

**UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA**



Faculté des Sciences de l'ingénieur

Département de Chimie Industrielle

Mémoire Présenté par

**SAFIDDINE Zineb**

**En vue d'obtenir le diplôme de Master**

Option **Chimie pour les sciences de l'environnement**

Thème

**Conditionnement des boues de la station d'épuration de Bni-Messous par des  
polymères synthétiques.**

Encadrée par : professeur **AOUABED Ali** (université de Blida)

*Promotion 2011/2012*

## EMERCIMENT

Tout d'abord je remercie الله de m'avoir donné la santé, le courage et la force pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur AOUABED Ali, qui, en tant que Directeur de mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Mes vifs remerciements s'adressent aux membres de jury; qui ont accepté de consacrer un peu de leur temps précieux pour juger ce travail, et de m'avoir bénéficié de leurs conseils et de leurs avis éclairés.

J'adresse également mes sincères remerciements à Mme HADJ ZIANE, responsable du Master pour son aide et ses conseils.

Mes remerciements s'adressent également aux techniciens des laboratoires du département de chimie industrielle, qui m'ont aidé.

Je remercie sincèrement mes très chers parents, qui ont tout ma gratitude pour leur sacrifice éternel, et qui ont fait tout leur possible pour la réussite de mes études.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amies, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire, et tout particulièrement ANTAR Soumya.

SAFIDDINE Zineb.

## Dédicace

*Je dédie ce mémoire de fin d'études*

**A**

***Ma très chère mère et mon très cher père***

*En témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation ainsi que ma formation.*

**A**

***Ma chère petite famille***

***Ma sœur Fadhela, mes frères Rachide et Mohamed.***

*Pour leur affection, compréhension et patience.*

**A**

***Toutes mes chères amies et toute la promo***

*Pour les bons moments passés ensemble.*

**A**

*Tous ceux qui ont une relation de proche ou de loin avec la réalisation du présent travail.*

## ملخص

عملنا هذا يدخل في اطار دراسة التعبئة الكيميائية للحمأة الآتية من محط مسوس.

عملية التعبئة تكون باستعمال طريقة التخثر و ذلك بإضافة بوليميرات كيميائية, و لقد تم تقييم هذه العملية بقياس المقاومة المحددة للترشيح و اجراء تصنيف للخصائص الفيزيائية و الكيميائية للحمأة. أظهرت النتائج بأن البوليميرات الموجبة كانت الانسب لعملية التعبئة الكيميائية للحمأة, حيث أنها قللت بنسبة 95% من التعكر لترشيح المياه و قد سمحت بالحصول على نسبة جفاف تقدر ب 22.85 % و على قيمة للمقاومة المحددة للترشح تقدر ب 0,31 م/كغ

**الكلمات المفتاحية :** الحمأة, التعبئة الكيميائية, بوليميرات كيميائية.

## Résumé :

Notre travail, concerne l'étude du conditionnement chimique de la boue provenant de la station d'épuration d'eaux usées de l'Oued de Beni-Messous, en appliquant des flocculants de différentes natures, à savoir les polymères synthétiques (Cosmeloc C 4346, Chimfloc C 4346, Sedipur NF 102 et Sedipur AF 400). La mesure de la résistance spécifique à la filtration et une caractérisation physico-chimique des boues étudiées ont été effectuées.

Les résultats montrent que les polymères cationiques étaient les mieux adaptés dans le conditionnement des boues municipales, puisqu'ils diminuent la turbidité de 95 % pour une eau filtrée de la boue, permettent d'obtenir une siccité de 22.85 %, et une RSF de 0,31 m/kg.

**Mots clés :** boue, conditionnement, polymère organiques.

## Abstract:

Our work relate to the study of chemical conditioning of sludge coming from the sewage treatment plant wastewater of wadi-Beni Messous, by applying coagulants of various natures, namely synthetic polymers (Cosmeloc C 4346, Chimfloc C 4346, Sedipur NF 102 et Sedipur AF 400). The measurement of resistance specific to filtration and a physicochemical characterization of sludge were carried out.

The results show that the cationic polymers were best adapted in the conditioning of municipal sludges, they decrease the turbidity to 95% for a filtered water of sludge; allow to obtain a dryness of 22.85 % and RSF of 0,31m/kg.

**Key words:** sludge, conditioning, organics polymers.

inépuisables et leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénurie. De ce fait le assainissement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. Si on veut continuer à jouir de son environnement, Il est en effet nécessaire de réduire la charge polluante des eaux usées, tant domestiques qu'industrielles.

Quant on parle d'épuration des eaux, on parle donc de production de boues. Il faut traiter ces boues afin d'obtenir d'une part une eau recyclable et d'autre part une boue suffisamment concentrée pour que le coût du post traitement soit acceptables [1]. Le traitement des boues s'effectue en deux étapes principales, la déshydratation, qui se fait sur la station d'épuration, et l'élimination ou la valorisation des boues concentrées.

La déshydratation des boues constitue aujourd'hui un véritable enjeu, tant technologique qu'économique. En effet, les boues d'épuration, chargées en eau, sont volumineuses (plus de 97% d'eau), donc coûteuses à éliminer. C'est pourquoi, gagner quelques points de siccité sur la déshydratation des boues entraîne une réduction de leur volume et, par là, de leur coût d'élimination. La réduction de volume est liée essentiellement à l'élimination de l'eau contenue dans les boues, les techniques d'élimination étant différentes selon la siccité finale à atteindre et la nature de l'eau à éliminer (eau libre et eau liée)

Pour rendre exploitables les différents équipements de déshydratation, il faut procéder à la coagulation-floculation de la boue pour "casser" la stabilité colloïdale et augmenter la taille des particules. Pour cela, on a recours aux procédés de nature chimique (ajout de réactifs minéraux et/ou polymères de synthèse ou polyélectrolytes).

Les polyélectrolytes sont des polymères organiques, ils ont acquis une grande part de marché au cours des dernières décennies. Elles peuvent être utilisées en quantités beaucoup plus faibles que les floculants minéraux, tels que la chaux et chlorure de fer. En outre, les polyélectrolytes organiques sont facilement biodégradables et sont disponibles dans de nombreuses combinaisons de la composition chimique, poids moléculaire et densité de charges.

ent chimique de la boue provenant de la station  
sousa été abordé. Le mécanisme et la performance de  
déshydratation ont été examinés, en utilisant quatre polymères, deux cationiques (Cosmeloc C 4346, Chimfloc C 4346), un polymère non ionique (Sedipur NF 102) et un polymère anionique (Sedipur AF 400).

Le premier chapitre est consacré au contexte général des boues de stations d'épuration.

Le deuxième chapitre présente quelques résultats relatifs au conditionnement des boues en utilisant les flocculants de synthèse.

Dans le troisième chapitre la station d'épuration des eaux usées de Beni-Messous où les échantillons de la boue étudiée ont été prélevés a été présentée.

Les dispositifs expérimentaux et les méthodes utilisés au long de ce travail sont décrits dans le quatrième chapitre.

Le dernier chapitre présente les résultats relatifs à la caractérisation physicochimique et rhéologique de la boue prélevée de la step de Beni-Messous, et au conditionnement de cette boue en utilisant les différents polyélectrolytes, y sont présentés et interprétés.

Nous terminons par une conclusion générale représentant une synthèse globale de notre travail, ouvrant la discussion sur les perspectives de cet axe de recherche.

## Sommaire

### Resume

### Liste des tableaux

### Liste des figures

### Introduction générale

## Chapitre I : Généralités

I.1.	Introduction .....	11
I.2.	Types de boues	11
I.2.1.	Boues primaires	12
I.2.2.	Boues biologiques	12
I.3.	Traitement des boues	12
I.3.1.	Epaississement	14
I.3.2.	Stabilisation	15
I.3.3.	Conditionnement	16
I.3.4.	Déshydratation par filtration	20
I.3.5.	Séchage	21

## Chapitre II : Etude bibliographique sur le conditionnement de boues

	Introduction	23
II.1.	Etude bibliographique	23
II.2.	Résumé des résultats bibliographiques	27

## Chapitre III : Présentation de la STEP de Bni-Messous

	Introduction	29
III.1.	Présentation de la STEP de Bni-Messous	29
III.1.1.	Situation géographique	29
III.1.2.	Réalisation de la STEP	29
III.1.3.	Données de base (débit, pollution, DBO <sub>5</sub> , MES)	30
III.1.4.	Principe du traitement adopté et description des ouvrages	31



**Tableau III.1** : Débit à l'entrée de la station de épuration des eaux usées de Bni-Messous....30

**Tableau III.2** : Charges polluantes de la STEP de Bni-Messousí í í í ...í í í í í í .31

**Tableau V.1** : Résultats de la caractérisation physico-chimique de la boue au laboratoireí 40

**Tableau V.2** : Résultats du conditionnement par le Chimflocí í í í í í í í í í í ....43

**Tableau V.3** : Résultats du conditionnement par le Cosmelocí í í í í í í í í í í í 45

**Tableau V.4** : Résultats du conditionnement par les deux polymères cationiquesí í í í ..46

**Tableau V.5** : Résultats du conditionnement par le Sedipur AFí í í í í í í í í í í .48

**Tableau V.6** : Résultats du conditionnement par le Sedipur NFí í í í í í í í í í í .50

**Tableau V.7** : Résultats du conditionnement des boues de la présente et d'autres étudesí í 57

**Figure I.1 :** Sources et types des boues générées dans les stations deépurationsí ...í í í 11

**Figure I.2 :** Différentes filières de traitement des bouesí í í í í í ..í í í í í í í .í ..13

**Figure I.3 :** Action de polyélectrolytes sur les boues í í í í í í í ...í í í í í í í ..17

**Figure I.4 :** Filtre presse équipé pour les opérations automatiques.....í ...20

**Figure I.5 :** Filtre à bandeí 21

**Figure III.1 :** Vue d'ensemble de la STEP de Bni-Messousí í í í í í í í ..í í í í .31

**Figure IV.1 :** Cellule de filtration sous videí 37

**Figure V.1 :** Influence de la dose du Chimfloc sur le volume recueilleí í í í í í í í .42

**Figure V.2 :** Influence de la dose du cosmeloc sur le volume recueilleí í í í í í í í .44

**Figure V.3 :** Influence de la dose du Sedipur AF sur le volume recueilleí í í í í í í ..46

**Figure V.4 :** Influence de la dose du Sedipur NF sur le volume recueilleí í í í í í í .í .49

**Figure V.5 :** Variation du volume en fonction du tempsí í í í í í í í í í í í í í í í .51

**Figure V.6 :** Action des polymères cationiques sur les bouesí í í í í í í í í í í í í .52

**Figure V.7 :** Variation de la siccité du gâteau en fonction de la dose de polymère ajoutetí 52

**Figure V.8 :** Influence de la dose des flocculants sur la turbidité du filtratí í í í í í .í 54

**Figure V.9 :** Variation de la RSF en fonction de la dose des polymères étudiésí í í í ..56

## I.1. Introduction :

Les eaux usées sont des sous produits des utilisations humaines, domestiques ou industrielles, susceptibles de contaminer les milieux où elles sont déversées. Elles sont dirigées vers des stations de traitement afin de régénérer leur qualité pour les réutiliser dans des activités économiques particulières ou au moins leur rejet final soit conforme aux spécificités normatives.

## I.2. Type des boues :

Le type des boues dans les stations de traitement varie selon les processus et les méthodes du traitement. Dans les typiques stations on trouve les boues primaires, secondaires et les boues digérées. Ces boues ont des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques différents et ça influence sur la déshydratation des boues. (Figure I.1)

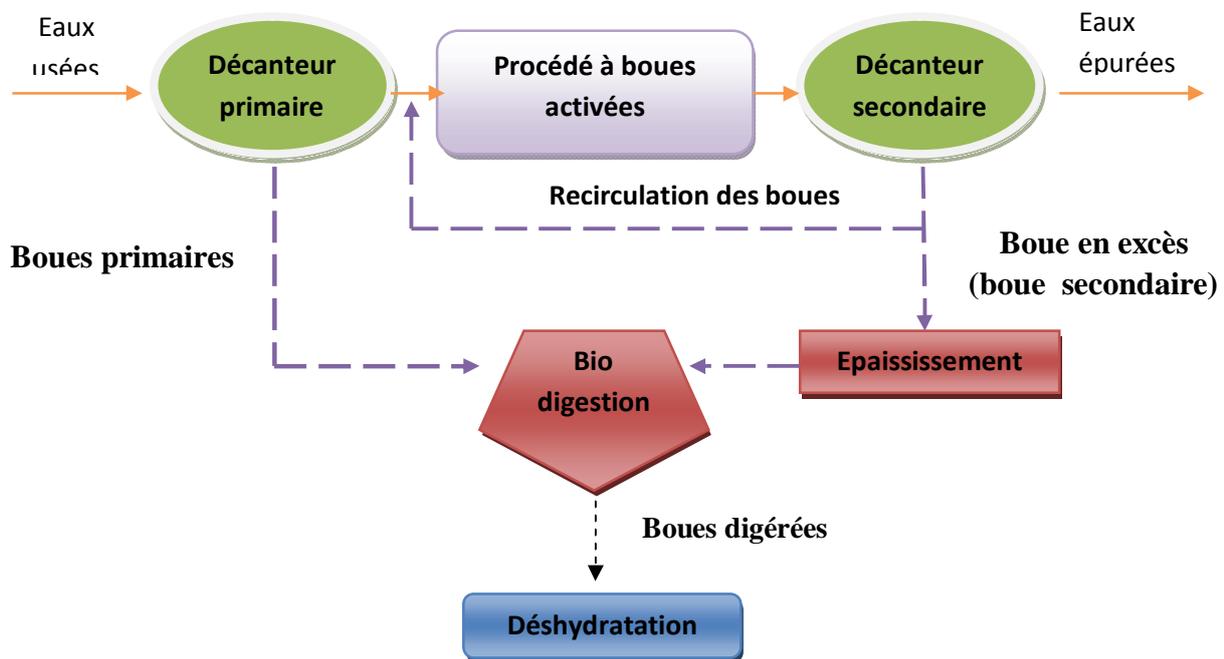


Figure I.1 : Sources et types des boues générées dans les stations de traitement [2]

## **I.2.1. Boues primaires :**

Les boues de traitement primaire sont produites par simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées [3]. Possèdent une odeur désagréable due à la composition discrète des particules. Les boues primaires peuvent être facilement déshydratées avec des exigences moins par rapport aux boues secondaires [4].

## **I.2.2. Boues biologiques :**

Elles sont essentiellement formées par des floes de bactéries « cultivées » qui décantent dans le décanteur secondaire. Ces bactéries se nourrissent des matières organiques contenues dans les eaux usées et les digèrent. La plupart des procédés font appel à des microorganismes anaérobies facultatifs et hétérotrophes qui ont un métabolisme aérobie en présence d'oxygène et un métabolisme anaérobie en absence d'oxygène et utilise le carbone organique à la fois comme source d'énergie et pour leur synthèse cellulaire. Ces traitements sont essentiellement réservés aux eaux usées urbaines [3].

## **I.3. Traitement des boues :**

Les techniques actuelles de dépuración des eaux usées domestiques ou industrielles, ainsi que les seuils de rejet de plus en plus exigeants et les quantités à traiter de plus en plus grande, entraînent, au cours des différentes phases de traitement, une importante production de boue. Ces dernières contiennent en générale 95 % à 98 % d'eau [5]. Les différentes étapes du traitement des boues ont pour but leur stabilisation et leur concentration par déshydratation. Ces opérations se situent en amont du séchage et sont importantes car elles déterminent la qualité des boues (taux de matières sèches, propriétés rhéologiques, consistance, pelletabilité, etc.) [6].

Les objectifs du traitement sont :

- La réduction voire l'élimination du pouvoir fermentescible.
- La réduction du volume des boues.

Les différentes filières de traitement des boues sont présentées dans la figure I.2 :

# Chapitre I : Généralité

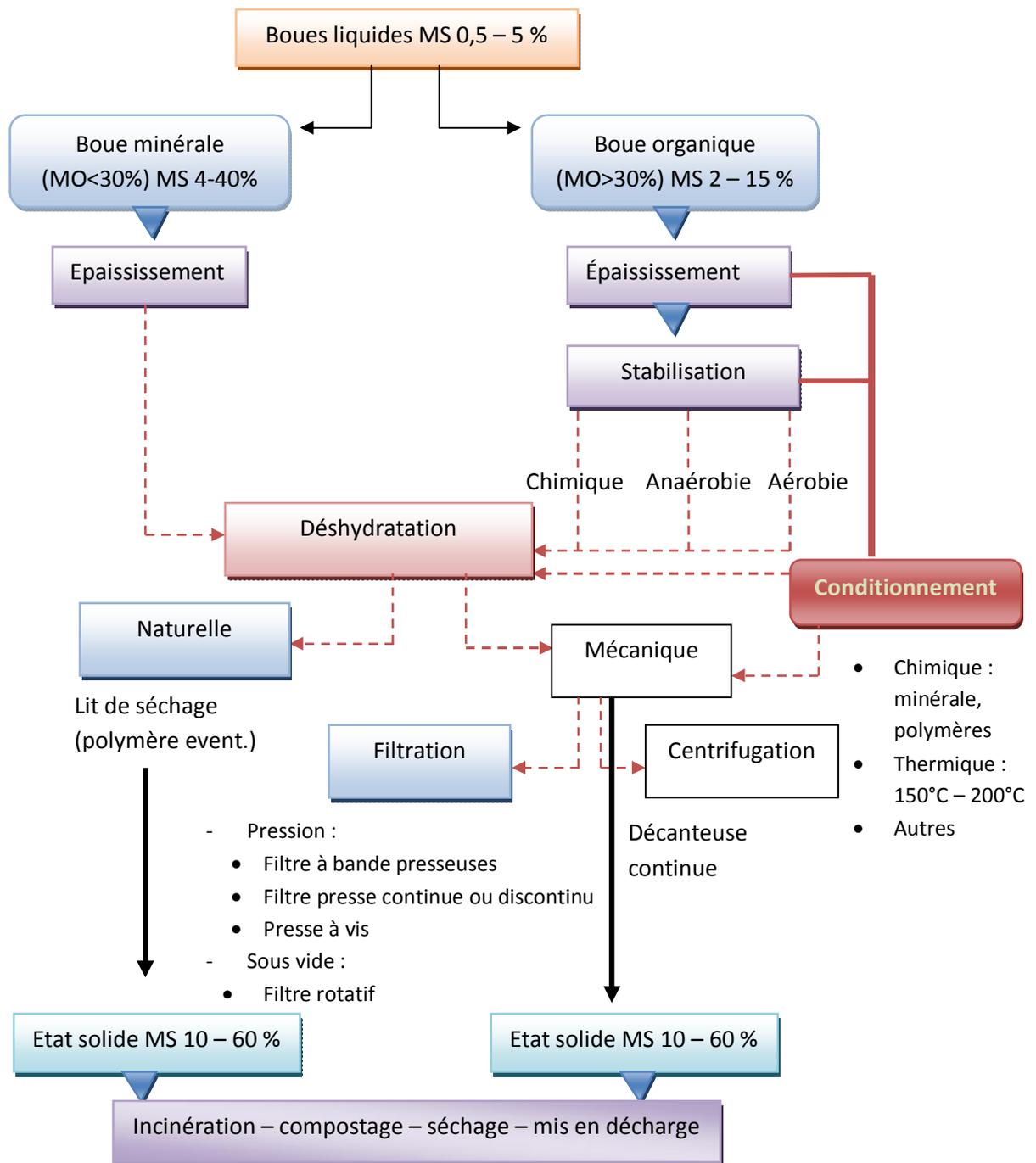


Figure I.2 : Différentes filières de traitement de boues [7].

## I.3.1. Epaissement :

C'est la première étape du traitement. A l'entrée de la filière, la boue étant extrêmement liquide, pour réduire les volumes à traiter, on élimine l'eau libre. L'épaissement est avantageux pour les raisons suivantes :

- Il améliore le rendement de digestion si celle-ci est prévue et en réduit le coût d'investissement.
- Il réduit le volume des boues en particulier en cas d'épandage ou de rejet en mer.
- Il augmente l'économie des systèmes de déshydratation (centrifugation, filtration sous vide, etc.) [8].
- L'épaissement peut être statique, gravitaire ou dynamique par flottation, selon le type de boue à traiter.

### I.3.1.1. Epaissement gravitaire (statique) :

C'est la technique de concentration des boues la plus utilisée. Elle consiste à faire séjourner des boues dans des bassins de forme cylindro-conique [9]. L'épaissement est réalisé en provoquant le tassement des boues dont l'évacuation se fait par le fond tant dis que le liquide surnageant est évacué par le haut [10]. On peut utiliser le type statique, simple cuve cylindrique à fond conique (45 à 75° sur l'horizontale) Jusqu'à 5 m de diamètre. Au-delà de cette dimension, des cuves à radier à pente faible et d'un système de raclage et d'agitation lente dont le rôle est double :

- Faciliter le glissement des boues vers la fosse centrale où elles sont extraites ;
- Permettre le dégagement de l'eau interstitielle et des gaz occlus dans les boues au moyen d'une herse verticale accrochée au dispositif tournant.

L'ensemble du dispositif mécanique de raclage est le plus souvent à entraînement central avec double bras diamétral. Ce système est constitué d'une série de racleurs montés « en jalousie » afin d'éviter le blocage de la boue au cours de son transfert vers la fosse centrale d'extraction.

On a toujours intérêt à construire des épaisseurs de hauteur suffisante, afin de faciliter le tassement de la boue sous le seul poids de la masse solide. Une hauteur de 3,5 à 4 m, tenant compte du volume de stockage, est préconisée [9].

## I.3.1.2. Epaissement par flottation :

Il s'applique particulièrement aux boues à floccs légers et volumineux (hydrophile).

Dans l'épaissement par flottation, les floccs des boues s'accrochent aux fines bulles d'air formées par dépressurisation. Le mélange air-matière s'élève à la surface du bassin où il se concentre et est éliminé.

Les principaux paramètres sont le taux de recyclage, la concentration de la suspension alimentée, le rapport air-matière et les charges massiques et hydrauliques. Pour la pressurisation à l'air, on applique couramment des pressions de 2.5 à 4 bars. Le taux de recyclage est lié au rapport air-matière et à la concentration de la suspension alimentée [8].

## I.3.2. Stabilisation :

### I.3.2.1. Stabilisation biologique :

La stabilisation est mise en œuvre sur des boues riches en matière biodégradable. La stabilisation par les procédés aérobie ou anaérobie est aussi appelée digestion. La digestion anaérobie met à profit la fermentation méthanique pour éliminer une quantité importante de la matière organique (et donc réduire le volume de boues) [7].

La digestion aérobie consiste en l'oxydation de la matière organique suivant un métabolisme endogène qui va donc entraîner une réduction de la biomasse et une minéralisation des boues. Sur la base d'une cinétique du premier ordre, la variation en matière solide volatile (MSV) s'exprime pour un système batch ou piston suivant :

$$\frac{X_e - X_n}{X_0 - X_n} = e^{-k_d t}$$

Avec  $X_e$  : MSV de l'effluent

$X_n$  : MSV non dégradabile

$X_0$  : MSV initial

# Chapitre I : Généralité

---

$K_d$  : constante cinétique

t : temps

Pour un système complètement mélangé, le modèle est alors :

$$\frac{C_0 - C_t}{C_0} = \frac{K_d t}{1 + K_d t}$$

Avec t = temps de séjour.

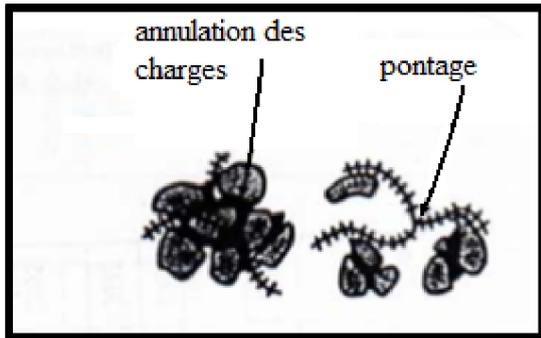
### I.3.2.2. Stabilisation chimique :

La stabilisation chimique a pour principal objectif de diminuer voire bloqué, au moins temporairement, le pouvoir fermentescible des boues. La chaux du fait de son faible coût, de son alcalinité et de sa capacité à renforcer aussi la structure de la boue est le réactif de choix. Les autres réactifs possibles sont le chlorure ferrique, l'alun et les polymères organiques. La stabilisation chimique peut cependant nuire à la valorisation agricole des boues ainsi traitées.

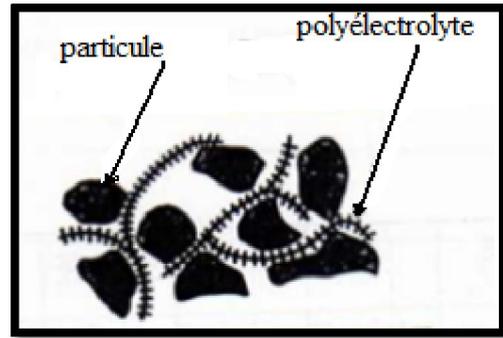
### I.3.3. Conditionnement :

Ce traitement permet de modifier la structure des boues (en réduisant leur stabilité colloïdale) afin de faciliter l'étape ultérieure de filtration. Le conditionnement chimique consiste en l'ajout de réactifs chimiques favorisant la floculation. On emploie principalement des sels métalliques : chlorure ferrique, chlorosulfate ferrique, sulfate ferrique, sulfate ferreux. L'ion  $Fe^{3+}$  (sous forme de  $FeCl_3$  ou  $FeSO_4Cl$ ) est le plus efficace pour les boues biologiques. De plus, un ajout de chaux est toujours avantageux pour améliorer la filtrabilité.

L'utilisation de polymères (ou polyelectrolytes), permet aussi l'obtention de flocc volumineux par pontage et par une action coagulante (figure I.3). Et les polyelectrolytes cationiques ont de plus une action coagulante. Les dosages en polyelectrolytes varient de 1 à 9 kg/tonne de MES.



**A** : schéma d'action d'un polyélectrolyte cationique : pontage et annulation des charges



**B** : schéma d'action d'un polyélectrolyte anionique pontage.

**Figure I.3** : Action des polyélectrolytes sur les boues [7].

### I.3.3.1. Conditionnement chimique :

Le conditionnement chimique consiste en une floculation de la boue permettant de casser la stabilité colloïdale et d'augmenter artificiellement la taille des particules. Le conditionnement rend donc exploitable les différents équipements de déshydratation. Il a recours à des procédés de nature physique (thermique principalement), mais plus souvent de nature chimique par ajout de réactifs minéraux ou de polymères de synthèse ou naturel.

Le type de conditionnement va donc avoir une influence sur le taux d'hydratation du sédiment obtenu. En outre, chaque réactif chimique employé à son efficacité propre en ce qui concerne la dimension des floes formés : grenus avec les réactifs minéraux et volumineux avec les polyélectrolytes [11].

#### a. Réactifs minéraux :

Ils sont mieux adaptés si l'on veut procéder à une déshydratation par filtres-presses ou filtres sous vide possédant des mailles fines généralement inférieures à 100-200  $\mu\text{m}$ . Ces réactifs minéraux conduisent, en effet, à la formation de floes fins mécaniquement stables.

Pour des raisons d'économie et d'efficacité, on emploie le plus souvent des sels métalliques tels que les sels de fer et, à un degré moindre, les sels d'aluminium. Sur les boues organiques, l'ion  $\text{Fe}^{3+}$  est de loin le plus efficace et le plus utilisé. Le choix entre  $\text{FeCl}_3$  et  $\text{FeSO}_4\text{Cl}$  est généralement d'ordre économique [10].

### **b. Polyelectrolytes (synthétiques ou naturels) :**

On utilise très peu les polymères naturels (amidons, polysaccharides, alginates, ...) dans l'épaississement des boues, du fait de la floculation médiocre obtenue. En revanche, les polyélectrolytes (polymères de synthèse) sont beaucoup plus efficaces. Ils forment des floccs volumineux (plusieurs millimètres), bien différenciés dans une eau interstitielle clarifiée. Les polyélectrolytes ont pour effet :

- Une floculation très marquée, par formation de ponts entre particules, grâce aux longues chaînes ramifiées. Cette floculation est renforcée par une action coagulante dans le cas de polymères cationiques.
- Une très forte diminution de la résistance spécifique de la boue, l'eau libre interstitielle libérée étant très rapidement drainable. En revanche, les floccs, souvent spongieux et assez hydrophiles, entraînent dans la plupart des cas une augmentation du facteur de compressibilité de la boue.

Un nombre important de polyélectrolytes est à disposition, et il faut généralement faire appel à des tests simples de floculation, de drainage et de pressage, en laboratoire puis industriels, pour choisir le produit le mieux adapté. Il y a le choix entre plusieurs types de polyélectrolytes, suivant les boues épaissies que l'on veut obtenir :

- **Les polyélectrolytes cationiques :**

Ils sont surtout efficaces pour le conditionnement de boues à teneur élevée en matières organiques colloïdales ou à teneur élevée en fibres cellulosiques. Les doses utilisées sont de l'ordre de 1 à 10 kg/tonne de matières en suspension.

- **Les polyélectrolytes anioniques :**

Ils trouvent une large application dans les suspensions boueuses à caractères minéral prépondérant (boues denses hydrophobes, boues d'hydroxydes métalliques).

Les doses employées avec ces polymères sont souvent plus modestes, de l'ordre de 0.3 à 2 kg/tonne de matières en suspension [10].

- **Les polyélectrolytes non ioniques :**

Ce sont presque exclusivement des polyacrylamides de haut poids moléculaire (15 millions), de réaction électrique neutre en milieu aqueux, sont préparés par polymérisation de l'acrylamide sous l'action de initiateurs radicalaires [12].

- **Mise en œuvre des polyélectrolytes**

En traitement des boues, les polyélectrolytes utilisés sont souvent livrés en poudre, notamment dans les moyennes et grandes stations d'épuration. La gamme est très étendue, ce qui est un avantage important du fait de la diversité de qualité des boues. Pour des installations plus petites, il est possible de prendre des polyélectrolytes en sirop visqueux, plus faciles à mettre en œuvre.

La solution mère (4 à 6 g/l) est généralement diluée avant introduction dans la boue, mais il n'y a pas de règle précise. Tout dépend des viscosités respectives de la boue et de la solution de polyélectrolyte. Le mélange boue-polyélectrolyte s'effectue de façon très simple, car la floculation est quasi immédiate, mais les floccs formés sont souvent fragiles. Dans la mise en œuvre de tout procédé de déshydratation employant les floccs comme réactifs, il faut donc éviter des cuves à agitation trop violente, des temps de floculation trop longs et des pompes destructeurs de la boue préalablement flocculée.

### **I.3.3.2. Conditionnement thermique :**

La boue est portée à des températures de 150 à 200 °C pendant 30 à 60 minutes afin de détruire ses caractéristiques colloïdales, et augmenter sa densité de particules. Conjointement cependant, on peut assister à la solubilisation de certaines matières en suspension ainsi qu'à la précipitation d'autres matières solubles.

Les avantages de ce procédé nécessitant un fort investissement sont :

- Versatilité d'application sur tous les types de boues
- Stabilité des performances (réglage du temps et de la température de cuisson)
- Épaississement important (MES de 100 à 200 g/L)
- Filtration sans apport de réactifs, gâteau de filtration avec une bonne siccité (50% en matière sèche) [9].

## I.3.4. Déshydratation par filtration :

### I.3.4.1. Les lits de séchage :

L'objectif est de retirer l'eau de la boue. Pour les boues activées à faible charge les lits de séchage sont très utilisés. Le lit de séchage combine à la fois les mécanismes de filtration qui est le premier mécanisme qui entre en jeu suivie de l'évaporation qui poursuit la déshydratation. Le lit est constitué d'une première couche de gravier grossier (20 à 50 cm de hauteur) sur laquelle repose une deuxième couche de sable (20 à 50 cm de hauteur). Sous le gravier, un drain permet l'évacuation de l'eau filtrée. Les boues sont amenées sur lit de sable et la filtration se bloquant après un certain temps, c'est l'évaporation qui poursuit la déshydratation. Les boues sèches en surface sont alors enlevées mécaniquement (pelle ou racleur mécanique).

### I.3.4.2. Filtre presse :

La filtration peut s'effectuer sur filtre presse. Il est important de se rappeler qu'un bon conditionnement est un prérequis au fonctionnement efficace des filtres. Pour les filtre presse une forte surpression d'environ 5 à 15 bars est appliquée. Un filtre presse équipé pour les opérations automatique est présenté dans la figure I.4.

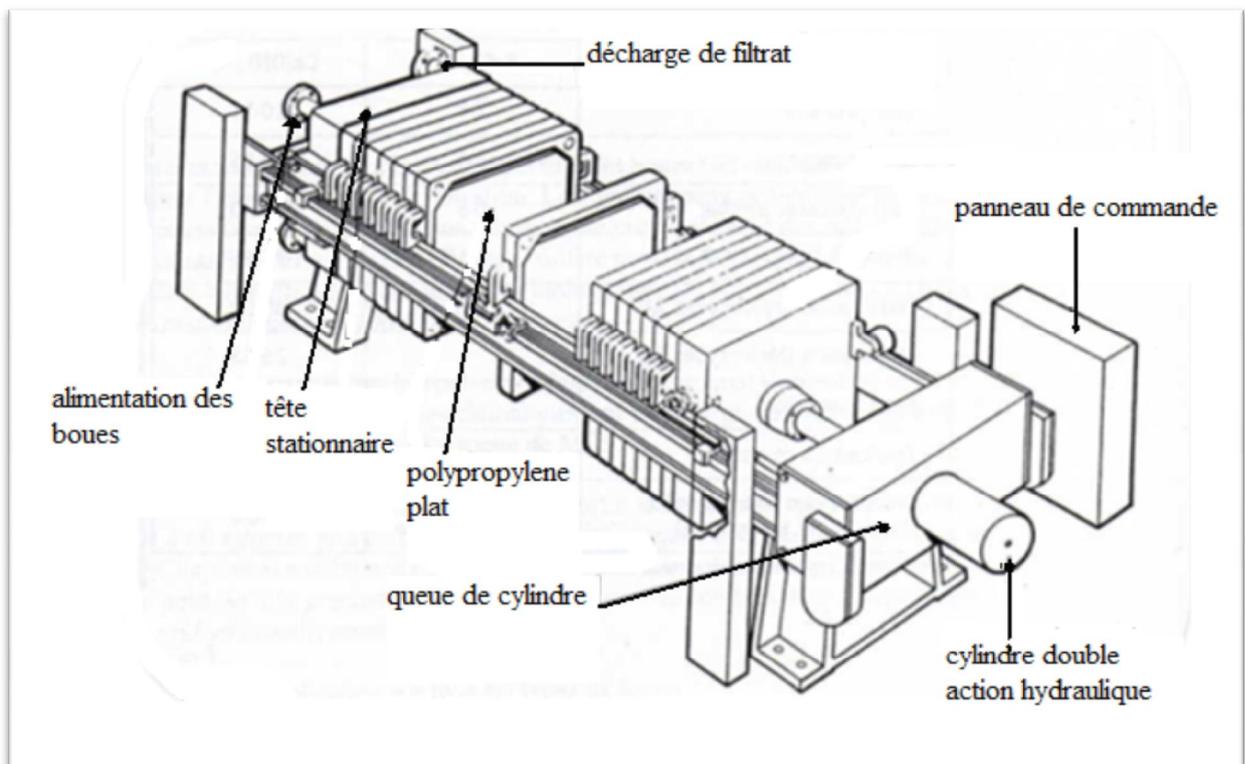


Figure I.4 : filtre presse équipé pour les opérations automatiques [7].

### I.3.4.3. Filtre à bande :

La filtration peut s'effectuer sur filtre à bande, qui possède une filtrante qui à son tour constitue une bande d'entraînement. La boue s'égoutte, puis elle est pressée, et enfin, elle sort subit des cisaillements de tous ordre.

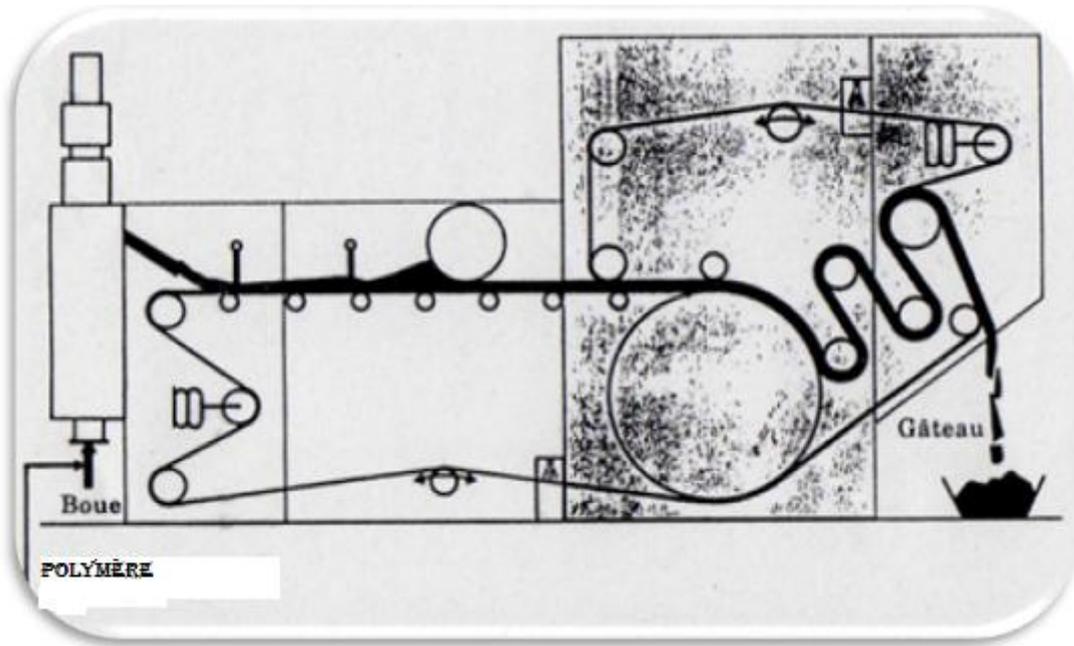


Figure I.5 : filtre à bande [7].

### I.3.5. Séchage :

Après déshydratation, le gâteau récupéré contient encore une fraction importante d'eau interstitielle puisque la teneur en matière sèche varie dans une gamme de 10 à 70 %. Le séchage peut être nécessaire soit pour faciliter l'incinération ultérieure de la boue soit pour faciliter sa valorisation agricole sous forme sèche. On peut atteindre ainsi des siccités de 90%.

Dans le sécheur rotatif (comme les fours de cimenterie) les boues sont mises en contact direct avec des gaz chauds de combustion. Le contact direct est aussi possible dans un lit fluidisé. Le séchage s'effectue aussi par contact direct en la boue et des parois chaudes.

- Le dispositif final des boues se fait soit par enfouissement en décharge soit par épandage sur le sol quand une valorisation agricole est envisageable [7].

### Introduction :

Des études ont été faites sur le conditionnement et l'aptitude des boues à la déshydratation par ce qui suit, on présentera quelques résultats relatifs au conditionnement des boues en utilisant les flocculants de synthèse :

### II.1. Etude bibliographique :

- **Krishnamurthy. S et T. Viraraghavan(2005)** ont examiné l'effet de trois flocculants dont deux polymères cationiques (Percol 755 et Percol 757), et le chlorure ferrique  $FeCl_3$ , sur une boue d'une usine de traitement des eaux résiduaires de Regina (Canada). Le dosage optimum de chlorure ferrique, Percol 755 et Percol 757 est de 80.6, 2.9 et 2.7 kg/t de matière sèche (respectivement), a comme conséquence la neutralisation complète de charge [13].

Les résultats du conditionnement ont montré qu'une combinaison de 50% du dosage optimum et 50 % du dosage optimum de Percol 757 ont les valeurs les plus bas de temps de succion capillaire (CST) et RSF, ils ont remarqué aussi qu'il y a une bonne corrélation entre les données de CST et de RSF ( $R^2 > 0.99$ )

- **C. H. LEE (2000a)** a examiné le temps de succion capillaire (CST), la résistance spécifique de filtration (RSF) et le potentiel Zeta pour tester la déshydratation des boues activées prélevées d'une usine de fibre synthétique. Le polyélectrolyte cationique (KP201) et non ionique (NP800) préparés à 2000mg/l sont utilisés dans le conditionnement des boues [14].

Les résultats de déshydratation ont été comparés. La RSF du KP201 et NP800 est de  $1.3 \times 10^{12}$  et  $2.7 \times 10^{11}$  m/kg de MS respectivement, avec un dosage optimum de 5.8 kg/t pour chaque polymère.

- **C. H. LEE (2000b)**, a réétudié la déshydratation des boues activées prélevées d'une usine de fibre synthétique, en utilisant les mêmes flocculants précédent (P201 et NP800) préparés à 2000 mg/l [15]. les résultats de la résistance spécifique à la filtration sont de

$2.0 \times 10^{12}$  m/kg avec un dosage optimum de 10.0 kg/t de MS, pour le floculant cationique, et de  $8.0 \times 10^9$  m/kg avec un dosage optimum de 20.0 kg/t de MS pour le floculant non ionique, et quand la boue est conditionnée par les deux polymères, la RSF diminue de  $1.5 \times 10^{12}$  à  $2.3 \times 10^{10}$  m/kg avec un dosage de 12.5 kg/t de MS (boue pré-conditionnée par 2.5 kg/t de chaque floculant).

● **G. R. Chang(2000)** a étudié l'effet du polyélectrolyte cationique (Oya CN60) préparé à une concentration de 2000 mg/l, sur deux types de boues : chimique et biologique. Il a également mesuré le temps de succion capillaires (CST), la résistance spécifique à la filtration (SRF) et le potentiel Zeta, pour évaluer les comportements de déshydratation de la boue [16]. Les résultats indiquent que la boue chimique était relativement difficile à déshydrater, même en présence du polyélectrolyte. Et quand la boue activée est mélangée à la boue chimique avec un ratio de 1: 1 et 2: 1, respectivement, la déshydratation est améliorée remarquablement tandis qu'elle est relativement meilleure pour la boue activée. Le dosage optimal du polyélectrolyte est de 100 mg/l avec une RSF de  $1.4 \times 10^{15}$  m/kg.

● **Nguyen Tan Phong(2009)**, a étudié l'effet d'un biopolymère polysaccharides (Alginate) et le polydiallyldimethyl ammonium chloride (PDADMAC) un polyélectrolyte cationique sur deux types de boue : synthétique et boue activée [17]. Les résultats ont montré que l'addition de calcium(II) aux deux types de boues à améliorer la déshydratation des boues, l'ajout de 5Mm de  $Ca^{+2}$  à une boue activée à diminuer le CST jusqu'à 10s. le cation contribue de manière significative à l'attache des floes dans les deux types de boue.

● **Hans Saveyn (2005)**, a étudié l'effet de neuf polyélectrolytes cationiques caractérisés par leurs densités de charge cationique sur le conditionnement des boues activées issues d'une station d'épuration d'eau usée en Belgique. La boue a été testée par un filtre presse sous une pression stable de 400 kPa et sous un champ électrique, les polyélectrolytes sont préparés à 0.2 % et ajoutés de raison de 3.76, 5, 8, 11 et 12.24g de polyélectrolyte / kg de MS [18]. Il a été démontré que les caractéristiques des polyélectrolytes ont une grande importance sur la déshydratation des boues. Par les moyens de mesures en ligne du potentiel et les mesures électrophorétiques, il a été démontré que même à des hautes doses

de polyélectrolyte, les charges sont neutralisées, mais les charges négatives extérieures sont encore présentes à l'intérieur de la matrice de boue. Pendant la formation du gâteau, et quand le liquide est forcé pour se déplacer par les pores du floc, ces charges négatives extérieures deviennent de plus en plus importantes.

- **Nguyen Tan Phong(2007)**, a étudié l'effet des cations et deux polyélectrolytes cationiques « Clarifloc et Stockhausen » (préparé à 1 % en poids), sur les caractéristiques et les propriétés finales des boues activées prélevées d'une station de traitement des eaux usées urbaines et une boue synthétique préparée dans un réacteur, les tests de déshydratations ont été effectués par la mesure du temps de succion capillaire (CST) [19], les résultats ont montré que l'ajout de 5mmole de  $Ca^{2+}$  au conditionnement a amélioré remarquablement la déshydratation pour les deux types de boues, les doses optimales pour les deux types de polyélectrolyte étaient comme suit : 4mg/g et 8 mg/g de Clarifloc et Stockhausen respectivement pour la boue synthétique, et 2 mg/g de chacun pour la boue activée.

- **Nguyen Tan Phong(2008)**, a étudié l'effet de trois polyélectrolyte (polydiallyldimethyl ammonium chloride « PDADMAC », Clarifloc et Stockhausen), préparés à 1 % sont utilisés dans le conditionnement des boues activées d'une usine des eaux résiduaires et une boue synthétique, la déshydratation des boues est traitée par le temps de succion capillaire (CST) [20]. Les résultats ont confirmé que l'addition de 5 Mm de  $Ca^{2+}$  au conditionnement a amélioré remarquablement la déshydratation pour les deux types de boues, les doses optimales pour les trois polyélectrolytes étaient comme suit : 16 mg/g de PDADMAC pour les deux types de boue, 4 mg/g et 8 mg/g de Clarifloc et Stockhausen respectivement pour la boue synthétique et 2 mg/g de chacun pour la boue activée.

- **Y. Q. Zhao(2003)** a examiné les corrélations entre les propriétés physiques de floculation, telles que la taille, la densité, la structure des floccs et le dosage optimum d'un polymère organique dans le conditionnement des boues. La RSF, la taille des floccs, la densité et la structure ont été examinées par un système d'analyse d'image [21]. Les résultats de cette recherche indiquent que : le polymère augmente simultanément la taille

des floccs en augmentant la dose du flocculant. Une flocculation plus élevée et des densités efficaces sont associées à de plus grandes doses du polymère (15 mg/l). et des floccs compacts sont associés à la dose optimale (10mg/l), qui correspond à la résistance  $9.10^{12}$  m/kg.

- **Merabet. H (2008)** conditionnement chimique de la boue provenant de la station d'épuration d'eaux usées de Beni-Messous. Le mécanisme et la performance de déshydratation ont été examinés, en appliquant des coagulants de différentes natures, à savoir le chitosane, le chlorure ferreux et les polymères synthétiques (Sedipur NF 102, AF 400 et CF 802) [22].

Deux mesures ont été utilisées dans ce travail ; la résistance spécifique a la filtration (RSF) et le temps de succion capillaire (CST). Pour la mesure de la RSF, une conception expérimentale d'un filtre presse, a été réalisée. Les résultats obtenus mettent en évidence une efficacité du biopolymère et des polymères cationique qui ont diminué la turbidité de 90 %.

- **Thierry Ruiz(2010)** a étudié les caractéristiques de deux types de boues d'épuration urbaines prélevées de deux types de station caractérisées par deux différents types de traitement des boues (boue épaissie « A » et boue digérée « B »), les boues ont été conditionnées par un flocculant minéral et la chaux, la déshydratation des boues est mesurées par une cellule de filtration sous pression constante (0.5 bar), afin de déterminer le volume limite recueilli de la filtration [23], les résultats de la résistance spécifique de filtration sont comme suit :  $1.2 \times 10^{11}$  et  $1.7 \times 10^{12}$  m/kg pour A et B respectivement, les résultats ont prouvé que les boues A et B n'ont pas présenté la même aptitude mécanique à la déshydratation, tandis que la matière organique a semblé être un paramètre essentiel dans l'efficacité de la déshydratation mécanique, la boue qui contient plus de matière organique (la boue A) présente significativement la RSF la plus basse.

- **Thapa K.B (2009)** a étudié l'interaction de deux types de polyélectrolyte cationique (ZETAG 7650 « haut poids moléculaire » et ZETAG 7501 « bas poids moléculaire »). Sur une boue digérée prélevée d'une station d'épuration de traitement des eaux usées

urbaines (Australie). Des essais de filtration sous vide ainsi que des mesures du potentiel de Zêta ont été effectuées pour tester la déshydratation des boues. Les résultats ont confirmé les mécanismes classiques de floculation (la neutralisation de charge ainsi que le phénomène de réticulation) [24], les résultats montrent que la boue est bien floculée en utilisant le floculant ZETAG 7650 même avec les plus basses doses, avec un optimum de 6.5 et 11kg/t pour ZETAG 7650 et ZETAG 7501 respectivement, il s'est avéré que le poids moléculaire a une influence significative sur la formation des floes ( la boue floculée par le floculant ZETAG 7650 présente des floes plus grands et plus résistants par rapport à la boue floculée par le floculant ZETAG 7501).

- **Hadj Kouider. S (2011)** a examiné l'aptitude de déshydratation des boues des stations d'épuration par la filtration sous pression et la centrifugation. Des floculants de différentes natures, à savoir les polymères synthétiques (Sedipur CF 802, Super Flocc C 498, Sedipur NF 102 et Sedipur AF 400) et le biofloculant jus de cactus ont été utilisés, afin d'augmenter la siccité des boues déshydratées [25]. Les résultats ont montré que les polymères cationiques étaient les mieux adaptés, les valeurs de la RSF du Sedipur CF 802, Super Flocc C 498, Sedipur NF 102 et Sedipur AF 400 sont respectivement  $0,44 \cdot 10^{12}$ ,  $0,35 \cdot 10^{12}$ ,  $0,38 \cdot 10^{12}$  et  $1,6 \cdot 10^{12}$ . Le cactus quant à lui présente des résultats encourageants, puisque qu'il diminue la turbidité de 96 % et permet d'obtenir une siccité de 31 %.
- **Zemmouri. H (2012)** a étudié le conditionnement des boues issues de la station d'épuration des eaux usées de Beraki, pour cela quatre polyélectrolytes ont été utilisés à savoir, les deux polymères cationiques EMO, Sedipur C 802, un polymère non ionique Sedipur NF 102 et un polymère anionique Sedipur AF 400 [26]. Les résultats ont montré que la RSF obtenue par l'EMO, le Sedipur C 802, le Sedipur AF 400 et le Sedipur NF 102 sont respectivement  $0,1 \cdot 10^{12}$ ,  $0,5 \cdot 10^{12}$ ,  $0,2 \cdot 10^{12}$  et  $1,2 \cdot 10^{12}$  m/kg.

### II.2. Résumé des résultats bibliographiques :

Le tableau suivant représente les résultats de quelques études présentés précédemment

## Chapitre II : Etude bibliographique sur le conditionnement des boues

**Tableau II.1** : résultats de quelques études faites sur le conditionnement des boues.

Auteurs	Type de flocculant	Type et origine des boues	Siccité (%)	Abattement de la turbidité (%)	RSF (m/kg)
<b>Merabet. H (2008)</b>	Non ionique Sedipur NF 102,	Boues stabilisées de la STEP de Bni-Messous	---	68	$3.10^{12}$
	Anionique Sedipur AF 400		---	68	$4.10^{12}$
	Cationique Sedipur CF 802		---	98	$0,7.10^{12}$
<b>Zemmouri. H (2012)</b>	Cationique EMO	Boues digérées de la STEP de Berraki	35	80	$0,1.10^{12}$
	Cationique Sedipur C 802		30	79	$0,5.10^{12}$
	Sedipur NF 102		22	35	$0,2.10^{12}$
	Sedipur AF 400		25	40	$1,2.10^{12}$
<b>Hadj Kouider. S (2011)</b>	Sedipur CF 802	Boues épaissies de Berraki	35	90	$0,44.10^{12}$
	Super Floc C 498		32	90	$0,35.10^{12}$
	Sedipur NF 102		22	65	$0,38.10^{12}$
	Sedipur AF		15	50	$1,6.10^{12}$

Il en ressort que :

- Les polymères cationiques ont donné des bons résultats de siccité qui atteint une valeur de 35 % pour une boue digérée ou épaissie de la STEP de Berraki, un taux de réduction de la turbidité de surnageant issu de la boue stabilisées de la station de dépuración des eaux usées de Bni-Messouss qui arrive à 98 % et des valeurs de la résistance spécifique à la filtration (RSF) qui varient entre  $0,1.10^{12}$  et  $0,7.10^{12}$  m/kg.
- Les polymères non ioniques ont pu augmenter la siccité des boues digérées et épaissies de la station de Berraki pour atteindre une valeur de 22 % cette valeur de siccité est relativement faible à celle obtenu par les polymères cationiques. Le taux de réduction de la turbidité varie entre 35 % et 68 %, cependant la RSF qui diminue dans le cas d'une bonne filtration, elle arrive à une valeur de  $0,2.10^{12}$ .
- Les polymères anioniques ont donné des résultats relativement faibles aux ceux obtenus par les deux autres types de polymères où la siccité varie entre 15 % et 25 %, une réduction de turbidité qui varie entre 50 % et 68 % et la RSF qui a une gamme de  $1,2.10^{12}$  à  $4.10^{12}$  m/kg.
- D'après ces résultats on vient d'étudier dans notre travail l'efficacité de quatre polymères synthétiques à savoir :
  - Le polymère cationique Cosmeloc C 4346.
  - Le polymère cationique Chimfloc C 4346.
  - Le polymère non ionique Sedipur NF 102.
  - Le polymère anionique Sedipur AF 400.

La station d'épuration des eaux usées est prévue pour traiter les eaux usées du bassin versant Ouest de l'agglomération du Grand Alger, elle est située dans la ville de Beni-Messous. Elle est conçue pour traiter un débit journalier moyen de 35.770 m<sup>3</sup>/J.

La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue. Le débit est divisé sur deux lignes de traitement afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station [28].

### **III.1. Présentation de la STEP de Beni-Messous :**

#### **III.1.1. Situation géographique :**

La station d'épuration des eaux usées de Beni-Messous est localisée dans la commune d'Ain Benian (Wilaya d'Alger).

Cette commune fait partie de la daïra de Chéraga, elle est limitée :

- É Au Nord, par la mer méditerranée.
- É Au Sud, par la commune de Cheraga.
- É A l'Ouest, par la commune de Staouali.
- É A l'Est, par la commune d'Ain Benian.

#### **III.1.2. Réalisation de la STEP :**

Le projet de construction de la STEP a été lancé en mai 2005 ; les travaux de réalisation ont été achevés en juin 2007.

La construction de la STEP a été réalisée par la société Autrichienne VA TECH WABAG en collaboration avec des sociétés Algériennes.

La date de sa mise en service a été en juillet 2008, le projet de construction a été établi en tenant compte du fait que la station sera réalisée en deux phases :

- ✓ La 1<sup>ère</sup> phase devant satisfaire les besoins de 2008.
- ✓ La 2<sup>ème</sup> phase, qui sera une extension de la première, face au besoin de l'an 2023.

pollution, DBO<sub>5</sub>, MES...)

✓ **Débits :**

Les dotations principales suivantes pour la partie urbaine ont été prises en compte :

Consommation spécifique	: 143 l/hab.j
DBO <sub>5</sub>	: 50 g/hab.j
MES	: 60 g/hab.j
DCO	: 60 g/hab.j

En ce qui concerne les débits, la station a été dimensionnée selon les données suivantes :

**Tableau III.1 : Débits à l'entrée de la STEP de Beni-Messouss [28]**

Paramètres	Valeurs des paramètres		
	Unites	1 <sup>ère</sup> phase (2008)	2 <sup>ème</sup> phase (2023)
Equivalent Habitant	Eq.Hab	250.000	500.000
Debit moyen journalier	m <sup>3</sup> /j	35 770	50 400
Débit moyen horaire - temps sec	m <sup>3</sup> /h	1.490	2.100
Débit de pointe horaire au temps sec	m <sup>3</sup> /h	1 800	2 750
Débit de pointe horaire - temps de pluie	m <sup>3</sup> /h	3.600	5.500

✓ **Charges polluants :**

Les eaux résiduaires acheminées à la station proviennent essentiellement des rejets domestiques. Les rejets industriels, s'ils existent, doivent subir des prétraitements au niveau des industries les plus polluantes.

Dans les conditions actuelles, la pollution totale reçue par la station serait de :

Désignation	Valeurs des paramètres	
	1 ère phase (2008)	2 ème phase (2023)
Charge massique en MES à l'entrée de la STEP	15 000 Kg/j	30 000 Kg/j
Charge massique en DBO <sub>5</sub> à l'entrée de la STEP	12 500 Kg/j	25 000 Kg/j
Charge massique en DCO à l'entrée de la STEP	25 000 Kg/j	30 000 Kg/j

### III.1.4. Principe du traitement adopté et description des ouvrages (traitement des eaux, traitement des boues) :

La station d'épuration de la ville de Beni-Messouss est constituée par la chaîne d'opérations unitaires du type mécanique, physique et biologique donnant naissance à un procédé de traitement dit à boue activée. (Figure III.1)



**Figure III.1 :** Vue d'ensemble de la STEP de Beni- Messouss [29].

La filière de traitement comprend ainsi en totalité et successivement :

- ✓ **Prétraitement mécanique constituée de :**
  - . Un déversoir d'orage
  - . Dégrillage mécanique grossier
  - . Dégrillage mécanique fin

- ✓ **Décantation primaire constituée de :**
  - . Deux décanteurs primaires circulaires
  
- ✓ **Traitement biologique constitué de :**
  - . Deux bassins d'aération avec trois (03) aérateurs de surface chacun.
  
- ✓ **Décantation secondaire et pompage des boues en excès constituée de :**
  - . Deux décanteurs secondaires circulaires
  - . Ouvrage de pompage des boues activées et de recirculation des boues
  
- **Épaississement et stabilisation des boues constituée de :**
  - . Deux épaisseurs de boues
  - . Station de pompage des eaux troubles
  - . Station de pompage de boues épaissies
  
- **Stabilisation des boues constituée de :**
  - . Deux bassins de stabilisation des boues avec deux (02) aérateurs de surface chacun
  - . Station de pompage de boues stabilisées
  
- **Déshydratation de boue constituée de :**
  - . Deux chaînes de déshydratation avec deux filtres à bandes
  - . Station de lavage des filtres à bandes
  - . Station de préparation des polymères pour le conditionnement des boues

### Introduction

On présentera dans ce chapitre les différentes manipulations entrant dans le protocole expérimental suivi au laboratoire d'abord pour les essais de caractérisation de la boue et les essais du conditionnement en utilisant quatre polyélectrolytes. De même ; le matériel utilisés sera présentés

#### IV.1. Echantillonnage de boue:

Les échantillons de boue ont été prélevés au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Beni Messous. Notre échantillonnage se fait au niveau du bassin de stabilisation avec un bêcheur en plastique muni d'une tige en bois, la boue est transportée dans un jerrican. Les échantillons de la boue ont été conservés à une température voisine de 4°C.

#### IV.2. Caractérisation de la boue au laboratoire :

Tous ces paramètres ont été déterminés avant et après le conditionnement pour pouvoir comparer les résultats obtenus lors de l'utilisation de chaque flocculant

##### IV.2.1. Mesure de la température :

On prend un échantillon de boue dans un bêcheur, on plonge un thermomètre jusqu'à l'obtention d'une valeur stable, on note la température et on refait l'opération pendant plusieurs reprises jusqu'à l'obtention d'une température constante.

##### IV.2.2. Mesure de l'indice de Mohlman :

L'indice de Mohlman IM est destiné principalement à la caractérisation des boues biologiques

$$Im = \frac{V}{M}$$

Avec :

V : volume de boue après 30 min de décantation (cm<sup>3</sup>).

M : MES présentes dans ce volume (g).

Pour une même boue, l'indice de Mohlman dépend en partie des caractéristiques géométriques de l'éprouvette d'essai, mais surtout de la concentration initial de la boue. C'est pourquoi, il est recommandé si nécessaire de diluer au préalable la boue avec de l'eau épurée

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

pour que le volume final soit voisin de 250 ml (dans une éprouvette de un litre). Le maintien d'une lente agitation pendant l'essai est prévu dans certains protocoles mais son intérêt est aléatoire. Les boues activées de bonne décantabilité possèdent des indices de Mohlman de 50 à 100 cm<sup>3</sup>/g [10].

### IV.2.3. Matière sèche et siccité S :

La matière sèche (MS) est exprimée en g/l. Rapportée à la masse totale de boue, on l'exprimera en fraction massique S qui correspond à la siccité

Les matières sèches et la siccité de la boue sont déterminées par étuvage à 105°C pendant 24 heures [30].

L'étuve utilisée est de la marque WST 5020.

#### Concentration des MES:

$$\text{MES} = \frac{M - F}{V} \times 1000 \quad \text{g/l}$$

Avec:

- ✗ M: masse sèche du filtre et du gâteau(g)
- ✗ F: masse du filtre seul (g)
- ✗ V: volume de boue filtrée (ml)

### IV.2.4. Teneur en matières volatiles (MSV) ou bien MO :

Le résidu sec obtenu lors de la mesure de la matière sèche est broyé et placé pendant 2 heures dans un four à moufle à 550°C préalablement chauffé et thermostaté jusqu'à obtention d'une masse constante. La teneur en matières volatiles est la différence entre la masse initiale et la masse finale.

$$\text{MVS} = \text{MES} - \text{MM} \quad (\text{g/l})$$

Le four utilisé est de la marque NABER.

### IV.2.5. Teneur en matière minérale MM :

Le résultat de l'évaporation totale de l'eau représente les matières minérales, c'est-à-dire son « extrait sec », constituées à la fois par les matières minérales en suspension et les matières solubles (nitrates, phosphates, etc.) [31].

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

Donc, La teneur en matière minérale est la différence entre la matière sèche et la matière volatile (MO).

$$MM = MES \text{ ó MVS (g/l)}$$

### IV.2.6. La turbidité de l'eau filtrée :

Les mesures de turbidité des échantillons de boues ne sont pas réalisées directement sur ces derniers mais sur le surnageant issu de ceux-ci, suite à une filtration. La turbidité du surnageant des échantillons de boues est mesurée, à l'aide d'un turbidimètre. Les résultats sont exprimés en NTU (nephelometric turbidity units).

Le turbidimètre utilisé est de la marque Hach

### IV.2.7. Mesure de pH :

La mesure du pH est déterminée par un pH mètre de type OHAUF, on introduit directement l'électrode dans l'échantillon. La lecture se fait quand la valeur reste constante.

Le pHmètre utilisé est de la marque STARTER 2C.

### IV.2.8. Mesure de la conductivité

La conductivité est mesurée par un conductimètre en introduisant l'électrode dans l'échantillon. La lecture de la conductivité en milli siemens par centimètre se fait lorsque la valeur reste constante.

Le conductimètre utilisé est de la marque HANNA EC 214.

### IV.2.9. Détermination de la résistance spécifique à la filtration :

#### Définition :

La résistance spécifique a la filtration « r » est définie comme étant la résistance qui s'oppose a la filtration (ou cheminement du filtrat) une quantité de gâteau déposée sur 1 m<sup>2</sup> de surface filtrante et contenant 1 kg de produit sec [32].

#### Principe :

Le processus de filtration est régi par des lois telles que :

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

### La loi de Darcy :

Le débit de filtrat  $dv/dt$  par unité de surface  $A$  est proportionnel à la pression appliquée  $P$  et inversement proportionnel à la viscosité dynamique  $\mu$  du fluide.

### Méthode de CARMAN :

Dans sa théorie sur la filtration CARMAN a proposé une équation différentielle dont l'intégration à  $P$  constante conduit à la relation du type :

$$\frac{t}{v} = a.v + b$$

$$\text{Avec } a = \frac{\mu w}{2.P.S^2} r \quad b = \frac{\mu.R_m}{P.S}$$

$$t/v = \frac{\mu w}{2.P.S^2} r.v + \frac{\mu.R_m}{P.S}$$

Où :

$t$  : temps (s)

$v$  : volume du filtrat au bout du temps  $t$  ( $m^3$ )

$\mu$  : viscosité dynamique de la boue (Pa.s)

RSF: résistance spécifique à la filtration ( $m.kg^{-1}$ )

$w$  : masse déposée par unité de volume du filtrat ( $kg.m^{-3}$ )

$S$  : surface de filtration ( $m^2$ )

$P$  : Pression en Pascal (Pa)

$R_m$  : résistance de la membrane.  $R_m$  est négligeable dans le cas des boues, par rapport à la résistance spécifique «  $r$  » du gâteau.

Il existe une relation linéaire entre  $\frac{t}{v}$  et  $v$ . Soit la pente de cette droite, on aboutit à :

$$RSF = \frac{2.a.P.S^2}{\mu.w}$$

Pour la plupart des boues (sauf pour les suspensions très denses)  $w$  peut être remplacée avec une erreur minimale par  $C$  (Concentration de la suspension boueuse en matière sèche ( $kg/m^3$ )).

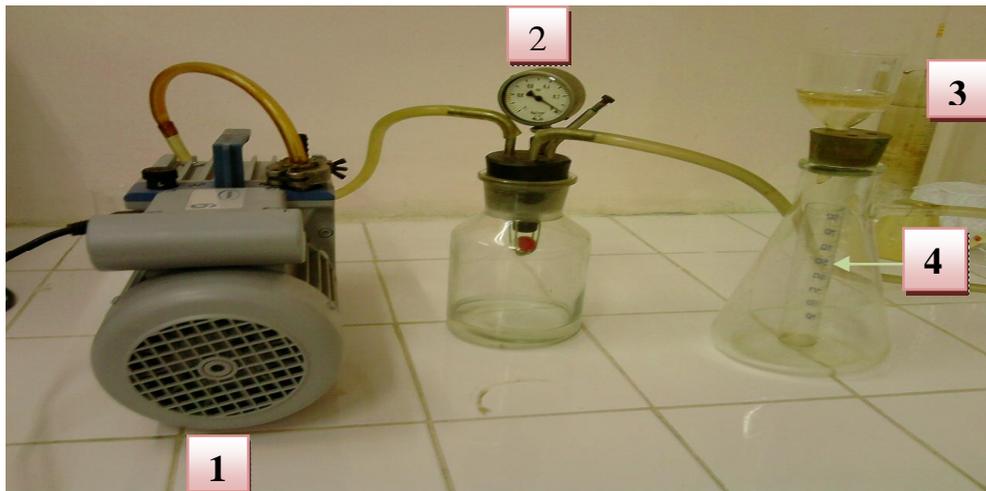
### IV.2.10. Conditionnement des boues :

La floculation de la boue s'effectue dans un jar test 500 ml de boue sont prélevés et placés dans un Becher de 1 l. La quantité de solution de flocculant requise est introduite sous agitation à 120 tr/min pendant après trois minutes, l'agitation est poursuivie pendant deux minutes à une vitesse réduite à 40 tr/min.

Le Jar test utilisé est de la marque Stuart

### IV.2.11. filtration sous vide :

Après la floculation 100ml de l'échantillon est versé dans une cellule de filtration sous vide présenté dans la figure II.2.



**Figure IV.1 :** cellule de filtration sous vide

Avec :

1. Une pompe à vide de la marque Vacuubrand,
2. Manomètre réglé à 0,5 bar.
3. Büchner et papier filtre.
4. Eprouvette graduée de 100ml qui sert la détermination du volume filtré en fonction du temps.

### IV.3. Polyélectrolytes de synthèse :

Nous avons étudié les flocculants suivants :

- Un polymère cationique Cosmeloc C
- Un polymère cationique Chimfloc C utilisé actuellement à la station de traitement de Bni Messouss
- Un polymère anionique Sedipur AF 102 disponible au laboratoire de biotechnologie de l'ENP.
- Un polymère non ionique Sedipur NF 102 disponible au laboratoire de biotechnologie de l'ENP.

#### IV.3.1. Préparation des flocculants :

La préparation de la solution de polymère passe par quatre phases successives : la dispersion, l'hydratation, la dissolution et la maturation.

La solution du polymère ne doit pas être trop visqueuse afin de faciliter le mélange avec la boue. Dans la pratique les solutions sont préparées à 3 et 6 g/l. La durée de vie d'une solution est estimée à 7 jours, délai au-delà duquel son efficacité est altérée.

Les coagulant-flocculants utilisés dans ce conditionnement représentent 0,2 à 3 % de la matière sèche de la boue mesurée auparavant. [7]

Après avoir calculé la siccité qui est de 45,46 g/l, on prépare une solution de 6 g/l de Polyélectrolytes en faisant ces calculs :

**X %** : Le pourcentage du coagulant-flocculant par rapport aux matières sèches X (0,2 % à 3 %).

**M** : Masse du coagulant nécessaire pour 1l de boues.

#### Exemple :

Pour X = 0,2 % :

1l de boues  $\longrightarrow$  45,46 g de matières sèches.

$$M = (0,2 \times 45,46) / 100 = 0,09 \text{ g}$$

Calculant maintenant le volume du coagulant (6g/l) qu'il faut ajouter pour conditionner 1l de boues

On a: 6g  $\longrightarrow$  1000 ml

0,09g  $\longrightarrow$  V = 15,15ml

Alors pour 500ml de boues on doit ajouter un volume de 7,57 ml de polyélectrolyte.

## Chapitre IV : Résultats et discussions

### Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter et discuter les résultats des caractérisations physicochimiques des boues de la station d'épuration des eaux usées de Bni-Messouss obtenus avant et après le conditionnement par différents flocculants.

### V.1. Caractérisation physicochimiques de la boue au laboratoire :

Les résultats de la caractérisation physico-chimique sont présentés dans le tableau V.1 qui présente la moyenne de trois échantillons prélevés dans des différentes périodes durant le mois de Juin 2012.

**Tableau V.1** : Résultats de la caractérisation de la boue au laboratoire.

T (°C)	pH	Conductivité mS/cm	Turbidité NTU	MS g/l	MVS g/l	MM g/l	S %	Indice de Mohrman (cm <sup>3</sup> /g)
25	7,16	3,6	30	45.46	24,1	21,36	4,55	30,86

#### La température :

La température de la boue est de 25°C, cette température correspond à la température de la boue à la sortie de la stabilisation.

#### Le pH :

La boue a un pH neutre de 7,16. Ce pH convient bien au conditionnement dans le cas des polymères. [8]

#### La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité explique que la boue contient des sels minéraux, ce qui est normale par le fait qu'une eau usée urbaine contient en moyen 3 à 4 g/l de sel, ce qui correspond à 3 à 4 mS/cm. [16]

## Chapitre IV : Résultats et discussions

---

### **La turbidité :**

Le surnageant issu de la boue étudiée a une turbidité de 30 NTU cette valeur est un peu élevée cela est peut être expliqué par les fines matières colloïdales en suspension que contient le surnageant.

### **La matière sèche :**

Les valeurs de la matière sèche varient entre 42 et 51 g/l avec une moyenne de 46,85 g/l pour la boue qu'on a étudiée.

### **Les matières volatiles :**

Nous remarquons bien que les MVS sont élevées, cela est expliqué par le fait que la boue est d'une nature urbaine donc elle contient des matières organiques ce qui veut dire que la stabilisation est mal faite.

### **Les matières minérales :**

Nous avons une valeur de 21,36 g/l qui correspond à l'évaporation totale de l'eau qui représente à son tour les matières minérales c'est-à-dire son « extrait sec », constituées à la fois par les matières minérales en suspension et les matières solubles « nitrate, phosphates,... » [33].

### **La siccité :**

La siccité de la boue est très basse ce qui nous renseigne sur l'état liquide de la boue.

### **L'indice de Mohlman :**

L'IM renseigne sur la décantabilité des boues. Dans notre cas il est inférieure à 50 cm<sup>3</sup>/g, donc on a une mauvaise décantabilité des boues car les floccs ne sont pas assez concentrés.

## **V.2. Conditionnement de la boue :**

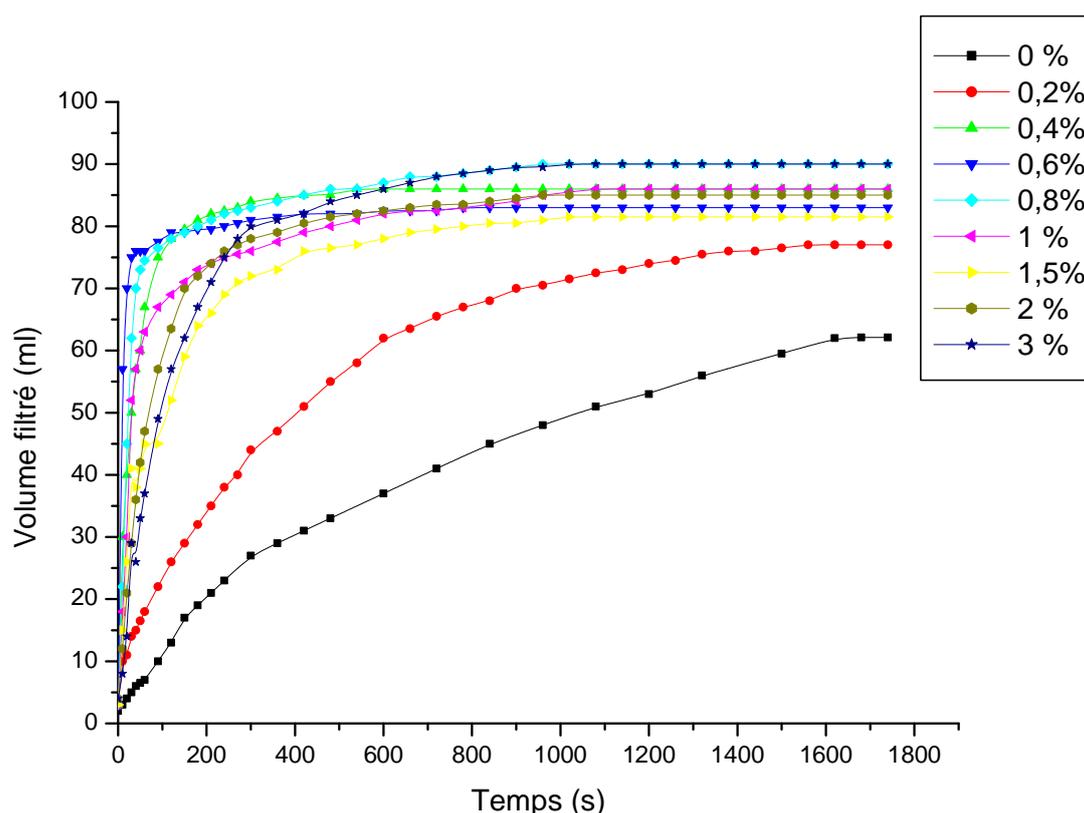
Le conditionnement a été effectué par l'ajout des polymères à différents pourcentages en matière sèche (0 à 3% en matière sèche)

Lors des manipulations on a conditionné la boue avec quatre polymères organiques :

- Cosmeloc C 4346 qui est un polymère cationique.
- Chimfloc C 4346 qui est un polymère cationique.

- Sedipur AF 400 qui est un polymère anionique.
- Sedipur NF 102 qui est un polymère non ionique.

### V.2.1. Conditionnement avec le polymère cationique Chimfloc :



**Figure V.1 :** Influence de la dose du Chimfloc sur le volume recueilli.

La figure IV.1 représente le volume recueilli (ml) par la filtration sous vide de la boue conditionnée en fonction du temps (s) à différents pourcentage de la matière sèche en polymère (Chimfloc). La figure V.1 montre que les courbes ont deux phases, une première de 5 à 200 s correspond à une augmentation rapide du volume d'eau recueilli pour atteindre une valeur de 75 ml et une deuxième phase où la filtration devient plus lente pour atteindre un palier au bout de 800 s correspondant à 90 ml pour une dose de 0,8 % de MS. On remarque que, le meilleur taux de filtration de la boue est de 90 % il est obtenu lors de l'ajout de 0,8 % de la matière sèche en polymère avec :

## Chapitre IV : Résultats et discussions

$$T = \frac{V_x}{V_0} 100$$

Où :

**T** : taux de filtration.

**V<sub>x</sub>** : volume d'eau recueilli à t<sub>x</sub> (ml).

**V<sub>0</sub>** : volume filtré (ml).

Les résultats obtenus lors du conditionnement de la boue par le polymère cationique Chimfloc sont présentés dans le tableau V.2. :

**Tableau V.2** : Résultats du conditionnement par le Chimfloc

Dose du flocculant (% de MS)	pH	Conductivité (mS/cm)	Turbidité (NTU)	S %
0	7,16	3,60	30	4,55
0,2	7,58	3,40	5,10	19,15
0,4	7,50	3,80	3,40	19,32
0,6	7,60	3,50	2,40	20,40
0,8	7,44	3,70	1,50	22,85
1	7,50	3,40	8,25	21,34
1,5	7,43	3,70	5,50	21,79
2	7,63	3,40	5,25	20,13
3	7,65	3,40	5,10	20,86

Le tableau V.2 correspond aux résultats physicochimiques obtenus lors du conditionnement de la boue de STEP par le polymère cationique Chimfloc, d'après ce tableau on peut tirer les points suivants :

- La valeur du pH de la boue conditionnée varie en fonction de la dose du polymère utilisé entre 7,44 et 7,65. On constate qu'il reste dans la neutralité.

## Chapitre IV : Résultats et discussions

- La conductivité a une gamme de 3,4 à 3,8 mS/cm ces valeurs sont proche de celle de la boue brute cela veut dire que la dose du flocculant a peu d'influence sur la conductivité de la boue.
- La turbidité du filtrat de la boue conditionnée diminue pour atteindre une valeur de 1,5 NTU par une dose de 0,8 % de la MS au-delà de cette valeur la turbidité augmente sans atteindre celle de la boue brute (restabilisation).
- La siccité du gâteau varie en fonction de la dose du flocculant ajouté, elle atteint son maximum de 22,85 % par la dose 0,8 % de la MS.
- Les meilleurs résultats de turbidité, matière sèche et siccité sont obtenus par la dose de 0,8 % de la MS, cela veut dire que cette dose est optimale de ce polymère cationique Chimfloc.

### V.2.2. Conditionnement avec le polymère cationique Cosmeloc :

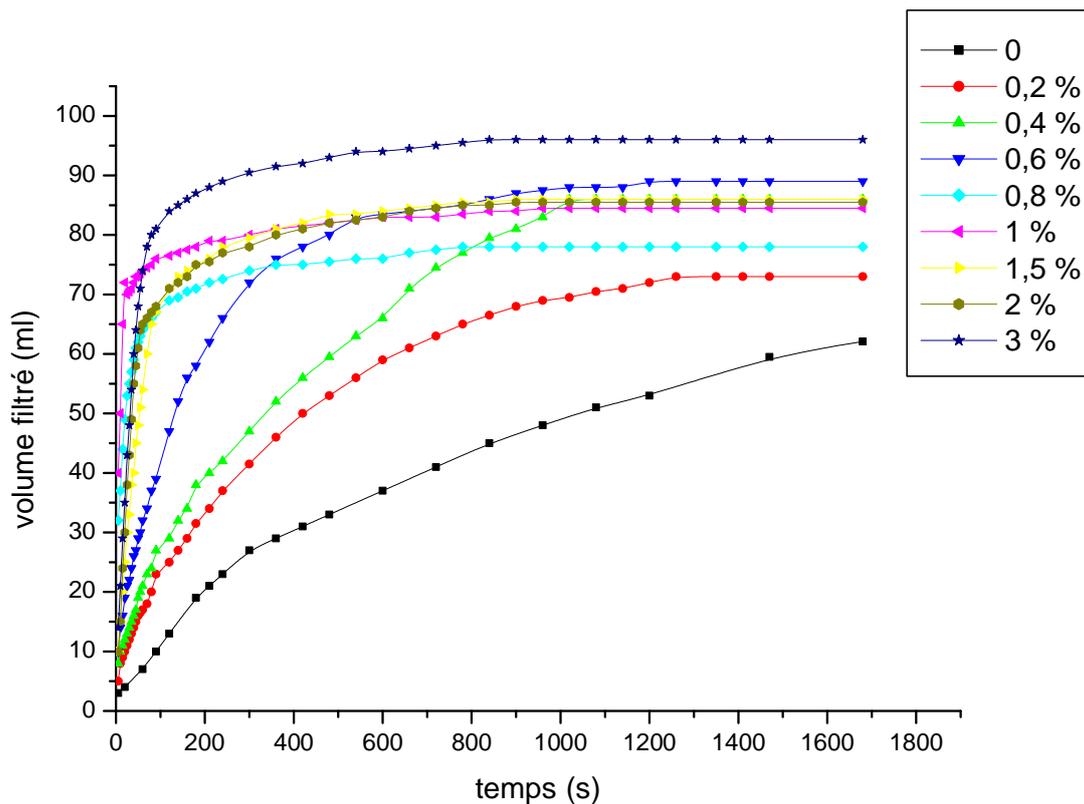


Figure V.2 : Influence de la dose du Cosmeloc sur le volume recueilli.

L'influence de la dose du polymère sur le volume d'eau recueilli par la filtration sous vide est représentée dans la figure IV.2. Le Cosmeloc donne juste après son versement dans la boue

## Chapitre IV : Résultats et discussions

une séparation nette de l'eau avec formation de gros floccs. On remarque que le volume recueilli  $V_0$  à  $t = 0$  s varie en augmentant la dose du flocculant. Nous constatons aussi, que pour toutes doses du flocculant utilisés, les courbes présentent une première phase où le volume varie rapidement jusqu'à  $t=200$  s, et une deuxième phase dont la variation du volume est devenue lente, le taux de filtration atteint 96 % du volume initial de la boue pour une dose de 3 % de la MS, sinon il atteint 89 % pour des doses moindres.

Le tableau suivant englobe les résultats du conditionnement par le polymère cationique Cosmeloc

**Tableau V.3:** Résultats du conditionnement par le Cosmeloc

Dose du flocculant (% de MS)	pH	Conductivité (mS/cm)	Turbidité (NTU)	S %
0	7,16	3,60	30,00	4,55
0,2	7,62	3,50	9,40	15,00
0,4	7,58	3,50	8,90	17,00
0,6	7,66	3,40	8,60	18,00
0,8	7,60	3,40	7,20	19,00
1	7,66	3,20	5,50	19,20
1,5	7,60	3,30	2,20	19,20
2	7,51	3,40	1,70	20,00
3	7,44	3,70	1,60	22,30

Le tableau V.3 représente les résultats du conditionnement de la boue qui varient en fonction de la dose du polymère cationique Cosmeloc, il en ressort que :

- La valeur du pH de la boue conditionnée varie légèrement en fonction de la dose du polymère utilisé entre 7,44 et 7,66. On constate qu'elle reste dans la neutralité.
- La conductivité a une gamme de 3,2 à 3,7 mS/cm ces valeurs sont proche de celle de la boue brute cela veut dire que la dose du flocculant a peu d'influence sur la conductivité de la boue.
- La turbidité du filtrat de la boue conditionnée diminue avec l'augmentation de la dose du flocculant pour atteindre une valeur de 1,6 NTU par un taux de 3 % de la MS.

## Chapitre IV : Résultats et discussions

- La siccité du gâteau augmente avec l'augmentation de la dose du polymère ajouté, elle atteint son maximum de 22,3 % par le taux de 3 % de la MS.
- Les meilleurs résultats de turbidité, matière sèche et siccité sont obtenus par la dose de 3 % de la MS, cela veut dire que cette dose est optimale de ce polymère cationique Cosmeloc.

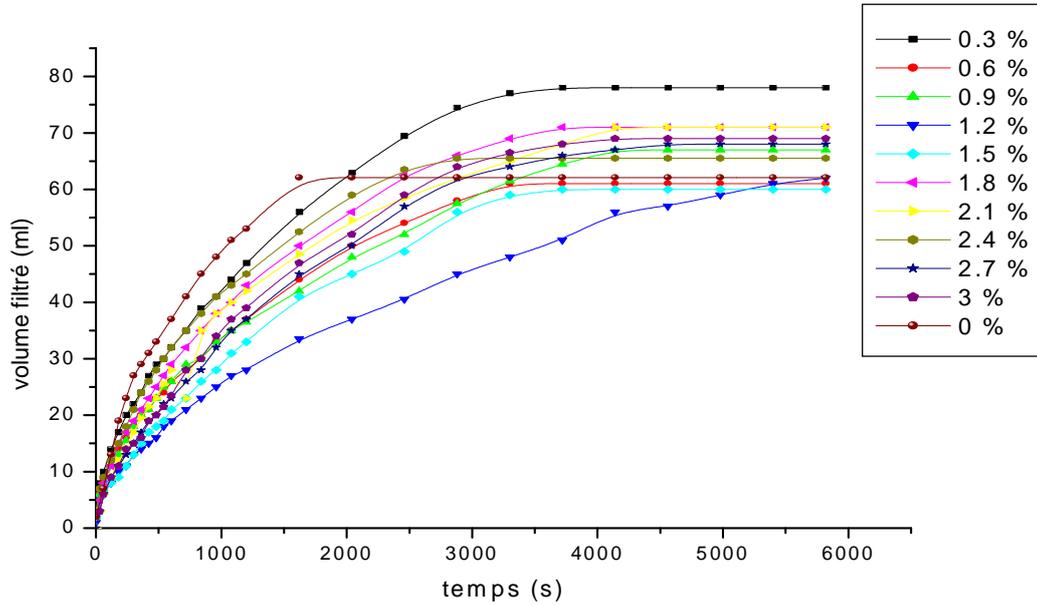
◆ Les résultats des deux polymères cationiques sont présentés dans le tableau V.4.

**Tableau V.4 :** Résultats du conditionnement des boues par les deux polymères cationiques

	Dose du polymère % de MS	Siccité %	RSF m/kg	Turbidité NTU
Chimfloc C	0,8	22,86	$0,17.10^{12}$	1,5
Cosmeloc C	3	22,3	$0,13.10^{12}$	1,6

Le tableau V.4 représente les résultats obtenus après le conditionnement des boues par les deux polymères cationiques Chimfloc et Cosmeloc. Les deux polymères donnent pratiquement des résultats semblables, néanmoins notre choix se porte sur le Chimfloc, d'une part il possède des siccités toujours supérieures à 18 % et d'une autre part qu'on utilise une dose de 0,8 % de MS qui est bien inférieure à celle de Cosmeloc 3 % de MS (économiquement).

### V.2. 3. Conditionnement avec le polymère anionique Sedipur AF :



**Figure V.3 :** Influence de la dose du Sedipur AF sur le volume recueilli.

La figure V.3 représente le volume d'eau recueilli (ml) par la filtration sous vide de la boue conditionnée en fonction du temps (s) à différentes concentrations du polymère Sedipur AF. Contrairement aux courbes obtenues par les polymères cationiques où on a vu une première phase très rapide (200 s), dans le cas du polymère anionique la première phase est beaucoup plus lente et dure jusqu'à 2500 s, le volume a augmenté pour atteindre une valeur maximale de 77 ml par une dose de 0,3 % de MS, au-delà de 2500 s le volume devient presque constant. Le gâteau obtenu lors de la filtration est très visqueux ce qui a gêné le passage de l'eau est par la suite ralentir l'augmentation du volume d'eau filtré.

## Chapitre IV : Résultats et discussions

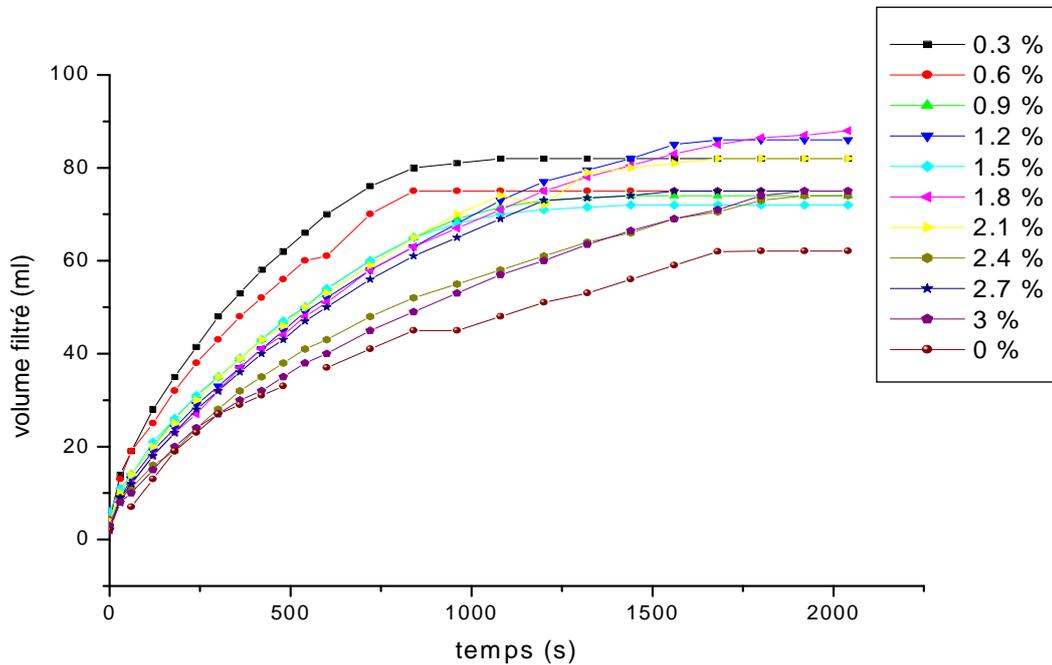
**Tableau V.5:** Résultats du conditionnement par le Sedipur AF.

Dose du flocculant (% de MS)	pH	Conductivité (mS/cm)	Turbidité (NTU)	S %
0	7,16	3,60	30,00	4,55
0,3	7,60	3,30	30,00	18,80
0,6	7,72	3,00	35,00	10,70
0,9	7,63	3,00	35,00	9,80
1,2	7,69	3,00	33,00	21,90
1,5	7,67	2,90	35,00	9,90
1,8	7,73	2,90	28,00	12,00
2,1	7,55	3,10	8,90	13,30
2,4	7,50	3,20	16,00	13,00
2,7	7,60	3,10	29,00	15,00
<b>3</b>	<b>7,62</b>	<b>3,20</b>	<b>16,00</b>	<b>20,00</b>

Le tableau V.5 représente les résultats du conditionnement de la boue qui varient en fonction de la dose du polymère anionique Sedipur AF, il en ressort que :

- La valeur du pH de la boue conditionnée varie en fonction de la dose du polymère utilisé entre 7,5 et 7,72. On constate qu'il reste dans la neutralité.
- La conductivité a une gamme de 2,9 à 3,3 mS/cm ces valeurs sont proche de celle de la boue brute cela veut dire que la dose du flocculant a peu d'influence sur la conductivité de la boue.
- La turbidité du filtrat de la boue conditionnée est proche de celle de la boue brute on constate que le Sedipur AF n'a pas un effet escompté de floculation sur la boue étudiée.
- La siccité du gâteau n'a pas beaucoup augmenté, elle atteint son maximum de 21,9 % par le taux de 1,2 % de la MS.
- Les résultats montrent que la turbidité reste élevée et loin des valeurs obtenues par les polymères cationiques (1,5 NTU) même à la dose optimale, la siccité est de 20 %.

### V.2.4. Conditionnement par le polymère non ionique Sedipur NF :



**Figure V.4 :** Influence de la dose du Sedipur NF sur le volume recueilli.

La figure V.4 représente la variation du volume filtré (ml) en fonction du temps (s) à différentes doses de polymère non ionique (Sedipur NF). On remarque que le volume filtré atteint une valeur de 80 ml après environ 12 min avec un pourcentage de 0,3 % de la matière sèche en polymère, au-delà, le volume devient constant. Nous remarquons aussi que pour les autres doses le volume varie très lentement pour atteindre une valeur maximale où il s'arrête. En augmentant le taux de filtration atteint une valeur de 85 % par le pourcentage 1,8 % de la MS en polymère.

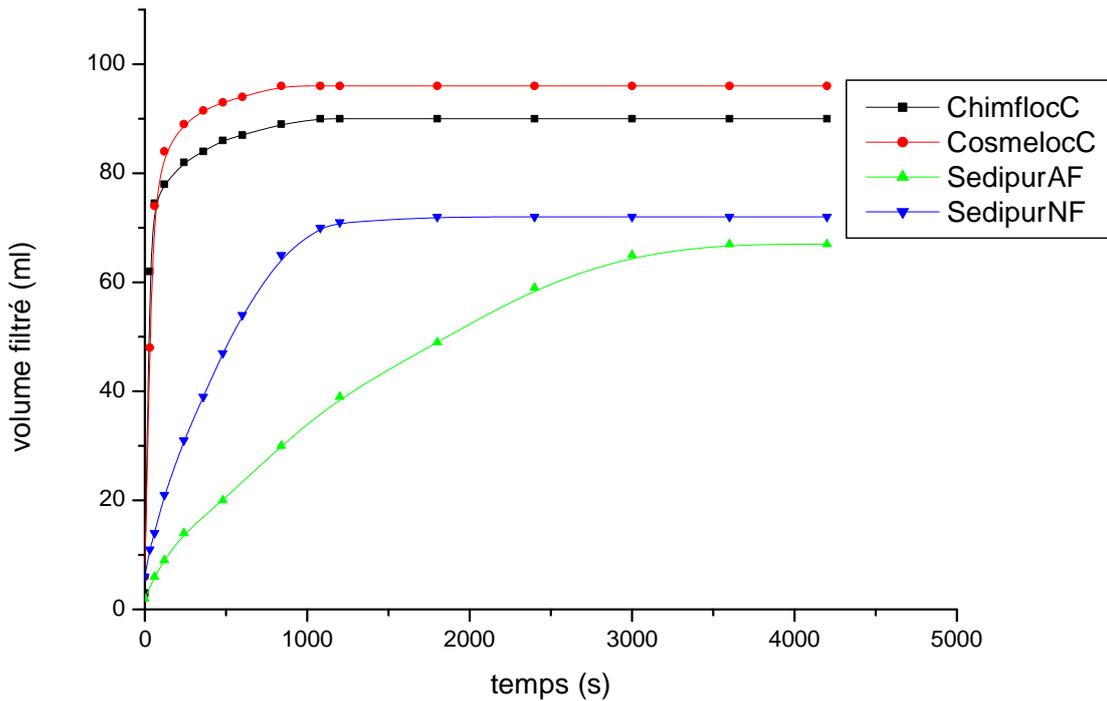
## Chapitre IV : Résultats et discussions

**Tableau V.6:** Résultats du conditionnement par le Sedipur NF.

Dose du flocculant (% de MS)	pH	Conductivité (mS/cm)	Turbidité (NTU)	S %
0	7,16	3,60	30,00	4,55
0,3	7,44	3,10	2,50	19,00
0,6	7,42	3,20	4,20	17,00
0,9	7,58	3,30	4,20	19,30
1,2	7,51	3,20	4,00	21,19
1,5	7,59	3,20	6,50	20,30
1,8	7,47	3,10	4,90	20,00
2,1	7,59	3,00	5,00	19,00
2,4	7,90	3,00	7,00	16,60
2,7	7,57	3,10	6,20	18,00
3	7,56	2,90	6,90	19,00

Le tableau V.6 représente les résultats des caractéristiques physicochimiques déterminés après la filtration de la boue conditionnée par différentes doses du polymère non ionique Sedipur NF, d'après ce tableau on peut tirer les conclusions suivantes :

- Le pH de la boue conditionnée varie entre 7,42 et 7,9. On constate qu'il reste dans la neutralité.
- La conductivité de la boue conditionnée varie entre 2,9 et 3,3 mS/cm.
- La turbidité de la boue a diminué pour une faible dose (0,3% de la MS) au-delà elle augmente légèrement.
- La siccité de la boue varie en fonction de la dose du flocculant, elle atteint son maximum de 21,19% par le taux 1,2 % de la MS.
- Les meilleurs résultats de turbidité, matière sèche et siccité sont obtenus par la dose de 1,2 % de la MS, cela veut dire que cette dose est l'optimale de ce polymère anionique



**Figure V.5 :** Variation du volume en fonction du temps.

La figure V.5 représente la variation du volume recueilli en fonction du temps pour les doses optimales de chaque polymère utilisé pour le conditionnement de la boue. On observe que les courbes ont deux phases :

Pour les deux courbes obtenues par les polymères cationiques la première phase est rapide (0 à 200 s) pour atteindre une valeur de volume supérieur à 80 ml au-delà un régime quasi-stationnaire est établi.

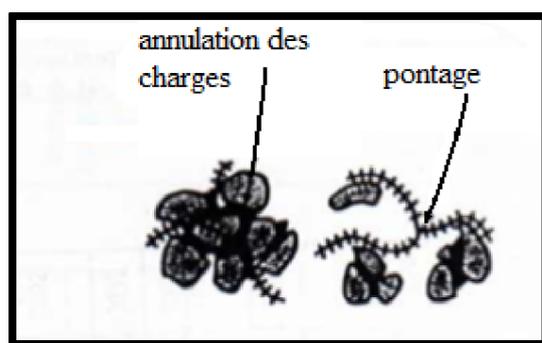
Le polymère non ionique a donné une courbe qui possède une première phase plus lente par rapport à celle des polymères cationiques (0 à 1000 s) le volume atteint une valeur de 72 ml, et une deuxième phase où le volume filtré devient constant.

Pour le polymère anionique aucune phase n'est obtenue, le volume augmente lentement en fonction du temps au bout de 3500 s un pseudo palier est atteint. Le volume filtré atteint une valeur de 60 ml.

Ces courbes expliquent bien l'efficacité et la rapidité d'action des polymères cationiques et confirme par la suite que les polymères cationiques ont de plus que le polymère anionique et

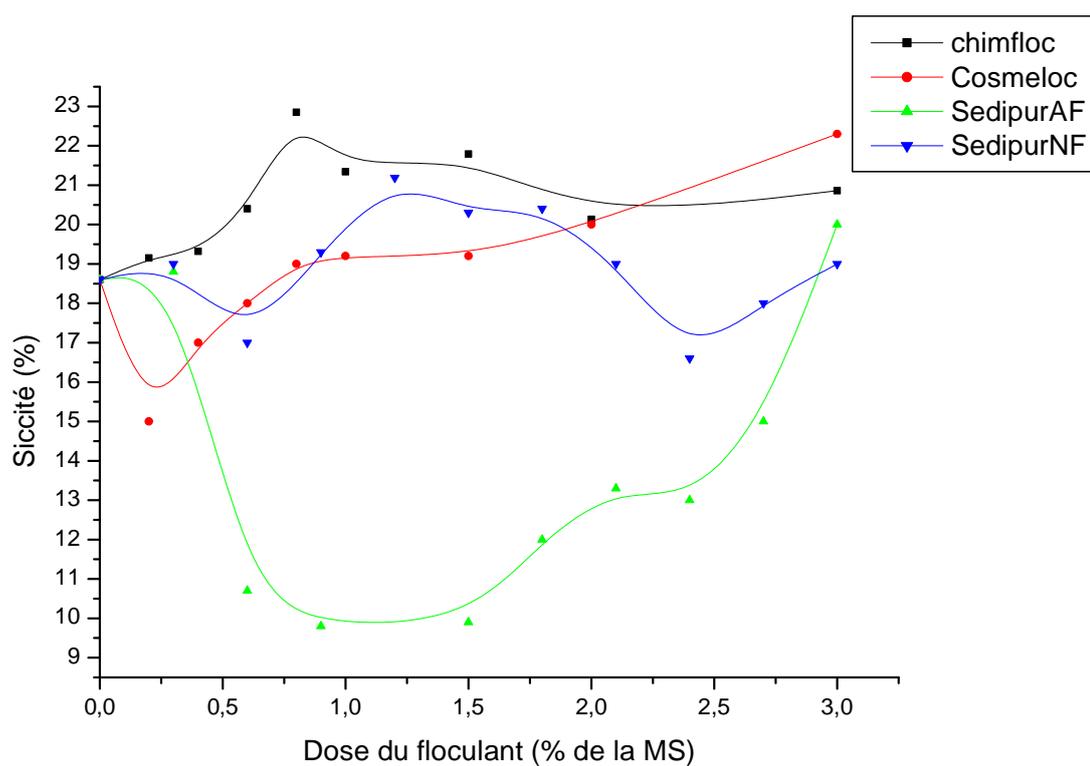
## Chapitre IV : Résultats et discussions

non ionique une action coagulante sur les boues qui se fait par pontage et annulation des charge comme explique la figure V.6 :



**Figure V.6 :** Action des polymères cationiques sur les boues.

### V.3. Variation de la siccité du gâteau :



**Figure V.7:** Variation de la siccité du gâteau en fonction de la dose des polymères ajoutée.

## Chapitre IV : Résultats et discussions

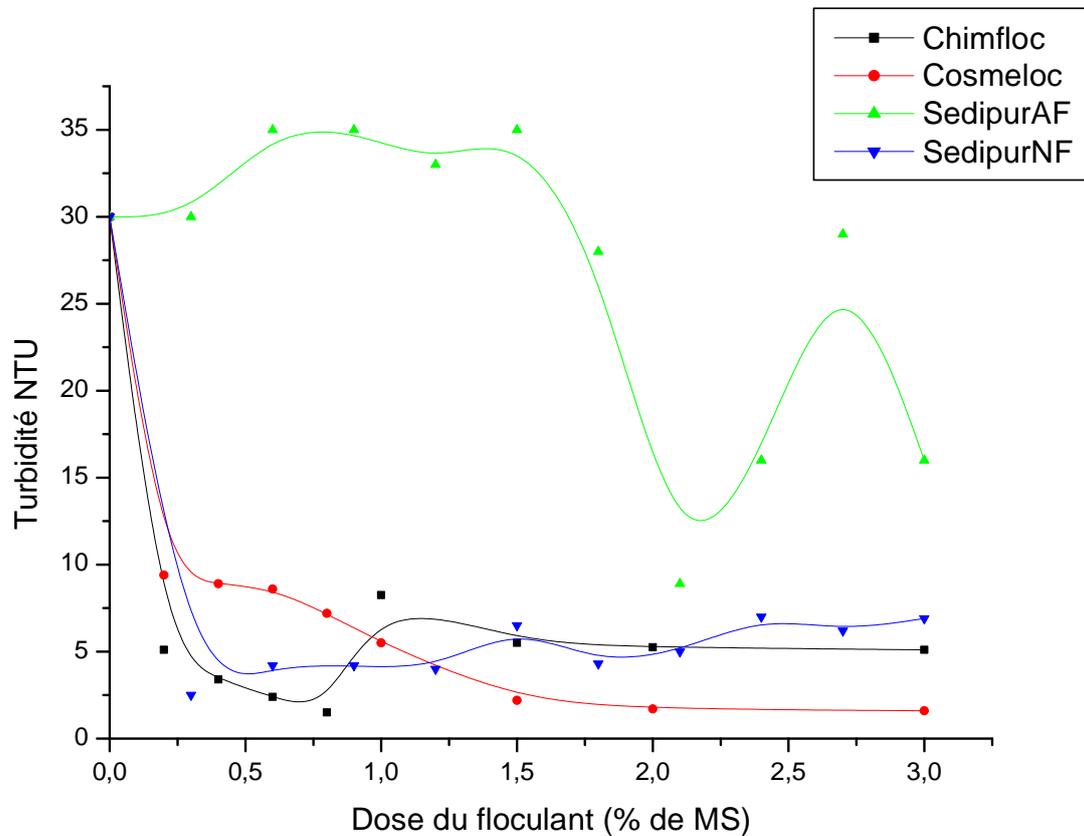
---

La figure ci-dessus représente la variation de la siccité du gâteau en fonction de la dose des polymères étudiés. La siccité du gâteau obtenu par les deux polymères cationiques (Cosmeloc et Chimfloc) augmente avec l'augmentation de la dose du polymère. Le Cosmeloc atteint une siccité de 22,3 % avec une dose de 3%. Le deuxième polymère Chimfloc atteint son optimum de 22,86 par la dose 0,8 % de MS. Ce résultat est expliqué par le fait que les polymères cationiques permettent l'obtention de floccs volumineux par pontage et annulation des charges (voir figure V.6) et ont de plus une action coagulante sur les boues [7].

La courbe du Sedipur NF atteint son optimum de 21,19 % par la dose de 1,2 % de la matière sèche en polymère au-delà de cette valeur la siccité diminue

La courbe du Sedipur AF donne une siccité proche ou inférieure à celle obtenue par une boue brute sans l'ajout de polymère pour les doses inférieures à 3% ce résultat est expliqué par rapport à la nature de la boue étudié (une boue de nature urbaine présente des substances polymériques extracellulaires (EPSs), quelle forme un réseau de polymère négativement chargé, nécessite un polymère cationique pour une bonne rétention d'eau) [34], [35] et [36]. Un optimum de 21% est obtenu par une dose de 3% de la matière sèche en polymère.

### V.4. Variation de la turbidité du filtrat :



**Figure V.8 :** Influence de la dose des flocculants sur la turbidité du filtrat

La variation de la turbidité du filtrat en fonction de la dose des flocculants étudiés est montrée dans la figure ci-dessus. On remarque que la courbe du Sedipur AF est différente par rapport aux autres courbes.

La courbe du Chimfloc montre qu'une faible dose de 0,3% a diminué rapidement la turbidité du filtrat, la plus faible valeur de turbidité est obtenue par la dose 0,8 % elle est de 1,5 NTU

Pour le deuxième polymère cationique qui est le Cosmeeloc la turbidité diminue avec l'augmentation de la dose du flocculant pour atteindre une valeur de 1,6 NTU

La courbe du polymère non ionique Sedipur NF a diminué pour atteindre une valeur de 2,5 NTU avec une dose de 0,3 % de la matière sèche en polymère au-delà de cette dose la turbidité a augmenté.

## Chapitre IV : Résultats et discussions

---

La courbe du polymère anionique Sedipur AF a augmenté au lieu de diminuer lors de l'ajout de faibles doses elle atteint une valeur de 8,9 NTU avec une dose de 2,1 % de la matière sèche en polymère au-delà la turbidité augmente.

### V.5. La résistance spécifique à la filtration RSF :

Pour chaque point du graphe de la RSF qui contient un certain taux du flocculant par rapport à la siccité, on a procédé par cette méthode :

On a déterminé les temps et les volumes de filtration, on a tracé  $T/(V-V_0) = f(V)$  qui est sous forme d'une droite, sa pente nous permet de déterminer la RSF en appliquant la formule :

$$r = \frac{2 \cdot \eta \cdot w \cdot \eta^2}{\eta \cdot \eta}$$

Où

$v$  : volume du filtrat au bout du temps  $t$  ( $m^3$ )

$\eta$  : viscosité dynamique de la boue (Pa.s)

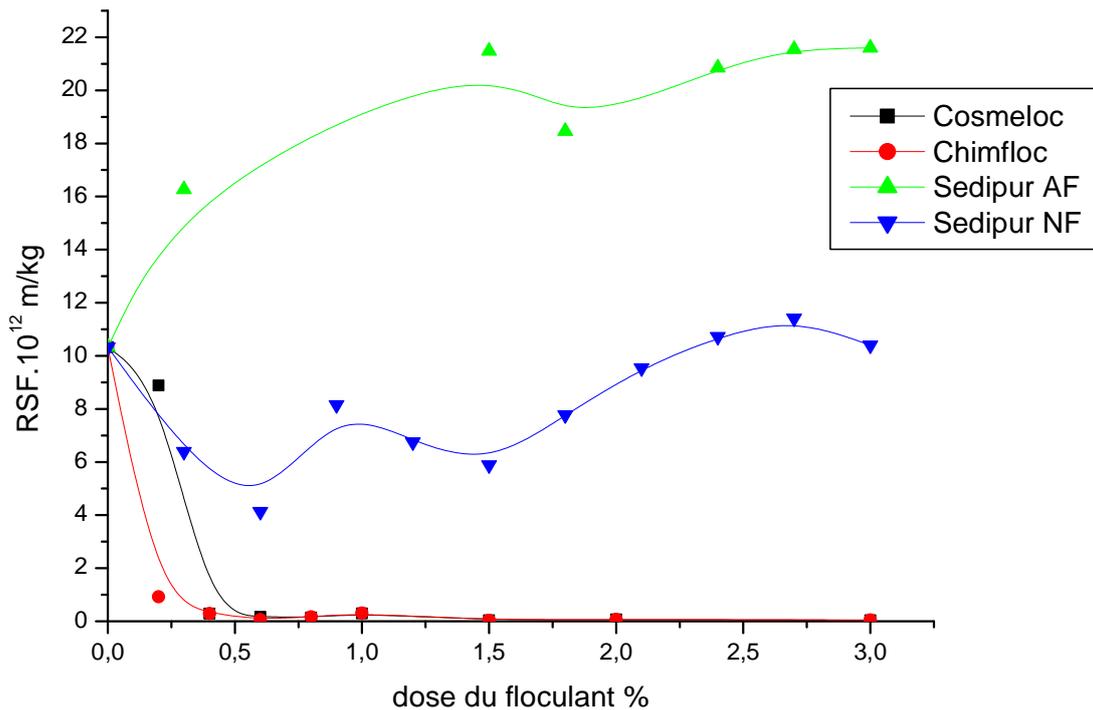
$r$  : résistance spécifique à la filtration ( $m.kg^{-1}$ )

$w$  : masse déposée par unité de volume du filtrat ( $kg.m^{-3}$ )

$S$  : surface de filtration ( $m^2$ )

$P$  : Pression en Pascal (Pa)

La variation de la résistance spécifique à la filtration en fonction de la dose du flocculant ajouté est présentée dans la figure V.10



**Figure V.9 :** Variation de la RSF en fonction de la dose des polymères étudiés.

On remarque que pour les deux polymères cationiques la RSF diminue d'une façon rapide dans une première phase (0 à 0,6 %) et elle devient presque constante dans la deuxième phase (0,8 à 3 %). Ces deux polymères sont aussi des bons coagulants-floculants, ils donnent une floculation rapide avec des floes volumineux, ils présentent une meilleure RSF ou elle passe de  $10,33.10^{12}$  m/kg à  $0,13.10^{12}$  m/kg pour un pourcentage de 3 % de la matière sèche en polymère.

Le départ de l'eau est dû à l'action du polyelectrolyte qui élimine les liaisons entre l'eau et les matières colloïdales. Plus on augmente le taux du Cosmeloc C et Chimfloc C dans la boue le gâteau devient plus solide résistant à la filtration.

La RSF diminue par le flocculant Sedipur NF mais à partir de 0,9 % la résistance remonte légèrement.

La RSF a augmenté par le Sedipur AF contrairement aux autres polymères cela est dû à la mauvaise filtration (probabilité de formation d'une couche qui ralentit la filtration le milieu devient plus résistant).

## Chapitre IV : Résultats et discussions

Le tableau suivant représente les résultats obtenus après le conditionnement des boues de notre étude et d'autres ce qui va nous permettre de faire une comparaison :

**Tableau V.7** : résultat du conditionnement des boues de la présente et d'autres études.

Auteurs	Type de flocculant	Type et origine des boues	RSF (m/kg)	Siccité (%)	Abattement de la turbidité (%)
<b>Merabet. H (2008)</b>	- Non ionique Sedipur NF 102,	Boues stabilisées de la STEP de Bni-Messous	$3.10^{12}$		68
	- Anionique Sedipur AF 400		$4.10^{12}$		68
	- Cationique Sedipur CF 802		$0,7.10^{12}$		98
<b>Zemmouri. H (2012)</b>	- Cationique EMO	Boues digérées de la STEP de Berraki	$0,1.10^{12}$	35	80
	- Cationique Sedipur C 802		$0,5.10^{12}$	30	79
	- Sedipur NF 102		$0,2.10^{12}$	22	35
	- Sedipur AF 400		$1,2.10^{12}$	25	40
<b>Hadj Kouider. S (2011)</b>	- Sedipur CF 802	Boues épaissies de Berraki	$0,44.10^{12}$	35	90
	- Super Flocc C 498		$0,35.10^{12}$	32	90
	- Sedipur NF 102		$0,38.10^{12}$	22	65

## Chapitre IV : Résultats et discussions

	- Sedipur AF 400		$1,6.10^{12}$	15	50
<b>Présente étude</b>	- Chimfloc C4346	Boues stabilisées de la STEP de Bni-Messous	$0,17. 10^{12}$	22,86	95
	- Cosmeloc C4346		$0,13. 10^{12}$	22,3	94
	Sedipur AF 400		$21,23. 10^{12}$	21,9	73
	Sedipur NF 102		$6,75. 10^{12}$	21,19	86

D'après ce tableau on constate que :

Les flocculants cationiques sont les mieux adaptés au conditionnement de la boue de Bni-Messous.

Dans notre étude une siccité de 22,86 % est obtenue par un taux de 0,8 % de la MS du polymère cationique Chimfloc. Cette valeur est relativement faible par rapport aux siccités obtenues dans les études cités cela est peut être expliqué par le fait que la cellule de filtration n'été pas la même dont ils ont utilisé une cellule de filtration sous pression avec une pression de 1,5 bar par contre le dispositif qu'on a utilisé est un dispositif de filtration sous vide avec une pression de 0,5 bar et en utilisant un filtre (papier filtre Watman).

Plus la RSF est faible plus la filtration est bonne, pour les études citées les bons résultats de RSF ont été obtenus lors de l'utilisation des polymères cationique ( $0,1.10^{12}$  m/kg). Dans notre étude la RSF arrive à  $0,17.10^{12}$  et  $0,13.10^{12}$  m/kg pour les deux polymères cationiques Chimfloc et Cosmeloc respectivement.

La turbidité initiale de surnagent issus de la boue qu'on a étudié est de 30 NTU cette valeur a diminué pour arriver à 1,5 NTU après le conditionnement de la boue par les polymères cationique, cette valeur correspond à un taux d'abattement de 95 %, pour les polymères anioniques et non ioniques la turbidité reste un peu élevée. Nos résultats de turbidité semblent pratiquement aux ceux des études citées où le taux de réduction de la turbidité atteint 98 %

Ce travail constitue une contribution à l'amélioration du procédé de conditionnement des boues issues de la station d'épuration de Bni-Messouss. Les essais de conditionnement effectués en Jarrest sont réalisés grâce à une coagulation-floculation. Quatre flocculants de synthèses ont été utilisés à raison de 1 à 3 % de la siccité trouvée dans notre boue à l'état initial est égale à 4,55 %, est suivi d'un test de filtration sous vide, en appliquant une pression de 0.5 Bar une siccité de 18 % est obtenue.

Il ressort des différents résultats expérimentaux recueillis, les principales conclusions suivantes :

- Les polymères cationiques utilisés (Cosmeloc C 4346, Chimfloc C 4346), étaient les mieux adaptés dans le conditionnement des boues municipales.
- En effet le Cimfloc C 4346 présente les meilleurs résultats avec un taux de réduction de la turbidité de 95 %, une siccité de 22,86 % et une valeur de RSF de  $0,17 \cdot 10^{12}$  m/kg pour une dose optimale de 0,8 % de la matière sèche
- Le Cosmeloc C4346 présente un taux de réduction de la turbidité de 94 %, une siccité de 22,3 % et une RSF égale à  $0,13 \cdot 10^{12}$  m/kg pour une dose optimale de 3 % de la matière sèche.
- Le polymère anionique a donné des modestes résultats, où le taux de réduction de la turbidité atteint 73 %, et une siccité de 21 % pour une dose de 3 % de MS.
- Le Sedipur NF qui est un polymère non ionique a pu réduire la turbidité de 86 %, augmenter la siccité pour atteindre une valeur de 21 %, et obtenir une RSF égale à  $6,75 \cdot 10^{12}$  m/kg.
- Les résultats obtenus avec les polymères cationiques sont importants puisque que cela a permis d'augmenter la siccité de 18,8 % à 22,86 %, c'est pourquoi, gagner quelques points de siccité sur la déshydratation des boues entraîne une réduction de leur volume et, par là, de leur coût d'élimination.

En perspective :

L'utilisation de la filtration sous vide nous a offert des résultats de siccité importants, un peu plus faibles à ceux présentés par plusieurs chercheurs dans la spécialité à l'échelle mondiale, nous proposons de faire une étude hydraudynamique pour déterminer les paramètres influençant la filtration.

- [1] N. MOATAMRI, « l'analyse du pilotage d'un décanteur centrifuge à son instrumentation », thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, France, 2003.
- [2] P. Anh Tuấn, "Sewage Sludge Electro-Dewatering", these de doctorat, Lappeenranta University of Technology Finland, 2011.
- [3] C. PERNIN, 2003, «Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*Quercus suber* L.) », thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille, 2003.
- [4] Snyman, H.G.; Forssman, P.; Kafaar, A.; Smollen, M. The feasibility of electro-osmotic belt filter dewatering technology at pilot scale. *Water Science and Technology* 2000, 41 (8), 137–144.
- [5] C. BASSOMPIERRE, «Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles », thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Grenoble, France, 2007.
- [6] A.LÉONARD, « Etude du séchage convectif de boues de station d'épuration suivi de la texture par microtomographie à rayons X », thèse de doctorat, Université de Liège, Canada, 2002.
- [7] cours du B. Grandjean, « traitement des eaux usées industrielles », université Laval, 2011.
- [8] Eckenfelder, Traduit De L'américain Par L.Vandevenne, *Gestion Des Eaux Usées Urbaine Et Industrielle*.
- [9] J. Boeglin, *Technique De L'ingénieur, Traite Génie Des Procédés*, J3944-1.

[11] M. Murillo, « caractérisation de l'effet d'un traitement au peroxyde d'hydrogène sur une boue application à la réduction de la production de boue », thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Toulouse, 2004.

[12] BASF groupe, « specialty chemicals for water treatment », Sedipur\_types for water treatment.

[13] S. Krishnamurthy et T. Viraraghavan, « Chelical Conditioning for dewatering municipal wastewater sludges », 2005, 114-122.

[14] C. H. LEE et J. C. LIU, « Enhanced sludge dewatering by dual polyelectrolytes conditioning », 2000a, 4430-4436.

[15] C. H. LEE et J. C. LIU, « Sludge dewaterability and floc structure in dual polymer conditioning », 2000b, 129-136.

[16] G. R. Chang et al, « Co-conditioning and dewatering of chemical sludge and water activated sludge », 2000, 786-794.

[17] N. Tan Phong, « Flocculation dynamics of synthetic and activated sludge in wastewater treatment », 2009, 74-84.

[18] H. Saveyna, « Effect of polyelectrolyte conditioning on the enhanced dewatering of activated sludge by application of an electric field during the expression phase » 2005, 3012-3020.

[19] N. Tan Phong, N. Hilala, P. Hankinsb, T. John, Novak, « determination of the effect of cations and cationic polyelectrolytes on the characteristics and final properties of synthetic and activated sludge », 2007, 307-317.

[20] N. Tan Phong et al, « Characterization of synthetic and activated sludge and conditioning with cationic polyelectrolytes », 2008, 103-110.

floc physical properties and optimum polymer dosage

in alum sludge conditioning and dewatering”, 2003, 227-235.

[22] H.Merabet, “utilisation du chitosane dans le conditionnement des boues”, thèse d’ingénieur, Ecole national polytechnique, Alger 2008.

[23] T. Ruiz, T. Kaosol, C. Wisniewski, “Dewatering of urban residual sludges: Filtrability and hydro-textural characteristics of conditioned sludge”, 2010, 275-281.

[24] K. B. Thapa, Y. Qi, A.F.A. Hoaddley, “Interaction of polyelectrolyte with digested sewage sludge and lignite in sludge dewatering”, 2009, 66-73.

[25] S. Hadj Kouider, “Caractérisation et traitement des boues d’épuration de la region d’Alger”, these de magister, Université Saad Dahleb de Blida, 2012.

[26] H. Zemmouri, thèse de doctorat, Ecole national polytechnique, Alger, 2012.

[27] F. Achouri, Etude des performances épuratoires de la station d’épuration par lagunage naturel de l’oued Béni-Messous, Alger.

[28] document du ministère des ressources en eaux, Descriptif de fonctionnement et d’exploitation de la station d’épuration des eaux usées de la ville de Bni-Messous, Direction des ressources hydrauliques et l’économie de l’eau, Algérie.

[29] M. Daghar, A. Sisalah, « Descriptif de fonctionnement et d’exploitation de la station d’épuration des eaux usées de la ville de Béni-Messous ». M.R.E., direction des ressources hydrauliques et de l’économie de l’eau, 2007.

[30] T. Degrement, « Mémento technique de l’eau » 10ème édition. Paris : Lavoisier technique et documentation, 2005, 1718p.

[31] M. Guy Altan, « les boues d’épuration et leurs perspectives de gestion en Ile-de-France », au nom de la commission agriculture, environnement, Ruralité adopté par le CESR, 2003, 136p.



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ralités et Analyse Physique, Tome 1.

[33] M. SALSABIL, « Etude comparative des digestions aérobie et anaérobie de boues biologiques urbaines traitées par procédés physique, chimique et thermique : application pour la réduction de la production de boues », thèse de doctorat, université de Limoges, 2008.

[34] P. Pimpec, A. Lienard, R. Bounard, Lafont, M. Cazin, B. Bossard, , «Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques », Ed. MAURICE MERLIN. 2002, 106p.

[35] I. Soumah, 2007, « Avenir de l'industrie minière en Guinée », Paris : L'Harmanttan-Guinée, 2007, 256p.

[36] A. Branger, Richard, M. Roustel S, « Alimentation processus technologiques et contrôles, Ed EDUCAGRI, 2009, 199p.