II.4.6) Les différentes filières de traitement des boues [9] :

Les boues se présentent sous une forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes et posent beaucoup de problèmes techniques pour leur évacuation « quelle que soit la destination », parmi lesquels leur transport et leur stockage qui conduisent souvent à des problèmes de manipulation et des nuisances olfactives. Ceci impose le choix d'une filière de traitement dès l'installation de la STEP.

Généralement, le traitement des boues a deux objectifs :

- ✓ **La stabilisation :**

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

- ✓ **La déshydratation :**

La concentration des boues qui a pour objectif de réduire leur volume (plus de 97 % d'eau) par épaississement et/ou par déshydratation pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage. Un conditionnement est souvent utilisé en amont pour favoriser la séparation liquide-solide à l'aide de floculants organiques de synthèse ou minéraux, et autoclavage. Selon la puissance du procédé de séchage utilisé, épaississement, déshydratation ou séchage thermique, on obtient des boues à différents pourcentages de siccité : Boues liquides (4 à 10 %), Boues pâteuses (10 à 25), Boues solides (25 à 50 %), Boues granulées ou en poudre pour une siccité supérieure à 85 %.

II.5. CONCLUSION :

- L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.
- L'épuration des eaux usées est un ensemble des 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.
- Les eaux usées regroupent les eaux usées domestiques, Les eaux pluviales, Les eaux usées industrielles
- Les principaux déchets résultant du traitement des eaux sont des boues. Boues résiduaires Elles proviennent du traitement des eaux usées. Elles contiennent : des matières organiques, des substances azotées, des micro-organismes, des résidus chimiques (produits d'entretien, pesticides, médicaments, métaux lourds etc.)
- Traitement des boues ; Les boues sont traitées selon les besoins par divers procédés en vue de leur élimination.

Chapitre III : Analyses et caractérisation

III.1. Introduction :

L'épuration des eaux usées génère plusieurs sous-produits constitués principalement par les boues. A l'heure où les conditions d'admission en décharge se renforcent, les quantités de boues résiduaires urbaines et industrielles ne font que croitre. La conjugaison de ces deux facteurs pose d'importants défis pour l'avenir, et rend impérative la maitrise du devenir des boues.

Au cours de ce chapitre nous sommes intéressés de donner une description détaillée de la station d'épuration d'El Kerma (Oran), et les conditions de fonctionnement de cette dernière ainsi que les différents procédés de traitement des eaux usées est des boues.

On discutera aussi les résultats des analyses faites pour les boues produites durant la période de notre stage.

III.2. Généralité sur la station :

III.2.1) Situation de la STEP :

Wilaya : ORAN, commune : Kerma,

Zone géographique : au sud de la wilaya.

Région hydrographique : au bord de la sebkha d'Oran.

Les agglomérations raccordées à la STEP : partie d'Oran, Bir ElDji, Es Senia et El Kerma

Nature des eaux usées : Urbaine

Equivalent Habitant : 1.526.000 EH

III.2.1) Alimentation de la station :

La ville d'Oran est accordée à un réseau d'assainissement relié à la station de pompage. Cette dernière pompe les eaux usées vers la station d'EL Kerma.
Malheureusement, pas tous les réseaux d'assainissement d'Oran ne sont reliés à la station de pompage.

Il faudra un débit de Q=270.100 m3/j pour que la station soit opérationnelle à 100 % mais actuellement elle fonctionne avec un débit Q= 80.000 m3/j



Figure11 : plan de masse de la station d'épuration d'El Karma (Oran)

III.3. Description des installations de la station d'épuration :

III.3.1) description de traitement des eaux

La station d'épuration est prévue pour traiter les eaux usées du groupement urbain d'Oran en Algérie.

Les étapes de traitement :

1) Le traitement primaire :

Le traitement primaire est réalisé souvent en deux parties : le prétraitement et une décantation primaire.

1.1) Le prétraitement :

Le prétraitement consiste à extraire de l'eau la plus grande quantité des éléments présents, il comporte l'ensemble d'opérations suivantes :

a) Le dégrillage :

Dans la station d'épuration d'El Kerma (Oran) Le dégrillage est composé de 4 chenaux de dégrillage équipés des dégrilleurs fins (espacement entre les barreaux = 10mm).

Les grilles mécaniques sont inclinées de 75 degrés offrant une grande surface de passage. Les refus des dégrilleurs seront déchargés sur une bande transporteuse commune qui les transporte vers une presse laveuse. Les refus de dégrillage seront lavés, ensachés et déchargés dans une benne.

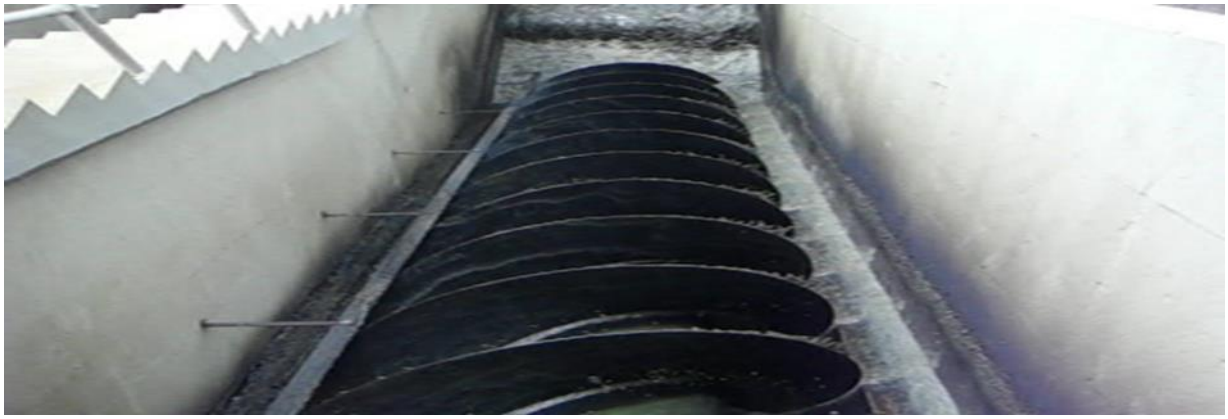


Figure12 : dégrillage

b) Dessablage-déshuilage :

Un chenal de sortie fait suite au poste de dégrillage en amenant les eaux dégrillées vers quatre chenaux de dessablage- déshuilage.

Les sables décantent dans un temps de séjour d'environ 15min après asséchés puis déchargé dans une banne.

Les matières flottantes et les graisses s'accumuleront à la surface du déshuilage et seront raclées jusqu'à l'entrée d'un puits a graisses.



Figure 13 : Dessablage-déshuilage

1.2) Décantation primaire :

Dans STEP d'El Kerma (Oran). nous avons prévu 4 décanteurs primaires, équipés de ponts racleurs. Les dimensions de chaque décanteur primaire sont :

Diamètre : 48 ,9 m

Hauteur d'eau : 2,56 m



Figure 14: Les décantations primaires de la STEP d' El Kerma (Oran).

2) Le traitement secondaire

Le traitement biologique dans la STEP d'El Kerma (Oran) se fait par la méthode suivant :

Le traitement par boues activées :

Le traitement à boues activées sera composé de 4 bassins d'aération. en béton, qui seront équipés d'aérateurs de surface.

On a :

- Nombre d'ouvrage : 4
- Volume d'un basin : 10584 m3
- Charge massique des boues : 0.35 kg DBO5 / (kg MES x j)
- Nombre de cascades pour ouvrage : 4

3) Le décanteur secondaire (la clarification) :

Dans la STEP d'El Kerma (Oran), il a été projeté de construire 8 décanteurs secondaires circulaires, chaque ensemble de 4 décanteurs formants un groupe fonctionnel. Entre ces deux groupes sera situé l'ouvrage de répartition des décanteurs secondaires,équipé d'un canal central à déversoir bilatéral. Chaque canal débouchera dans un puits d'où partira la conduite d'alimentation du décanteur secondaire concerné.

Le décanteur secondaire aura les dimensions suivantes :

- Nombre d'ouvrage : 8
- Diamètre : 56,5m
- Hauteur utile à 2/3 du diamètre : 3,4m

Les boues décantées seront pompées dans un puits à boues commun pour chaque ensemble de 4 décanteurs secondaires et acheminées vers la station de pompage des boues de retour.
La boue surnageant produite est envoyée dans deux puits pour être également acheminée vers la déshydratation mécanique ou bien vers la station de pompage des boues de retour.
L'eau claire des décanteurs secondaires s'écoule gravitaire ment vers le chenal des sorties de la station d'épuration.

4) Poste de pompage des boues de recirculation et des boues en excès :

Recirculation des boues :

Les boues décantées sont acheminées par une tuyauterie vers deux fosses de pompage des boues de recirculation et des boues en excès.

Pour assurer un traitement efficace, il faut maintenir un taux de MES stable dans le bassin d'aération, il est nécessaire de faire recercler une partie des boues qui sont extraites du décanteur secondaire vers l'entrée du bassin d'aération. Ces boues sont appelées boues de retour ou de recirculation

Le choix est porté sur quatre pompes avis d'Archimède pour relevage des boues de retour dans un canal. Ces boues seront acheminées par la suite gravitaire ment vers les bassins a boues activées.

Evacuation des boues en excès :

La biomasse augment quotidiennement, avec la quantité de pollution traitée. Il est donc nécessaire d'extraire régulièrement les boues excédentaire pour maintenir un taux de MES stable dans le bassin d'aération. Le volume de boues envoyé à l'épaississement est mesuré avec un débitmètre électromagnétique sur la conduite de refoulement des boues en excès.
On installe 3 pompes dans la station de pompage des boues.

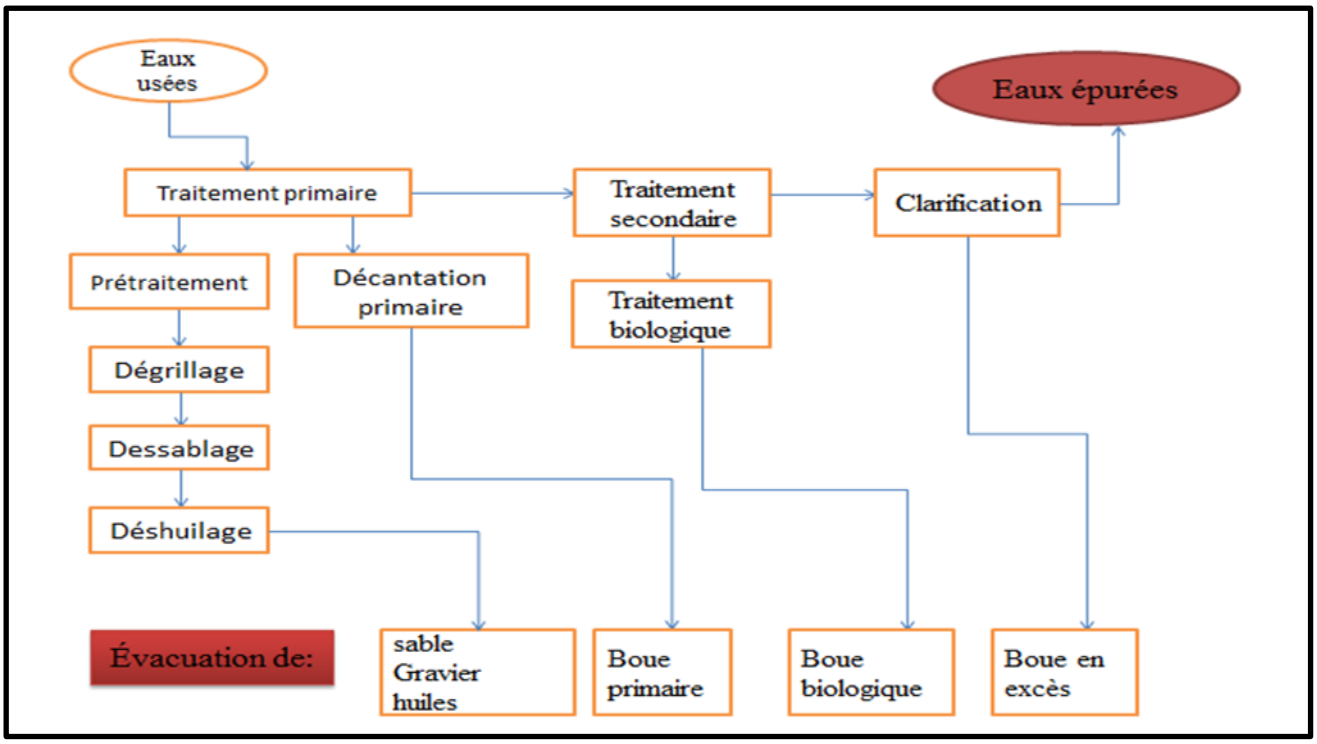


Figure15 : Description de la chaine du traitement des eaux usées de la STEP d' El Kerma (Oran).

III.3.2) Description de traitement des boues :

III.3.2.1) Différents types des boues de STEP d'ORAN :

On distingue donc différents types de boues, en fonction de la nature du traitement épuratif :

- **les boues primaires *:*** qui proviennent du traitement primaire des eaux usées par décantation.
- **les boues biologiques *:*** biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelés boues secondaires ou boues activées.
- **les boues mixtes *:*** mélange de boues primaires et de boues biologiques.

III.3.2.2) Les différentes étapes de traitement des boues :

a) Epaississement :

Epaississement des boues primaires et des boues en excès :

Les boues primaires des 4 bassins de décantation sont prélevées plusieurs fois par jour puis transportée par deux pompes à vis vers les épaississeurs on a deux épaississeurs de boue primaire fonctionnent comme un épaississeur continu.

Le chargement s'effectue parallèlement entre chacun des deux épaississeurs, la boue primaire est compressée dans l'épaississeur de boue primaire d'environ 3% à 5% (siccité).

La boue primaire compressée est également retirée tour à tour des deux épaississeurs au moyen d'une pompe à vis excentrée avec broyeurs intégrés puis transportée dans le bassin d'homoygenenation l'eau trouble provenant de l'épaississement de boue primaire est envoyée vers la station de pompage des eaux troubles.

La boue en excès est épaissie par 3 épaississeurs (2 en fonctionnement et 1 en réserve) d'une teneur en matière solides d'environ 0 ,8% à 6% en ajoutant des polymères.

Pour l'épaississement mécanique des boues en excès le floculant nécessaire est préparé dans une station de préparation de floculant puis pompé par une pompe de dosage.

La boue en excès épaissie est transportée à l'aide de pompes à vis excentrée vers le bassin d'homogénéisation pour l'approvisionnement des digesteurs par pompage.

b) l'homogénéisation :

On construit un bassin d'homogénéisations d'un volume d'environ 200 m3, ce bassin sert à la formation des boues mixtes à partir de boue primaire et boues excès (biologique).

Ont installé un moteur submersible pour l'homogénéisation. Il fait en plus office de réservoirs de compensation pour pouvoir approvisionner les digesteurs continuellement pendant 24h.

c) Stabilisation :

Digestion anaérobie : la méthanisation

La digestion mésophile est la plus répandue est qui utilisé dans la STEP d'El Kerma (Oran). La boue s'effectue au milieu mésophile dans quatre digesteurs anaérobies d'une température d'environ 37°C et d'un volume de 9605 m3. Pour un volume total de 38420 m3, on obtient un temps de séjour de 21 jours. Ce temps de séjour permet une stabilisation pour les boues mixtes.

La forme du digesteur soit cylindrique au milieu avec deux parties coniques au-dessus et en dessous. La circulation importante dans le digesteur nécessaire au processus de digestion a lieu grâce à un mélangeur de boue.

Pour l'extraction de la boue deux possibilités sont envisagées.

- ✓ Une extraction classique de la boue à partir du cône inférieur.
- ✓ Une extraction du surface dans la tête de digesteur.

Installation de gaz :

Le biogaz produit pendant le processus de stabilisation anaérobie est conduit de la tête du réservoir vers le gazomètre par un système de canalisation de la production de gaz et quatre filtres à gravier qui servent à la séparation de l'eau et à un premier assainissement du biogaz.

La production de chacun des quatre digesteurs est comptée séparément. Le gazomètre sert à la compensation entre la production et le besoin de gaz. Pour le gazomètre il s'agit d'un gazomètre sac à basse pression équipé d'une membrane est soumise à une pression dans le système de gaz d'environ 35 mbar. Cette pression est suffisante dans les bonnes conditions pour conduire le gaz vers la chaufferie sans augmenter la pression du gaz.

Chauffage :

Pour la mise à disposition de l'énergie thermique nécessaire au chauffage du digesteur, le biogaz est brulé à un niveau de température de 90 à 170°C dans une chaufferie de trois chaudières pour la production d'eau chaude.

L'eau chaude est redistribuée vers les consommateurs d'énergie au moyen de pompes de circulation d'eau chaude et un système de canalisation.

d) Épaississement secondaire :

La boue ôtée du digesteur s'écoule gravitaire ment vers deux épaississeurs qui peuvent être approvisionné mutuellement. Ces réservoirs ne sont pourtant pas utilisés comme épaississeurs car après un large épaississement antérieur de la boue mixte aucun épaississement supplémentaire notable n'est à prévoir. Les réservoirs servent à la compensation entre la production quotidienne de boue putréfiée et la station de déshydratation de la boue qui ne fonctionne que 5 jours par semaine avec le volume disponible, on ne peut pallier qu'à 3,5 jours de non activité de la station de déshydratation.

Les réservoirs sont équipés d'un mélangeur de boue apporté à la station de déshydratation des boues pendant le temps total de fonctionnement un mélange de boues putréfiées homogène.

e) La déshydratation des boues :

Pour la déshydratation des boues dans la STEP d'El Kerma (Oran) on prévoit en tout 8 filtres à bandes presseuses. L'installation des filtres à bandes presseuses se fait dans le même bâtiment que l'épaississement mécanique des boues en excès. Le floculant utilisé pour la déshydratation est préparé dans deux stations de préparation de floculant dans les concentrations

exigées (20g/l) pour la préparation de floculant pulvérulent, il est possible de stocker le volume nécessaire pour trois mois dans un entrepôt à l'intérieur du bâtiment.

L'extraction de la boue digérée déshydratée est prévue sur deux files, pour qu'à chaque fois 3 ou 4 racleurs enlèvent la boue de la bande de filtration qui tombe alors sur une bande d'extraction et reprise par deux pompes haute pression qui au choix alimente un des quatre silos de boue humide d'un volume de 500 m3. Les deux silos à chaux sont prévus pour un stockage d'environ un mois, La boue digérée déshydratée et chaulée est évacuée dans la benne d'un camion.

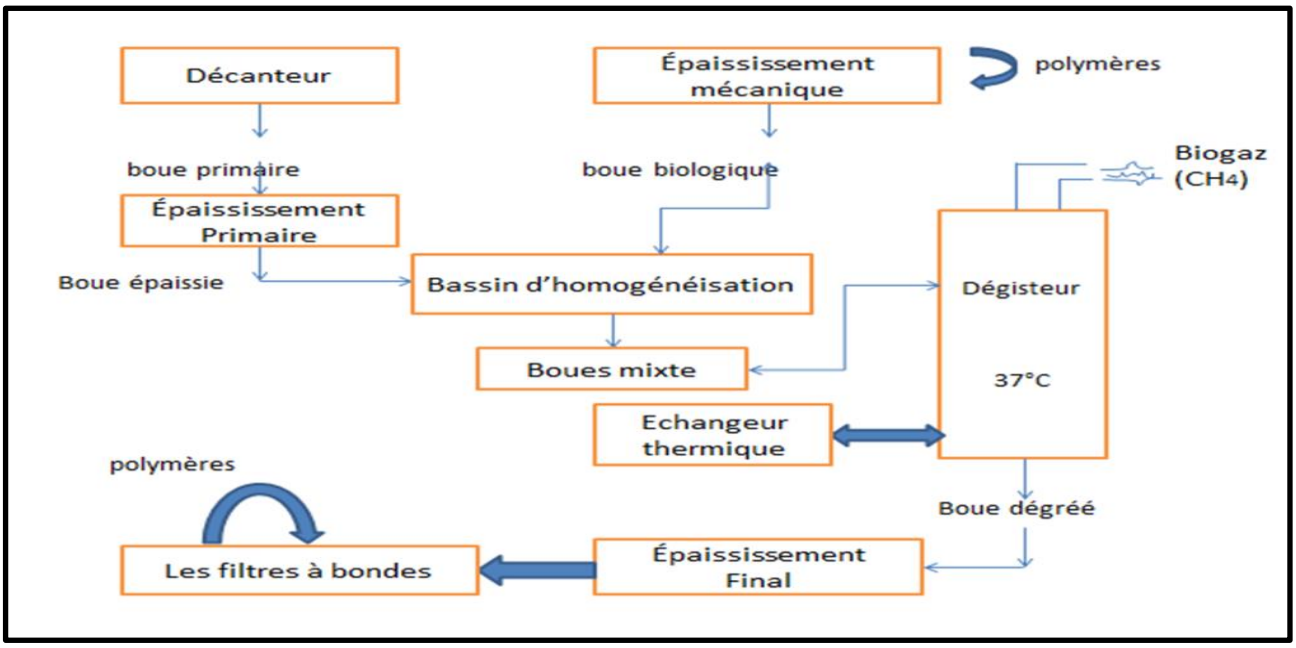


***Figure* 16:** Description de la chaine du traitement des boues de la STEP d' El Kerma (Oran).

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée et des boues pour déterminer les différents paramètres physicochimique et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. L'objectif principal de notre travail et de faire des analyses des boues usées de défirent étapes de traitement des eaux dans la STEP d'El Kerma (Oran) pour connaître les paramètres des boues de cette STEP.

III.3.2.3) Les analyses des boues :

Tableau 06 : les analyses réalisé dans le STEP d'ORAN

Test de Décantation.	Journalière
Matières sèches (MS).	Journalière
Matière volatile en suspension (MVS).	Journalière
Test de PH	Journalière

III.4. prélèvement (échantillonnage) :

Le prélèvement des échantillons pour l'analyse doit être de type composite sur 24 h. Les analyses ont été effectuées 5 fois par semaine.

Les points de prélèvement au niveau de la station sont effectués automatiquement dans des flacons.



Figure 17 : Echantillonneur automatiques

III.5. Description détaillée de différentes analyses de boues réalisées dans la STEP d'ORAN

Méthodes d'analyses :

- **Mesure de la matiere seche :**

APPAREILLAGE :

- ✓ Ensemble de filtration .
- ✓ Balance de précision à 0,1mg/l et étuve à température réglable à 150°C.

MODE OPERATOIRE :

On prélève des boues dans chaque bassin (boues primaires,boues biologiques,boues de retour,boues dégrée).

- Eliminer si nécessaire et au préalable la matière en suspension présente dans l'échantillon d'eau par filtration sur filtre en fibre de verre.

- Prélever dans une fiole jaugée un volume (V) connu et exactement de l'échantillon tel qu'il conduise à un résidu sec d'au moins 10mg/l et de préférence compris entre 100mg et 200mg/l.
- Nettoyer la capsule à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué ou à l'acide nitrique dilué tiède puis à l'eau distillée, la sécher par passage à l'étuve à 180°C .
- Laisser refroidir la capsule presque jusqu'à la température ambiante puis la placer dans un déssicateur pendant environ 15 mn et la peser, soit M0 la masse de la capsule à vide.
- Faire évaporer progressivement la prise d'essai introduite dans la capsule .Il est recommandé de ne remplir la capsule que jusqu'à mi – hauteur.Une fois l'eau est évaporée, placer la capsule dans l'étuve réglée à la température souhaitée (105°C) pendant 24H.
- Laisser refroidir la capsule et son contenu jusqu'à la température ambiante puis la placer dans un déssicateur pendant 15mn environ et peser , soit M1 la masse de la capsule après chauffage à 105°C.

EXPRESSION DES RESULTATS :

$$\boldsymbol{MS} \text{ à } \mathbf{105°}\boldsymbol{C} = \frac{\boldsymbol{M_1} - \boldsymbol{M_0}}{\boldsymbol{V}} \times \mathbf{100}$$

V : Le volume en millilitre de la prise d'essai.

M_0 : La masse en milligrammes de la capsule vide avant utilisation.

M_1 : La masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 105°C.

- **Mesure de la matiere volatile en suspension :**

APPAREILLAGE :

- Four à moufle

MODE OPERATOIRE :

Elle représente la partie organique non dissoute d'un échantillon.

La calcination du résidu à 525 °C pendant 1à 1H 30mn (échantillon de la matiere seche) dans le four à moufle conduit à la volatilisation des matières organiques.

EXPRESSION DES RESULTATS :

La différence de masse entre le résidu sec dans le cas d'un échantillon liquide ou matière seche lorsqu'il s'agit d'un milieu solide (boue) et le résidu calciné correspond aux MVS.

$$\boldsymbol{MC = \frac{M_3 - M_0}{V} \times 100}$$

MC : M résidu calciné à 550°C.

V : Le volume en millilitre de la prise d'essai.

M_0 : La masse en milligrammes de la capsule vide avant utilisation.

M_1 : La masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 105°C.

M_3: La masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 550°C.

$$\boldsymbol{MVS = MS - MC = (M_1 - M_3) \times 100}$$

- **Test de PH :**

APPAREILLAGE :

- pH-mètre

MODE OPERATOIRE :

On prélève des boues dégrée, Le principe d'utilisation de cet appareil est très simple et constitue à mettre la sonde dans la boue à analyser pour un temps nécessaire et ensuite la valeur du pH s'affiche sur l'afficheur du pH- mètre.



Figure 18 : pH-mètre

Tableau 07 : Valeurs du PH pendant la période du 1 er trimestre 2018

Période	PH	Norme
janv-18	6.7	6.5<PH<8.5
févr-18	6.9	6.5<PH<8.5
mars-18	7	6.5<PH<8.5
Moyenne 1T	6.8	6.5<PH<8.5

Le pH est un paramètre indispensable pour la vitalité de la masse bactérienne dans le bassin biologique et qui doit être proche de la neutralité (6,5 à 8,5) pour la bonne dégradation des matières polluantes des boues (ONA, 2011).

On remarque que les valeurs du pH sont proches à la neutralité puisque la nature des eaux traité ce sont des eaux urbaines.

- **Test de Décantation : (V30)**

Le test de décantation ou le V30 est un paramètre qui donne une idée sur l'aptitude de décantation, ou la décantabilité des boues aussi il nous donne une vue sur la constitution des boues par exemple l'existence des surnageants, des flottants et la couleur des boues

Mode operatoire :

On prélève des boues primaires ensuit on met ces échantillons après qu'elles sont bien mélangées dans des éprouvettes d'un litre graduées jusqu'un volume de 500 et on fait une dilution avec l'eau épurée prélevée à la sortie du bassin de désinfection pour obtenir un volume de 1000 ml (1 litre). On dispose ces éprouvettes sur un support stable horizontal au bout de 30 minutes. Enfin on lit le volume de boues V30 obtenue dans chaque éprouvette en ml/l.



Figure 19 : Test de Décantation

Tableau 08 :*Valeurs du V30 pendant la période du 1 er trimestre 2018.*

Période	V30 (ml)
janv-18	160
févr-18	200
mars-18	230
Moyenne 1T	196.66

Indicateurs de fonctionnement qualitatifs et quantitatifs :

Durant premier trimestre 2018, La station d'épuration el kerma a traité un volume d'eau usée de 947 986 m3.

Tableau 09 : le volume entrant dans les autres indicateurs concernant l'activité d'épuration.

Période	Volume Entrant (m^3)	Volume Epuré (m3)	Volume réutilisé à la STEP (m3)	Volume by-pass (m3)	Ratio m3 épuré/ m3 entrant
janv-18	75 391	75 058	2 689	333	99,56%
févr-18	1 244 239	330 038	2 044	914201	26,53%
mars-18	1 644 274	542 890	3 305	1101384	33,02%
Cumule au 1 T:	2 963 904	947 986	8 038	2 015 918	31,98%
Moyenne au 1T	987 968	315 995	2 679	671 973	53,03%
Maximum au 1T	1 644 274	542 890	3 305	1 101 384	100%
Mínimum au 1T	75 391	75 058	2 044	333	27%

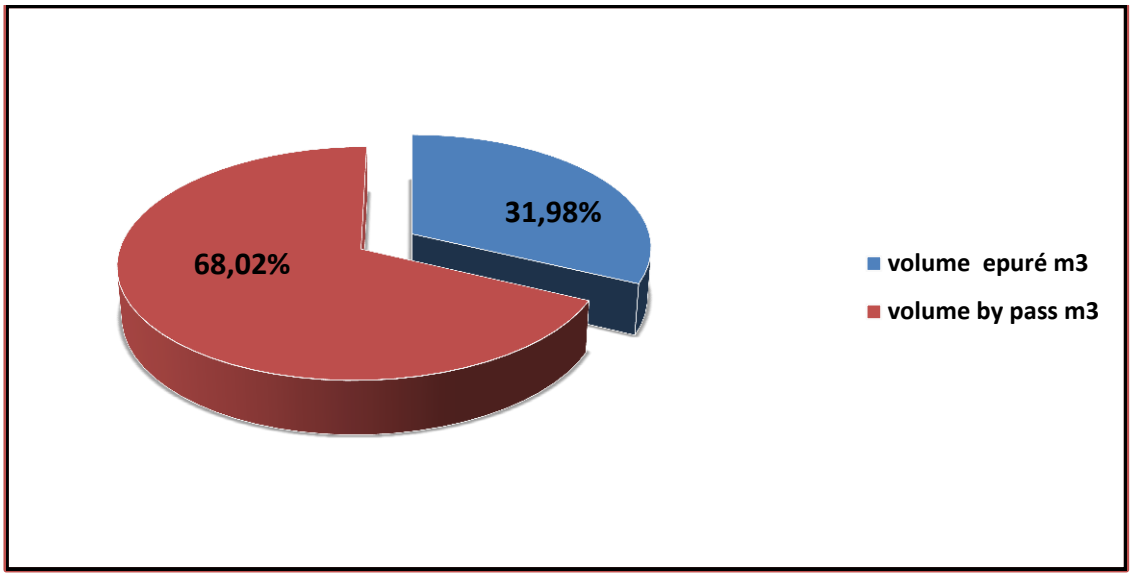


Figure 20 :Répartition du volume entrant au 1 er trimestre.

Le débit épuré représente en moyenne 31,98% du débit entrant jusqu'au 1 er trimestre 2018 .

Qualité de Traitement :

MVS :

Tableau 10 : Evolution des MVS pendant la période du 1 er trimestre 2018.

Période	**MVS entrée (mg/L)**	**MVS sortie (mg/L)**	**% Elim MVS**
janv-18	243,4	116,8	47%
févr-18	248,3	115,1	46%
mars-18	183,9	98,8	53%
Moyenne 1T	**225,2**	**110,6**	**48%**

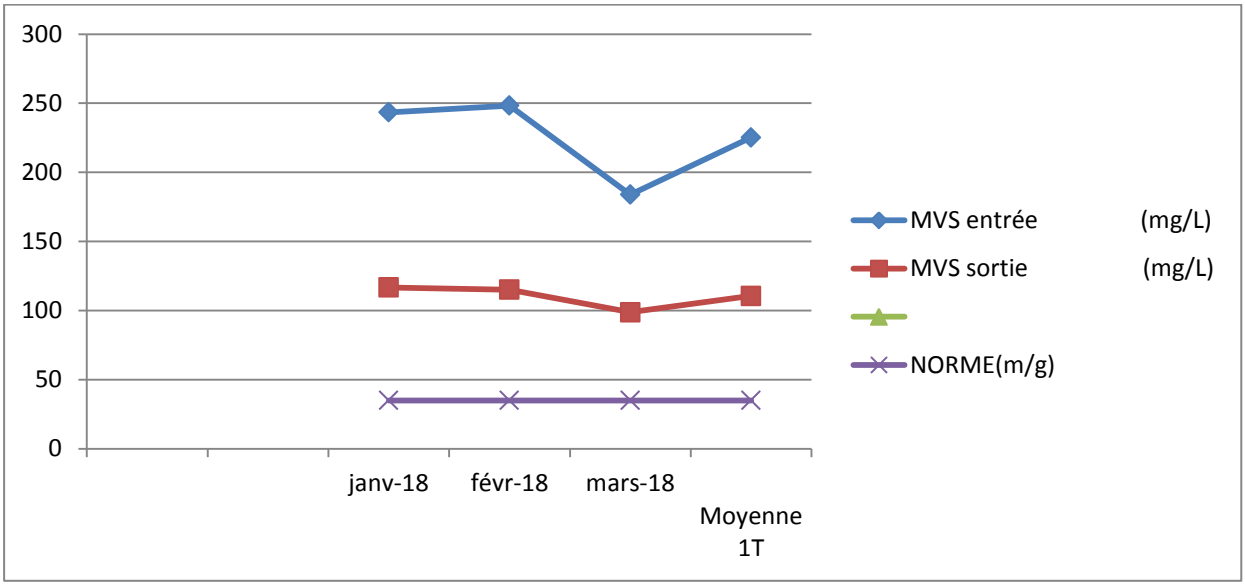


Figure 21 : Evolution des MVS pendant la période du 1 er trimestre 2018.

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable . Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction faible des MES . ce qui confirme que le rejet analysé est très chargé en matières en suspension en plus cette valeur reste inférieure à la norme de rejet de l'ONA 2011 (35 mg/l) et à celle du journal officiel algérien limitée à 35 mg/l [22].

MS :

Le poids de boues déshydraté évacuée jusqu'aux 1 er trimestre 2018 est de 589,69 tonnes avec une siccité moyenne de 20,38 %.

Tableau 11 : fonctionnement de déshydratation mécanique par filtres à bandes.

Déshydratation mécanique par filtres à bandes			
mois	**siccité**	**quantité de boue déshydraté evacué,**	**matière sèche**
	%	Tonnes	Tonnes
janv.-18	19	180,5	30,2
févr.-18	24,47	300,85	53,22
mars-18	17,69	108,34	26,51
Moyenne au 1T	**20,38**	**196,56**	**36,64**

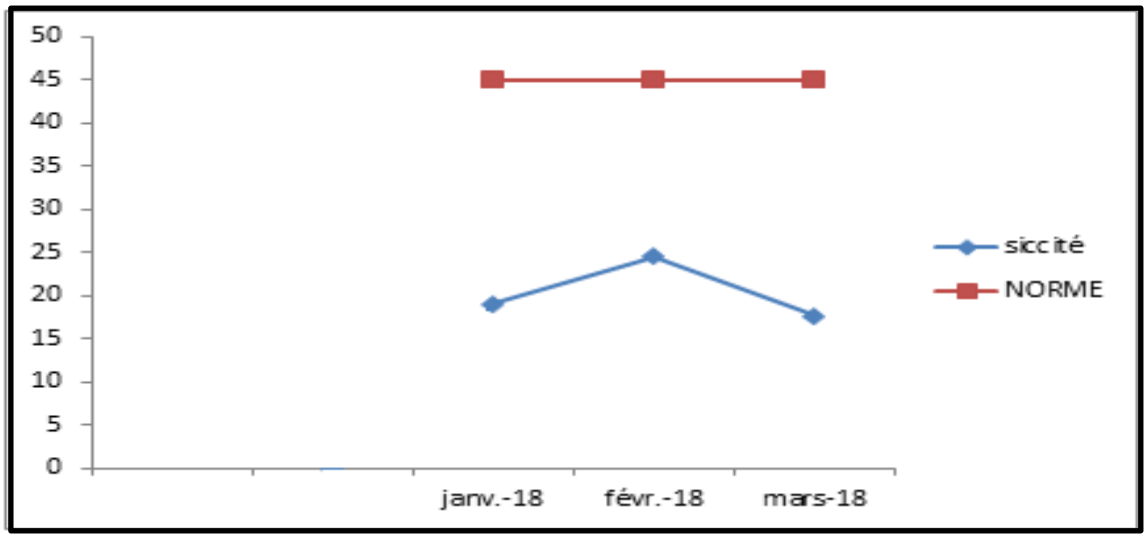


Figure 22 : Evolution de siccité pendant la période du 1 er trimestre 2018.

Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une faible siccité des boues qui éxprime le mauvaise performanace des équipements(filtres à bandes) de déshydratation des boues. avec une siccité moyenne de 20,38 % et une siccité maximale de 25%, Cette valeur reste inférieure à la norme de rejet de l'ONA 2011 (45%) [22].

Consommation électrique :

La consommation d'énergie électrique est évalue par rapport au volume traité et la charge.

Tableau 12 : consommation électrique pour premier trimestre de 2018.

mois	***Consommation Électrique*** kwh/mois	***volume traité*** m3	***Ratio energie/volume traité*** kwh/m3
janv-18	134 842	75 058	1,80
févr-18	244 847	330 038	0,74
mars-18	300 001	542 890	0,55
au 1T 2018	679 690	947 986	3,1
Moyenne au 1T	226 563	315 995	1,03
Maximum au 1T	300 001	542 890	1,8
Mínimum au 1T	134 842	75 058	0,6

• Durant le 1er trimestre 2018 le ratio énergie par rapport au volume traité est de 1,03 kwh/m3.

• Ratio de volume traité par rapport au volume entrant au 1er trimestre 2018 est de 31,98% .

Le Cout :

Tableau 13 : le coût de traitement pour première trimestre de 2018.

1er t -2018	**KERMA**
Cout	DZD
consommation matière et fourniture	737 663,87
produits de traitement	376 250,00
énergie électrique	3386326,03
assurance	2594771,15
personnel	9079773,42
confection et autre	3416680,44
consomation gasoil fuel	619455
total	20 210 919,91

III.6. CONCLUSION

- Au cours de ce chapitre, nous allons donner une idée sur la situation de la STEP (station d'épuration d'El Kerma Oran) et les différents ouvrages existants (la chaîne de traitement d'eau et de boue), est donner une idée sur les prélèvements effectués au niveau des ouvrages (la chaîne de traitement des boues) de la station afin de suivre l'évolution des paramètres physico- chimiques indicateurs de pollution et l'évolution de la qualité des boues produites,

  cela pour contrôler l'efficacité de l'élimination des matières polluantes et pour suivre le fonctionnement des différents ouvrages de traitement des boues de la STEP.
- Pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP pour la chaîne de traitement des boues. Nous avons suivi les paramétrées suivant : pH, MVS, MS.
- Le but de la déshydratation est l'obtention d'une substance sèches d'au moins 40%(siccité) mais dans la STEP d'El Kerma Oran les ouvrages existe ne pas atteindre ce résultat.

Chapitre IV : Discussion et argumentation

IV.1. Introduction :

La problématique de la gestion des boues résiduaires urbaines repose du point de vue technique sur deux points essentiels :

- ✓ La nature complexe de ce type de boues.
- ✓ Sa forte variabilité et sa mauvaise aptitude à la déshydratation.

Ces boues sont principalement constituées de particules solides non retenues par les prétraitements en amont de la station d'épuration, de matières organiques non dégradées, de matières en suspension minérales et de micro-organismes (bactéries dégradatives pour l'essentiel).

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

IV.2. Description de la nouvelle chaine du traitement des boues de la STEP d'El Kerma (Oran) :

IV.2.1) Les différentes étapes de traitement des boues :

IV.2.1.1) Epaississement :

C'est le premier stade d'une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physico-chimiques des effluents urbains. Il est réalisé Pour pouvoir optimiser aussi bien le dimensionnement que la fiabilité, la sécurité et la régularité d'exploitation des postes de traitement situés en aval (stabilisation et déshydratation mécanique).

Le chargement s'effectue parallèlement entre chacun des deux épaississeurs, la boue primaire est compressée dans l'épaississeur de boue primaire d'environ 3% à 5% (siccité).
Choix du procédé d'épaississement : (pour les boues primaires)

- ❖ **Epaississement gravitaire :**

Cette technique est la plus utilisée pour la concentration des boues. Elle est très répandue dans les grandes stations (10 000-100 000 EH), La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées.

Avantage :

- Ce procédé est peu coûteux (consommation énergétique de l'ordre de 1 à 7 kWh/tMS).
- Mode d'exploitation simple.

- Le temps de séjour des boues dans l'épaississeur est d'environ 48h.

La performance est variable selon la nature des boues : pour les boues primaire, 40-80kg de MS/m2/jour, et pour les boues biologiques : 25kg de MS/m2/jour.

Dimensionnement :

Soit les donnes suivant:

Q : Débit moyenne par heur Q =134 m3/hr

Qp: Débit de point à temps sec Qp =397 m3/hr

TD: Taux de débordement TD =40 $m^3/m^2.J$

P: Profondeur P=4 m

L: Largeur L=3 m

No : Nombre de bassin de décantation No=4

Calcule de surface pour le débit moyenne :

A= Q/TD =$(134 * 24)$ /40

A= 80.4 m^2

Calcule de longueur de bassin :

$$l = \frac{A}{L} = \frac{80,4}{2x3} = 13.3m$$

Donc la dimension d'un bassin est : $l = 13m$; L = 3m ; p = 4m

Calcule de temps de séjour hydraulique et taux de débordement pour le débit moyen :

Volume totale :

$$\boldsymbol{v} = 4m \text{ x } 2(13m \text{ x } 3m) = 312 \text{ } m^3$$

Taux de débordement actuel :

$$TDa = \frac{Q}{A} = \frac{134x24}{2x13x3} = 41,2m^3/m^2 . j$$

Temps de séjour hydraulique :

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{312m^3}{134m^3/hr} = 2.38hr$$

Calcule de temps de séjour hydraulique et taux de débordement pour le débit de point.

Taux de débordement actuel :

$$TDa = \frac{Q}{A} = \frac{397x24}{2x13x3} = 122m^3/m^2 . j$$

Temps de séjour hydraulique :

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{312m^3}{397m^3 / hr} = 0.78hr$$

calcule de la vitesse de sédimentation horizontale :

k: constant de cohésion $k = 0.05$

s: densité $s = 1.25$

g: Constante gravitationnelle $g = 9.81\ m/s^2$

d: Dimaétre de particule $d = 100\mu m = 100x10^{-6}\ m$

f: Constant de Darcy − Weisbach $f = 0.025$

$$Vh = \frac{8k(s-1)gd}{f} = \frac{8x0.05(1{,}25-1)x9.81x100x10^{-6}}{0.025} = 0{,}063m/s$$

la vitesse de sédimentation verticale :

$$Vv = \frac{Q}{Ax} = \frac{397}{2(3x4) * 3600} = 0.0045m/s$$

La vitesse de sédimentation verticale est plus petite que la vitesse horizontale donc les particules sédimentent.

Choix du procédé d'épaississement : (pour les boues en excès)

- **Flottation :** (flottation à air dissous (FAD))

La flottation à l'air dissous (FAD) est utilisée pour l'épaississement des boues biologiques provenant des bassins d'aération et permet la flottaison d'un taux élevé d'algues et autres éléments dont la densité est proche de celle de l'eau. Couvrir les flottateurs limite les odeurs et la prolifération d'algues.

Principe de fonctionnement :

Les matières en suspension (des flocons, des particules, des organismes, etc.) qui sont présent dans la zone de contact sont associés aux microbulles de l'air et sont ensuite tracés dans la zone de séparation à la surface. A cette surface ils se forment en une couche flottante de boue de

mousse, qui est ensuite éliminée mécaniquement ou hydrauliquement. Cela permet le fonctionnement élevé de la charge de surface de flottation par rapport à la sédimentation [18].

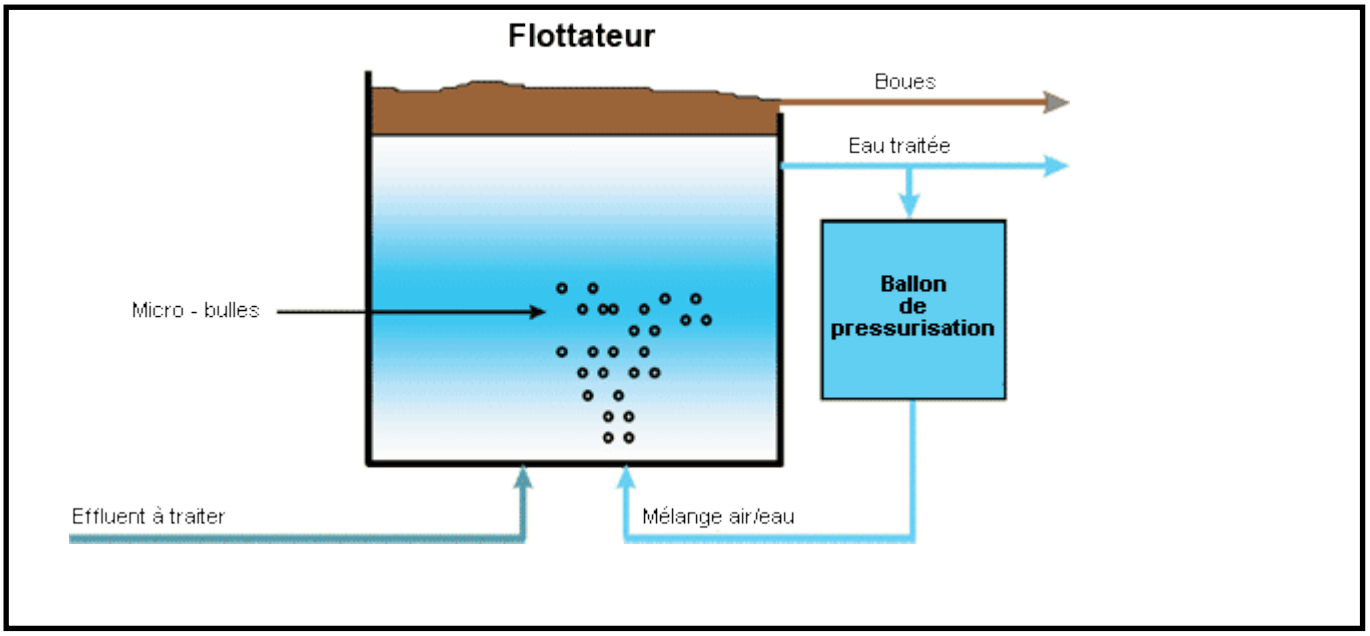


Figure 23 : fonctionnement de flottateur

Avantage :

Les applications de la FAD dans le domaine du traitement des boues sont multiples :

- épaississement de boues biologiques en excès provenant du traitement biologique d'eaux résiduaires.
- séparation d'huiles sur des eaux résiduaires.
- Augmentation de la stabilisation des boues.
- La valeur élevée de la surface de chargement (jusqu'à 10 fois plus élevé que les bassins de décantation et des clarificateurs) L'efficacité de séparation élevée.
- L´amélioration de la qualité de l'eau traitée.
- La facilitation de l'étape de séparation de charge.
- Le démarrage rapide dans l´arrêt de flottation.
- La facilitation de traitement de l'eau de boue.
- Le fonctionnement efficace et économique (coûts).
- Un pourcentage élevé de boue sèche.
- Installation dans des cuves en acier ou en béton.

Possibilité d'installation dans des traitements existants. [18]

Dimensionnement du bassin flottateur:

Les calculs de capacité du bassin flottateur ce fait sur la base des données de départ suivante :

- Débit moyen journalier des eaux usées : Q = 10533,17m3/j.

Dans ce type de bassin, les surfaces sont importantes et la profondeur varie de 1 à 2 m.

$L_{sf} = L_{san} \times 0.5 = 118.26 \times 0.5 = 59{,}13$ mg/l

Avec :

L_{sf} : MS à la sortie du bassin flottateur

L_{san} : MS à la sortie du bassin anaérobie L_{sf} = 118.26 mg/l

0,5 : Le degré de dégradation de MS dans le bassin flottateur

Calcul du temps de séjour du bassin flottateur:

$$T_{sf} = \frac{1}{\beta \times K} \times \log\left(\frac{L_{san}}{L_{sf}}\right) = \text{ jours}$$

Avec :

β : Coefficient d'utilisation de la capacité des bassins flottateur de β =0,9

K: constante de la vitesse de dégradation des polluants organiques de K=0.034

$$T_{sf} = \frac{1}{0.9 \times 0.034} \times \log\left(\frac{118.26}{59.13}\right) = 9.83 \text{ jours}$$

Le volume du bassin flottateur :

$$V_f = Q \times T_{sf}$$

$$V_f = 10533{,}17 \times 9.83 = 103541{,}13 m^3$$

La surface du bassin flottateur :

Nous fixons la profondeur à 1.5m, donc :

$$\mathbf{S_f} = \frac{V_f}{P_f} = \frac{103541{,}13}{1.5} = 69027{,}42 m^2$$

Pour le calcul des dimensions, le ratio optimal pour un bon fonctionnement de flottateur flongueur/ largeur = 3.

Donc, notre bassin aura les dimensions suivantes :

- ✓ Largeur = 52,37m ≈ 53

- ✓ Langueur = 157,13 ≈ 158 m
- ✓ Profondeur = 1.5 m

IV.2.1.2) l'homogénéisation :

On construit un bassin d'homogénéisations d'un volume d'environ 200 m3, ce bassin sert à la formation des boues mixtes à partir de boue primaire et de boues excès (biologique).

IV.2.1.3) Stabilisation :

Digestion anaérobie *: la méthanisation*

La digestion mésophile est la plus répandue est qui utilisé dans la STEP d'El Kerma (Oran) La boue s'effectue au milieu mésophile dans quatre digesteurs anaérobies d'une température d'environ 37°C et d'un volume de 9605 m3. Pour un volume total de 38420 m3, on obtient un temps de séjour de 21 jours. Ce temps de séjour ne permet pas vraiment une bonne stabilisation pour les boues mixtes mais avec le nouveau choix de technique d'épaississement des boues en excès (flottation à air dissous) ont amélioré le fonctionnement des quatre digesteurs et ont réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation, les populations bactériennes.

Installation de gaz :

Le biogaz produit pendant le processus de stabilisation anaérobie est conduit de la tête du réservoir vers le gazomètre par un système de canalisation de la production de gaz. La production de chacun des quatre digesteurs est comptée séparément. Le gazomètre sert à la compensation entre la production et le besoin de gaz, alors l'amélioration de fonctionnement des quatre digesteurs produit plus de biogaz qui utilisé en suite pour les besoins énergétiques dans la STEP.

IV.2.1.4) Stockeur :

Les boues digérées s'écoulent par gravité depuis des digesteurs vers une unité de stockage de forme circulaire. Afin d'admettre homogène, le stockage également pour fonction de mélanger les boues primaires et secondaires avant leurs déshydratation.Ces Stockeur servent à la compensation entre la production quotidienne de boue putréfiée et la station de déshydratation de la boue qui ne fonctionne que 5 jours par semaine avec le volume disponible.

Avantage :

Au lieu de utilisé une étape d'épaississement secondaire, nous inventons cette opération par étape de stockage dans des Stockeur car après un large épaississement antérieur de la boue mixte aucun épaississement supplémentaire notable n'est à prévoir. Il est donc nécessaire de prévoir des stockeurs de stockage dans notre filière de traitement des boues de la station d'épuration d'El Kerma (Oran), avant leur passage sur le opération Déshydratation, ces stockeurs noues à permet l'augmentation de la concentration des matières sèche par l'ajout de chaux [11].

Dimensionnement de Stockeur :

Volume du stockeur des boues :

Le volume du stockeur est pris de façon à avoir 5 jour de production de boue.

Volume =PB_g*5(m^3)

Avec :

PBg : production de boue chaque 5 jour PBg= 22,5 t /j

Volume = (22,5* 5) = 112,5 m^3

IV.3. La Déshydratation des boues [10] :

La première étape dans le choix de la Déshydratation des boues passe par la définition des caractéristiques de l'effluent à traiter, le coût, la capacité de STEP, la performance en terme de siccité et de réduction de la production de boues volumique qui va conditionner le choix de la technique. Dans notre cas il s'agit de boues de stations d'épuration des eaux usées urbaine ; nous avons donc affaire à un substrat relativement liquide, avec une charge organique importante. D'après notre recherche bibliographique ont distingue les principaux appareils de déshydratation mécanique des boues urbaines.

IV.3.1) La filtration sur bandes :

La solution la plus répandue dans les années 90, est remplacée par la centrifugation en 2012.Le traitement est basé sur la filtration des boues préalablement floculées entre deux bandes mobiles entrainées par des rouleaux, les pressions mises en œuvre restant modérées (3 à 7 bars).

La toile fait l'objet d'un nettoyage sous pression permanent afin d'éviter son encrassement, les eaux de lavage retournant en tête de station. La siccité finale des boues atteint 18 %.

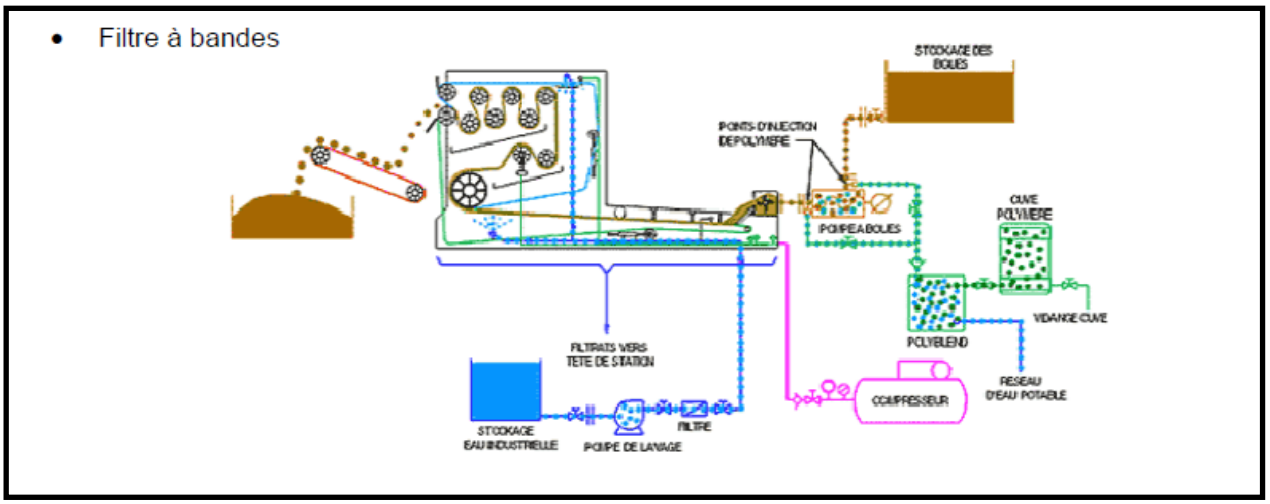


Figure 24 : schéma d'un filtre à bandes

IV.3.2) La centrifugation :

La centrifugation se développe de manière significative depuis les années 2000. Elle concernait en 2012, Le procédé utilise le principe de la centrifugation pour essorer les boues après floculation. La vitesse de rotation du bol atteint 3600 tours par minute avec obtention d'un produit à environ 40 % de matières sèches et un centrat qui retourne en tête de station d'épuration. En général le produit peut être épandu directement en agriculture. Pour un épandage agricole.

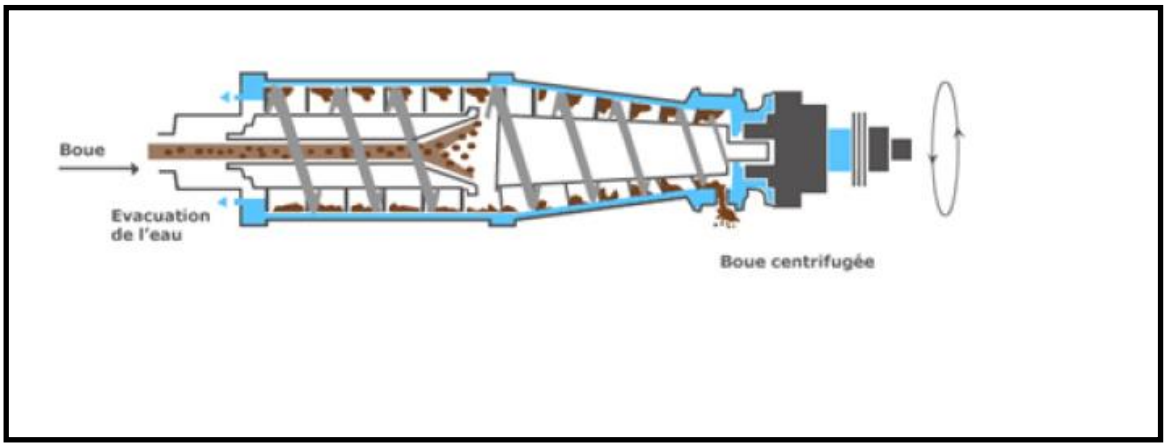


Figure25 : Centrifugeuse

IV.3.3) Les filtres à plateaux :

Ces filtres sont constitués d'une succession de plateaux, recouverts sur leurs deux faces d'une toile filtrante, qui forment des chambres de filtration La boue conditionnée est introduite par l'intermédiaire d'une pompe sous pression (de 7 à 12 bar) dans les chambres de filtration. Les

particules solides sont retenues par les toiles tandis que l'eau passe à travers et est récupérée au centre des plateaux.

Au cours de laquelle les gâteaux de boues sont récupérés (25 à 30% de siccité). C'est donc un procédé discontinu (inconvénient majeur de cette technique qui propose, pour y remédier, de plus en plus en plus de versions automatisées).

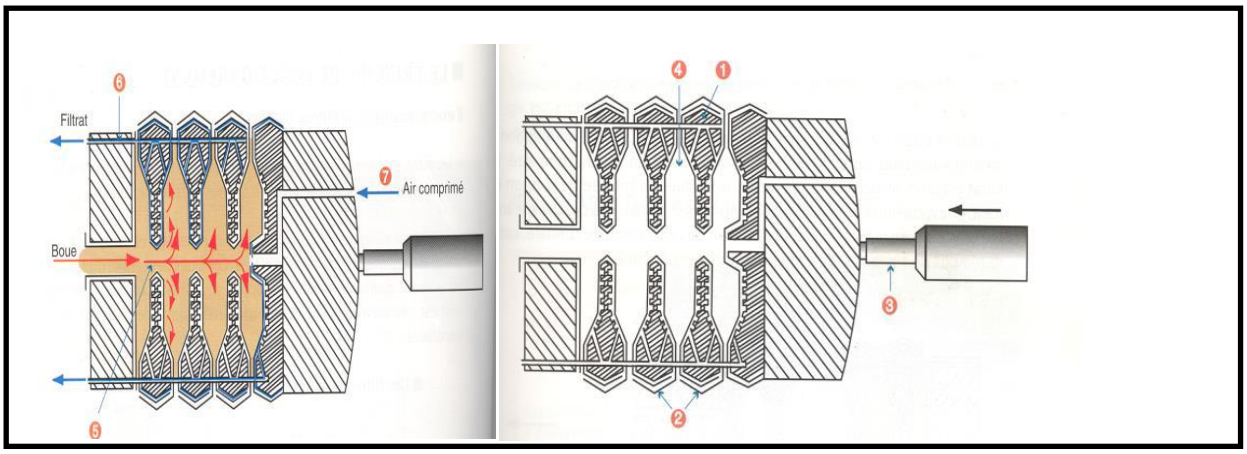


Figure 26: filtre à plateaux

IV.4. Consommation énergétique de divers appareils de déshydratation mécanique des boues :

Tableau 14: consommation énergétique de divers appareils de déshydratation

Appareil	Puissance consommée (kwh.tMS-1)
Filtre à bandes	40-60
Filtre à plateaux	50-150
Centrifugeuse	30-60

IV.5. Siccités obtenues de divers appareils de déshydratation mécanique des boues :

Tableau 15: siccités obtenues de divers appareils de déshydratation mécanique des boues.

Filtre à bandes	Filtre à plateaux	Centrifugeuse
18%	30%	40%

IV.6. Avantages et les inconvénients de divers appareils de déshydratation mécanique des boues :

Tableau 16 : les avantage et les inconvénients de divers appareils de déshydratation mécanique des boues [10].

Appareils	***Avantages***	***Inconvénients***
Filtre à bandes	- Investissement modéré - Maintenance rustique	Qualité du produit généré insuffisante en termes de siccité (16 % de MS). - Contraintes d'exploitation au quotidien : lavage, réglage, changement de la toile. - Destination du produit limitée (compostage), sauf si traitement complémentaire.
Centrifugeuse	Qualité des boues intermédiaire, la siccité dépassant les 40 % . - Solution compacte et confinée empêchant la diffusion d'aérosols. - Réduction du tonnage de 20 % par rapport à une solution filtre à bandes. - Process totalement automatisé simplifiant l'exploitation.	- Procédé de haute technologie impliquant une sous-traitance de la maintenance annuelle.
Filtre à plateaux	-Réduction du tonnage de 36 % par rapport à un filtre à bandes. - Consommation d'énergie électrique modérée.	- Taille du local de traitement plus important. - Quantités de réactifs utilisés élevées. - Prise en main plus délicate sur le plan.

IV.7. Echelle nationale d'utilisation des différents procédés déshydratation[14] :

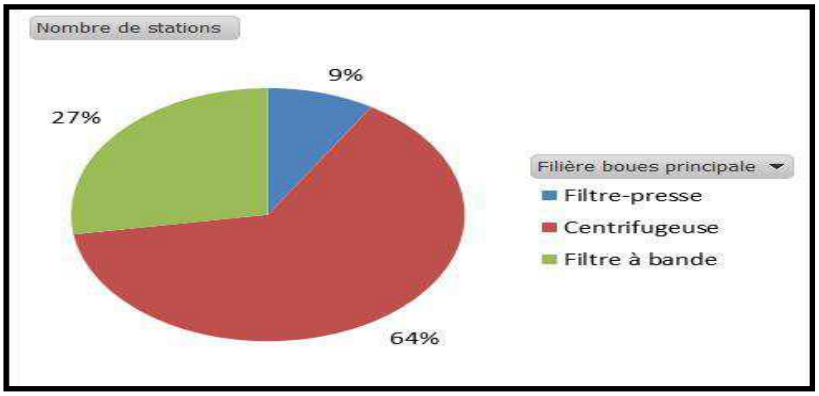


Figure 27 : Fréquence d'utilisation des différents procédés de déshydratation mécanique

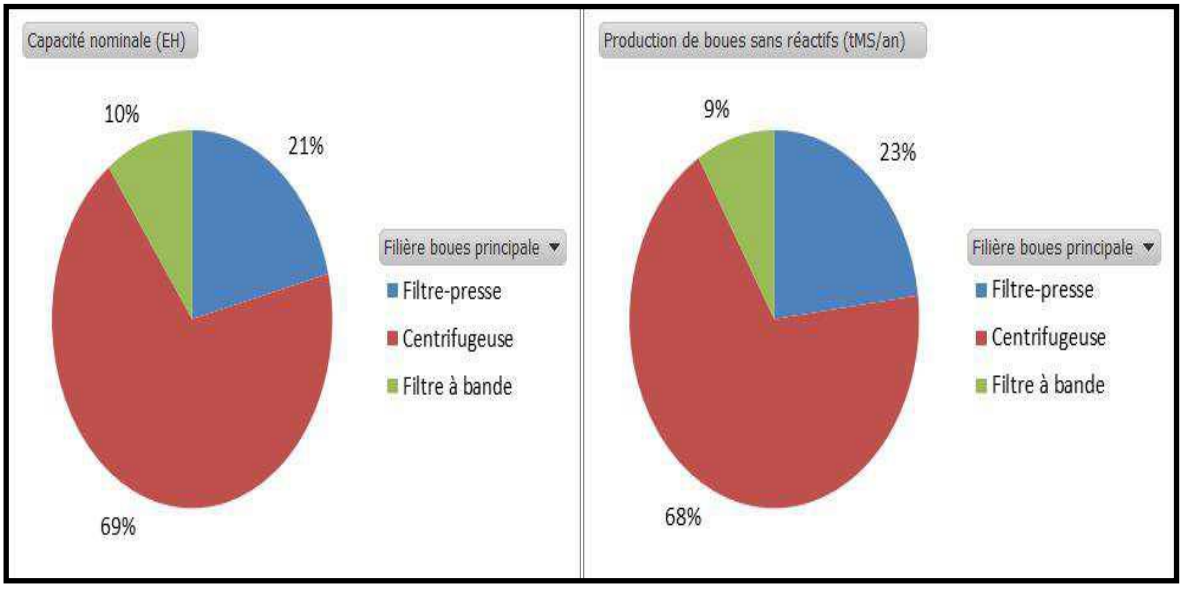


Figure 28 **:** Fréquence d'utilisation des différents procédés de déshydratation mécanique (A gauche, en % de la capacité de traitement nominale équipée d'un dispositif de déshydratation mécanique ; à droite, en % de la production de boue déshydratée mécaniquement sans réactifs)

Le procédé de déshydratation mécanique le plus courant est la centrifugation (64% de stations équipées de dispositif de déshydratation). Viennent ensuite les filtres à bande (27% de stations et les filtres-presses (9% des stations). Les résultats ramenés à la capacité de traitement nominale et à la production de boues sont très proches. Si la majorité des boues déshydratées dans le monde ont été par centrifugation (68% des boues déshydratées), la position des filtres-presses et des filtres à bandes est inversées (23% et 9% des boues déshydratées respectivement).

Approche de la siccité d'une centrifugeuse :

Cette méthodologie de laboratoire permet de prévoir la siccité qui peut être obtenue sur centrifugeuse, elle est applicable à toutes les boues.

Principe de la mesure :

Les boues (4200g) sont préalablement floculées par le polyélectrolyte adéquat, c'est-à-dire le polymère fournis-sant un gros floc très résistant, avec dégagement d'un maximum de liquide interstitiel et ce à des dosages minima, Les boues floculées sont ensuite drainées sur les échantillons de la grille.

Les boues ainsi drainées, et donc épaissies, sont mises dans un godet filtrant d'une centrifugeuse de laboratoire. La boue est centrifugée à 2000 g pendant 5-10-15 et 20 minutes.

Appareillage :

- grille (pour le drainage).
- Echantillon primaire : M_1 = 4200g
- godet filtrant : M_0 =250 g
- centrifugeuse de laboratoire :
  - ✓ champ centrifuge : M_2= 2000 g
  - ✓ équipée d'une toupie (étoile quatre branches) pour supporter les godets récupérateurs du centrat et les godets métalliques filtrants.

Remarque : chaque mois pendant la période du 1 er trimestre 2018, nous réalisons cette éxpérience avec l'aide de l'ingénieur au niveau de laboratoire de la STEP d' El Kerma (Oran).

IV.8. Calcul de la siccité :

$$Sj = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

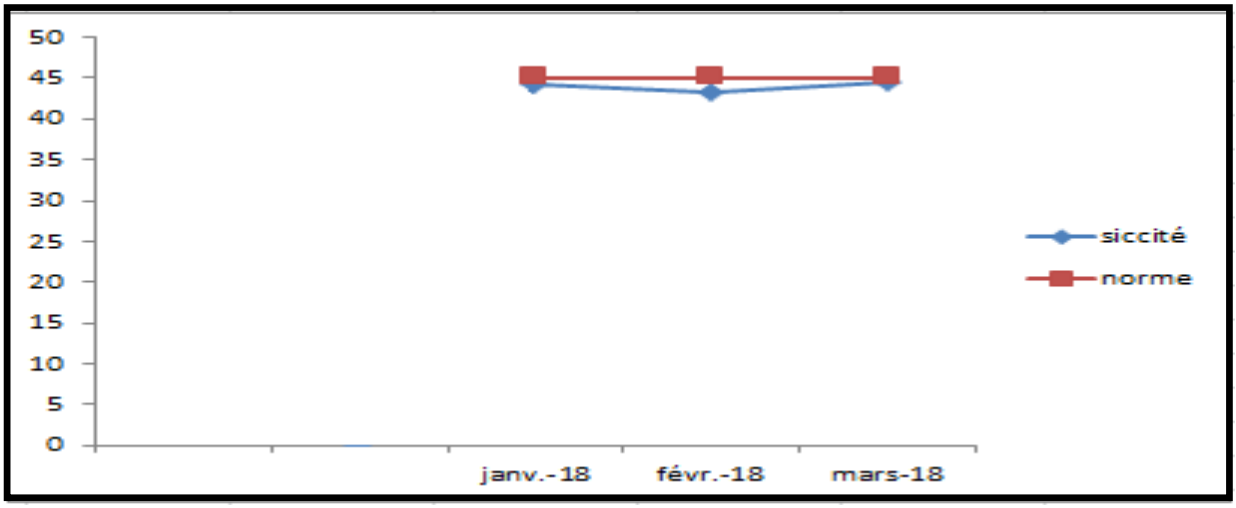


Figure 29 : Evolution de siccité sur centrifugeuse de laboratoire pendant la période du 1 er trimestre 2018.

Interprétation des résultats :

Notre expérience montre qu'une centrifugeuse , à son débit nominal et au dosage minimum de réactif, produit un gâteau ayant une siccité élevé, avec une siccité moyenne de (43,4%) Cette valeur approché à la norme de rejet de l'ONA 2011 (45%) [22].

D'après les caractéristiques précédentes, nous pouvons donc effectuer le choix de la technique de centrifugation, à condition des facteurs suivant :

- ✓ la performance en terme de siccité et de réduction de la production de boues volumique (déshydratation, stabilisation) du fait d'enjeux liés à des volumes de boues produits importants et à des contraintes de stockage et de transport souvent fortement impactantes.
- ✓ L'obligation de stabilisation des boues pour les stations de taille importante avec un conditionnement minéral (chaux) qui présente l'avantage de coupler déshydratation et stabilisation quand les boues sont orientées.
- ✓ La capacité de traitement d'une seule centrifugeuse équivalent la capacité de deux filtres à bandes alors aux lieux de utilisé 8 filtres à bandes ont utilisé quatre centrifugeuses pour traité la même quantité des boues.
- ✓ Réduire la consommation électrique et la consommation de polymères qui contribuent à la réduction de coûts d'investissement.

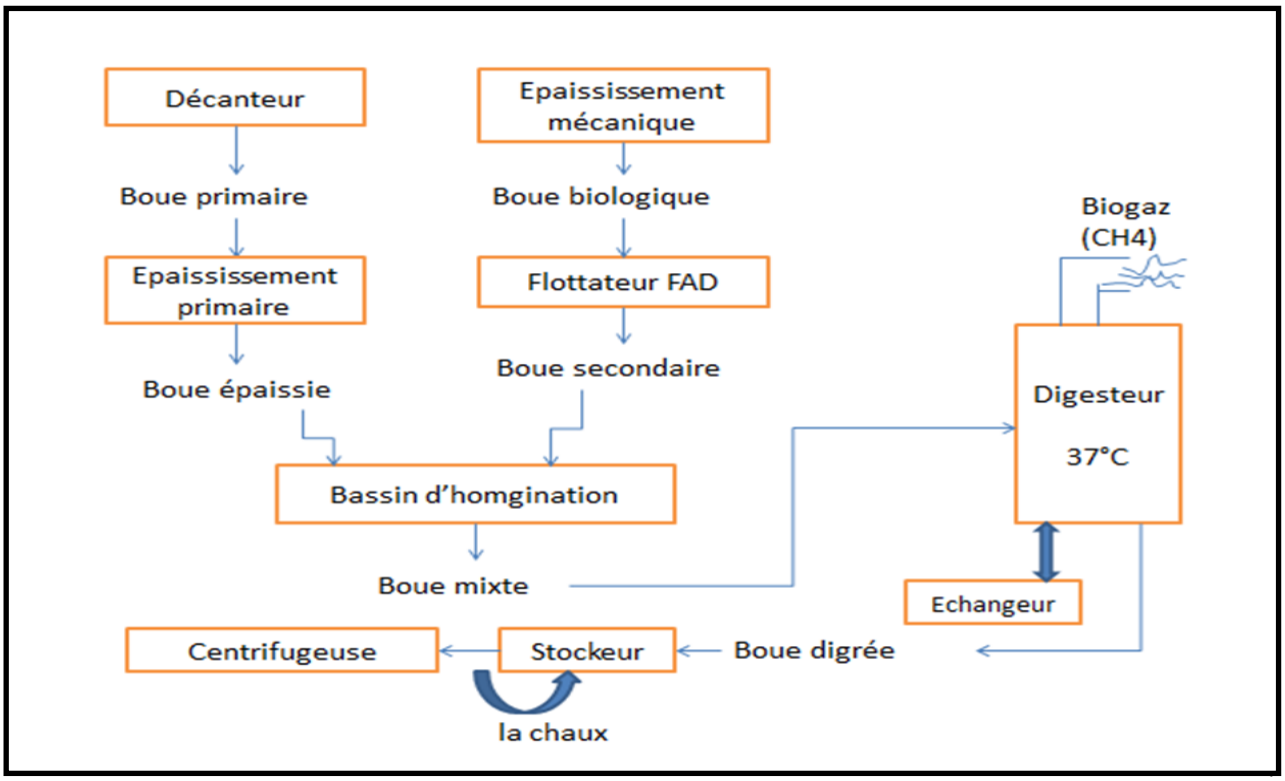


Figure 30 : Description de la chaine du traitement des boues proposées pour la STEP d' El Kerma (Oran).

IV.9. CONCLUSION :

A travers notre étude à la station d'épuration d'El Kerma (Oran) et selon les résultats obtenus nous avons conclu :

La filière de traitement de boue constitue un élément crucial de la chaine de traitement mise en œuvre dans les stations d'épuration des eaux usées. Dans la plupart des stations de capacité importante (cas station d'épuration d'El Kerma (Oran)), les boues ne peuvent pas faire l'objet d'une valorisation directe et doivent subir un certain nombre de processus de traitement avant d'être valorisées. Sur cette chaîne de traitement, un des enjeux consiste en la mise en œuvre de procédés permettant de stabilisé et hydraté les boues.

Conclusion générale

L’épuration des eaux usées a connu un essor considérable en Algérie, et plus particulièrement à Oran qui a vu l’installation de la grande station d’épuration des eaux du pays (la station d'épuration d’El Kerma).

L’objectif de ce travail est l’étude des caractéristiques de la chaine du traitement des boues de la STEP d’ El Kerma (Oran). Pour l’objet d’une amélioration des technologies permettant un traitement éfficace et moins coûteuse.

Alors cette étude nous a permis de trouver des solutions empiriques conformes avec la réalité observée au niveau de la station d’épuration d’El Kerma (Oran), Prise en compte les critères suivant :

- la déshydratation : L’amélioration des procédés de déshydratation, augmentée la siccité des boues d’environ 44% pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage avant d’être valorisées.
- La stabilisation : réduire les problèmes de fermentation pour éviter les nuisances olfactives. et limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues est évacué sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.
- Le coût : d’après les résultats obtenus nous confirmons le bon fonctionnement pour la chaîne de traitement des boues qui en suit contribuent à la réduction de coûts d’investissement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Livre :

[1] : AFNOR, La Filière des Boues, 2000

[2] : AMORCE, Traitements et destinations finales des boues résiduaires (Boeglin JC 2000).

[3] : Guide de l'assainissement en milieu urbain et rural (Christian Coste et Maurice Laudet 2002).

[4] : Jean-Lue-Laurnet, (1994), Assainissement des agglomérations : Techniques d'épuration actuelles et évolutions 2002

[5] : Etudes des déshydratations mécaniques des boues résiduaires urbaines (JERNEMY Olivier)

Site internet :

[6] : Keck G. et Vernus E, (2000)., «Traitements des boues », Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2450p.

[7] : http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/traitement-boues-station-epuration.php4.

[8] : Favreau G., Traitement et valorisation des boues de station d'épuration, 2011, [en ligne].Disponible sur <www.cr-champagne-ardenne.fr/getFile.aspx?FILEID=5933>, consulté le 23/04/2012.

[9] : Gaïd A., Traitement des boues, 2008, [en ligne] disponible sur <http://www.techniques ingénieur.

[10] : Office international de l'eau, Service National d'Information et de Documentation sur l'Eau procédé, 2001, [en ligne] disponible sur <www.oieau.org/documentation/IMG/pdf/02-StabBoues.pdf> consulté le 20/04/2012

[11] : Bilan de la filière d'élimination des boues de traitement des eaux usées du Bas-Rhin en 2012. Conseil Général du Bas-Rhin. 16p.

[12] : AFNOR, 2000, "La filière des boues, Normes et réglementation, Référence X33NR.

[13] : Agences de l'eau, 1999, "Audit environnemental et économique des filières d'élimination des boues d'épuration urbaines", Les études des Agences de l'Eau France, n"70.

[14] : http://www.riaed.net/?-Le-Riaed- (Réseau international de traitement des boues)

[15] : ADEME, fiche technique assainissement : Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration, consultable à partir de l'URL

[16] : FNDAE (Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau), Document technique, Stations d'épuration – Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, Office International de l'Eau – SNIDE, 1ère édition en 1992, actualisé en 2002, 86p.

Articles et mémoire :

[17] : Traitement des boues d'assainissement | Fiche technique (Septembre 2014)

[18] : Gazbar S., 1993, "Evaluation et amélioration des performances des procédés de déshydratation mécanique des boues résiduaires", Thèse de l'Institut Polytechnique de Lorraine.

[19] : Mémoire : Etude des performances de la station d'épuration de la ville d'Ouargla

[20] : Mémoire : Valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées Fès (STEP-Fès)

[21] : Mémoire : Les boues résiduaires de la station d'épuration d'Annba : caractéristiques et impacts environnementales

[22] : office national d'assainissement ONA 2011