

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة احمد بوقره بومرداس



UNIVERSITE M'HMED BOUGARA DE BOUMERDES

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DE MASTER EN
GENIE DES PROCEDES

OPTION : TRAITEMENT DES EAUX

Thème

*Etude de l'influence du type de flocculant sur la
qualité des paramètres physico-chimiques du
traitement biologique*

Présenté par :

Mlle SEMARA Meriem & Mlle BOUDRIS Hanane

Soutenue le 02 /07/2017, devant les jurys composé de :

Mme .Ouslimani Nacera MCA EXAMINATRICE

Mr.Aksas Hammouche MCB EXAMINATEUR

Mr M.Bouregghda Mohamed MCA Promoteur

2016/2017

Remerciements

A l'issue de la confection de ce mémoire, nous tenons à adresser nos remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, par leur bonne volonté et leurs actes ont manifesté un intérêt à notre égard et particulièrement à :

Notre promoteur Mr : BOURAGHDA et notre encadreur Mr : HAMMOUNI SAID qui ont bien voulu nous encadrer durant ce mémoire.

Tout le personnel de la station d'épuration de Réghaia pour l'accueil qu'il nous a témoigné durant notre stage et pour leur soutien

*L'ensemble du corps enseignant et administratif de
FSI*

Dédicace

Avec un grand plaisir, je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents que j'adore et que j'estime
beaucoup et que je remercie pour leurs
encouragement et sacrifices.*

Mes adorables frères et ma sœur

Tous mes amis

*Et surtout mon binôme Hanane qui a partagé avec
moi ce travail*

S.Meriem

Dédicace

Avec un grand plaisir, je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents que j'adore et que j'estime
beaucoup et que je remercie pour leurs
encouragement et sacrifices.*

Mes adorables sœurs et mon frère

Tous mes amis

*Et surtout mon binôme Meriem qui a partagé avec
moi ce travail*

B.Hanane

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale

Chapitre I : Les Eaux Usées

I.1. Généralité sur les eaux usées	1
I.2. Origine des eaux usées	1
I.2.1. Les eaux résiduaires urbaines	1
I.2.2. Les eaux usées industrielles	1
I.2.3. Les effluents mixtes	2
I.2.4. Les eaux usées agricoles	2
I.3. Caractéristiques des eaux usées	2
I.3.1. Paramètres Physiques	2
I.3.1.1. La température	2
I.3.1.2. La turbidité	2
I.3.1.3. La conductivité	3
I.3.1.4. Le pH	3
I.3.1.5. Couleur et odeur	3
I.3.1.6. Les matières en suspension (MES)	3
I.3.1.7. Les matières volatiles en suspension (MVS)	3
I.3.1.8. Les matières minérales (MM)	3
I.3.1.9. Les matières décantables	4
I.3.2. Les paramètres chimiques	4

I.3.2.1. Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	4
I.3.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)	4
I.3.2.3. Carbone organique totale (COT)	4
I.3.2.4. Azote	5
I.3.2.5. Phosphore	5
I.3.2.6. Nitrate	5
I.3.2.7. L'azote ammoniacal	6
I.3.3. Paramètre biologique	6
I.4. Traitement des eaux usées	6
I.4.1. Les prétraitements	6
I.4.1.1. Le dégrillage	6
I.4.1.2. Le dessablage	7
I.4.1.3. Déshuilage	7
I.4.2. Traitements physico-chimiques	7
I.4.2.1. La décantation	7
I.4.2.2. Coagulation-floculation	8
I.4.2.3. Filtration sur sable	8
I.4.3. Traitement biologique	8
I.4.3.1. Traitement aérobie	8
I.4.3.2. Traitement anaérobie	9
I.4.3.3. Les boues activées	9
I.4.3.4. Les lits bactériens	9
I.4.3.5. Les disques biologiques	9
I.4.3.6. Le lagunage	10

Chapitre II : Généralité sur les boues

II.1. Définition	11
II.2. Les objectifs de traitements des boues	11
II.3. Types des boues	11
II.3.1. Les boues primaires	11
II.3.2. Les boues secondaires (boues biologiques)	12
II.3.3. Les boues tertiaires	12
II.3.4. Les boues mixtes	12
II.4. Classification des boues	13
II.5. Caractéristiques des boues	13
II.5.1. Les paramètres physiques	13
II.5.1.1. La siccité d'une boue (MS)	13
II.5.1.2. Le taux de Matières Volatiles Sèches (MVS)	14
II.5.1.3. La résistance spécifique à la filtration	14
II.5.1.4. Le coefficient de compressibilité d'une boue	14
II.5.1.5. Le pouvoir calorifique	14
II.5.1.6. Consistance de la boue	15
II.5.1.7. Les facteurs caractérisant la structure des boues	15
II.5.2. Les paramètres chimiques	16
II.5.2.1. L'acidité des boues (pH)	16
II.5.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO)	16
II.5.2.3. La demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO ₅)	16
II.5.2.4. Le phosphore total (PT)	16
II.5.2.5. L'azote total Kjeldahl (NTK)	16
II.5.3. Les paramètres biologiques	17

II.6. Les métaux lourds dans les boues	18
II.6.1. Définition	18
II.6.2. L'importance des métaux lourds dans les boues	18
II.6.3. Les valeurs limites des traces métalliques	19
II.7. Les procédés de traitement des boues	19
II.7.1. Définition	19
II.7.2. Procédés biologiques	19
II.7.2.1 Stabilisation	19
II.7.2.1.1. Stabilisation aérobie	20
II.7.2.1.2. Stabilisation anaérobie	20
II.7.2.1.3. Stabilisation chimique	20
II.7.2.1.4. Stabilisation thermique	21
II.7.3. Procédé physico-chimiques	21
II.7.3.1. L'épaississement	21
II.7.3.2. Déshydratation	22
II.7.3.2.1.Centrifugation	22
II.7.3.2.2. Filtration sous vide	22
II.7.3.3.3. Filtration sous pression	22
II.7.3.3.4. Filtre à bande	22
II.7.3.3.5.Séchage	22
II.7.3.3.6. L'incinération	23

Chapitre III : Les flocculants en traitement des eaux

III.1. La floculation	24
III.2. La floculation dans la nature	24

III.3. La Flocculation sur un polymère	24
III.4. Adjuvants de flocculation « naturels ».....	25
III.4.1. Flocculants minéraux	25
III.4.2. Flocculant organiques (polymères naturels).....	25
III.4.3. Flocculant organiques de synthèse (polymères).....	26
III.5. But de l'ajout des flocculant	27
III.6. Les différents critères de sélection de polymère	28
III.7. Domaines d'application.....	29
III.8. Choix des polymères dans la déshydratation	30
III.9. Les type des polyélectrolytes utilisés selon le conditionnement de boues	30
III.9.1. Les polyélectrolytes cationiques	30
III.9.2. Les polyélectrolytes anioniques	30
III.10. Doses de polymère à employer	31

Chapitre IV : La station d'épuration de Reghaia

IV.1. La station d'épuration de Réghaia	32
IV.1.1. Localisation de la STEP	32
IV.1.2. Principe de fonctionnement	32
IV.1.3. Alimentation et qualité des eaux usées brutes	33
IV.1.4. Réseau de collecte (assainissement)	33
IV.2. Capacité de la Station d'épuration	35
IV.2.1. Débit à traiter	35
IV.2.2. Pollution à traiter	35
IV.3. Description des installations	35
IV.4. Filière eau	36
IV.4.1. Les prétraitements	36

IV.4.1.1. Dégrillage	36
IV.4.1.2. Dessableur – dégraisseur (déshuileur)	37
IV.4.2. Traitement primaire (décantations primaire).....	38
IV.4.3. Traitement secondaire	39
IV.4.3.1. Traitement biologique	40
IV.4.3.2. Décanteur secondaire (Clarificateur)	42
IV.4.4. Traitement tertiaire (filtration sur sable)	43
IV.5. Filière boue	43
IV.5.1. Epaissement des boues	44
IV.5.2. Stabilisation chimique des boues (chaulage)	44
IV.5.3. Stockage des boues	45
IV.5.4. Conditionnement par l'ajout de polymère	46
IV.5.5. Déshydratation des boues par centrifugation	46

Partie expérimentale

Introduction	48
Résultats et discussions	49

Conclusion générale

Annexe

Liste des figures

Figure N°1 : Schéma d'une station d'épuration intégrant l'ensemble des étapes de traitement. ...	12
Figure N°2 : Disposition des chaines de polymère cationique sur une surface chargée négativement, et illustration des différents mécanismes d'interaction inter particulaires correspondant A et B répulsions attraction.....	24
Figure N°3: Formule générale d'un polymère ionisé.	25
Figure N°4 : Formule générale d'un polymère anionique.....	27
Figure N°5 : Formule générale d'un polymère neutre.....	27
Figure N°6 : Formule générale d'un polymère cationique.	27
Figure N°7 : Les différentes structures moléculaires des polymères organiques.....	29
Figure N°8 : Vue générale de la station d'épuration de Réghaia.	33
Figure N° 9 : Schéma du canal venturi (l'ouvrage de comptage).	35
Figure N°10 : Le dégrilleur automatique.	36
Figure N°11 : Le dessableur / déshuileur.	37
Figure N°12 : Le décanteur primaire.....	38
Figure N°13 : Le bassin biologique.....	40
Figure N°14 : Le Clarificateur.	41
Figure N°15 : Le filtre à sable.....	42
Figure N°16: Le Silo à chaux.....	44
Figure N°17: La Cuve de préparation.	44
Figure N°18 : Les bâches de stockages.....	45
Figure N°19 : La centrifugeuse, les boues déshydratée et aires de stockages.....	47
Figure No20 : La siccité en fonction de la fraction.....	50
Figure No21 : La matière Sèche en fonction de la fraction.....	50
Figure N°22 : Le rendement en fonction de la fraction BP/BR	51

Figure N°23 : Variation de MS des boues	54
Figure N°24 : La siccité en fonction de la concentration du polymère	56
Figure N°25 : la matière sèche en fonction de la concentration du polymère.....	57
Figure N°26 : Le rendement en fonction de concentration du polymère	57
Figure N°27: La siccité en fonction du pH.....	61
Figure N°28 : La matière sèche en fonction du pH	62
Figure N°29 : Le rendement en fonction du pH	62
Figure N°30 : La siccité en fonction de vitesse d'agitation.....	65
Figure N°31 : La matière sèche en fonction de vitesse d'agitation	66
Figure N°32 : Le rendement en fonction de vitesse d'agitation	66
Figure N°33 : La siccité en fonction de temps d'agitation	69
Figure N°34: La matière sèche en fonction de temps d'agitation	70
Figure N°35 : Le rendement en fonction de temps d'agitation	70

Liste des tableaux

Tableau N°1 : Les différentes classes de boues.....	13
Tableau N°2: Les valeurs limites des traces métalliques.....	19
Tableau N°3 : Les communes qui alimentent la STEP de Réghaia	33
Tableau N°4 : Caractéristiques des débits entrant à la STEP.....	34
Tableau N°5 : Les données de l'ouvrage de comptage.	35
Tableau N°6: Caractéristiques de dégrilleur automatique.....	36
Tableau N°7 : Caractéristiques de dégrilleur manuel.....	36
Tableau N°8 : Caractéristiques de dessableur.	37
Tableau N°9 : Caractéristiques de décanteur primaire.....	38
Tableau N°10: Caractéristiques des bassins biologiques.	39
Tableau N°11: Caractéristiques de bassin d'anoxie.	40
Tableau N°12 : Caractéristiques de clarificateur.....	41
Tableau N°13: Caractéristiques des filtres à sables.	42
Tableau N°14 : Caractéristiques des épaisseurs.....	43
Tableau N°15 : Caractéristiques des bâches de stockages.	45
Tableau N°16: Caractéristiques de centrifugeuse.....	46
Tableau N°17 : La siccité de boue primaire et recirculée.....	49
Tableau N°18 : L'évolution de la siccité de mélange des boues	49
Tableau N°19: Résultats d'analyse des boues.....	52
Tableau N°20 : Les résultats d'analyses des boues	53
Tableau N°21 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente concentration du polymère.....	55
Tableau N°22 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différentes concentrations du polymère.....	55
Tableau N°23 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente concentration du polymère.....	56
Tableau N°24 : L'évolution de la concentration de la boue mixte en fonction du pH	59

Tableau N°25 : L'évolution de la concentration de la boue mixte en fonction du pH	60
Tableau N°26 : L'évolution de la concentration de la boue mixte en fonction du pH	61
Tableau N°27 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente vitesse d'agitation.....	63
Tableau N°28 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente vitesse d'agitation	64
Tableau N°29 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente vitesse d'agitation	65
Tableau N°30 : L'évolution de la siccité de la boue mixte à différente durée d'agitation	67
Tableau N°31 : L'évolution de la siccité de la boue mixte à différente durée d'agitation	68
Tableau N°32 : L'évolution de la siccité de la boue mixte à différente durée d'agitation	69

Liste des abréviations

MS : Matière sèche.

MVS : Matières volatiles en suspension.

BP : Boue primaire

BR : Boue recirculé

BL : Boue liquide

STEP : Station d'épuration.

Introduction :

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale (pollution atmosphérique, pollution des eaux de surfaces et profondes, pollution du sol...), en générant des déchets en quantités de plus en plus élevées, leur gestion pose de gros problèmes. Parmi ces sources Les éléments polluants produites des stations d'épuration par les procédés de séparation de la phase liquide par décantation ou flottation au cours de tout traitement d'eau, quelle que soit la nature, se trouvent finalement rassemblés dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées « **boues** ». Ces sédiments résiduels sont surtout constitués de bactéries mortes et de matière organique minéralisée.

Toutes les boues nécessitent un traitement spécifique pour qu'elles soient recyclées, réutilisées ou remises dans le milieu naturel. Les voies de traitement de ces boues sont diverses, mais les enjeux pour épaissir et déshydrater ces boues sont de taille. En effet, plus la concentration de cette boue sera élevée, plus il sera facile de la transporter à moindre coût ou de l'incinérer. Comme la décantation naturelle de ces boues est impossible (les MES sont trop petites), nous utilisons divers équipements d'épaississement et de déshydratation dont les performances sont très variables. Les procédés que nous avons choisi de décrire ici sont les procédés dynamiques les plus répandus, qui ont le point commun d'utiliser un adjuvant de floculation pour faciliter l'agglomération des particules et faciliter la concentration des boues. Cet adjuvant de floculation, communément appelé polymère, représente généralement le deuxième poste budgétaire en coûts d'exploitation d'une station. Il peut ainsi représenter environ 10% de ces coûts d'exploitation.

Dans le cadre de notre projet, nous nous sommes intéressées en premier lieu à augmenter la concentration de la boue de la station d'épuration SEAAL REGHAIA en deuxième lieu on essaye d'optimiser la consommation de polymère sans aucune influence sur la concentration de la boue produite afin de réduire le poids de la boue déshydratée en jouant sur le pourcentage boue primaire /boue recirculée, la concentration du polymère, le pH de la boue, la vitesse d'agitation et le temps d'agitation. Pour ce la nous avons utilisé 3 différents polymères commerciaux sous forme poudre ou nous avons disposé que les noms commerciaux de ces polymères et en se propose avec la station de trouver quels sont les meilleures conditions pour que les flocculants étudiés donnent de bons résultats pour l'exploitation qui convient avec notre but de travail. Nous avons partagé notre travail en deux grandes parties, une théorique et l'autre expérimentale.

La partie théorique englobe après une introduction générale, quatre chapitres incluant généralité sur les eaux usées, généralité sur les boues, les flocculant en traitement des eaux ainsi que la présentation de la station d'épuration SEAAL REGHAIA.

La partie expérimentale regroupe l'ensemble des études réalisées sur la boue liquide et les analyses sur la boue stabilisé thermiquement ainsi que l'interprétation des résultats obtenus. Enfin, nous terminons notre projet par la conclusion générale de cette étude.

Chapitre I

I.1. Généralité sur les eaux usées :

En parlant de l'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son épuration.

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels.

Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles). [1,2]

I.2. Origine des eaux usées :

I.2.1. Les eaux résiduaires urbaines :

Les eaux usées urbaine comprennent les eaux usées domestiques et 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 boues, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, Feuilles, graines, etc.). Et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, Débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules. [4]

I.2.2. Les eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures... Certaines d'entre elles font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution. [4].

I.2.3. Les effluents mixtes :

Ces eaux sont le résultat d'un mélange d'eaux usée urbaine et industrielles, leur composition est très variable selon les propriétés du mélange et la nature de l'industrie. La DBO₅ est plus élevée que celle d'une eau usée urbaine, elle est fortement chargée en matières organique biodégradable. [10]

I.2.4. Les eaux usées agricoles :

Ces eaux comprennent :

- ✓ eau de drainage
- ✓ eau des rejets des fermes (lavage des locaux et des étables).

Ces sont caractérisés par la présence de forte concentration d'engrais, elles ont une valeur fertilisante très importante. [10]

I.3. Caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées fixent des indicateurs de qualité physicochimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimé en mg/l est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les effluents domestiques, industriels et naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

I.3.1. Paramètres Physiques :

I.3.1.1. La température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels,...etc. [3]

I.3.1.2. La turbidité :

La turbidité est liée à la présence plus ou moins importante de matières en suspension d'origine minérale ou organique. [5]

I.3.1.3. La conductivité :

La mesure de la conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau, plus la concentration ionique des sels dissous est grande, plus la conductivité est grande. [19]

I.3.1.4. Le pH :

Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les effluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH. [14]

I.3.1.5. Couleur et odeur :

Historiquement, la couleur et l'odeur ont été utilisées comme le premier indicateur de pollution d'une eau. La couleur d'une eau usée urbaine est grisâtre. Une couleur foncée ou noire est le signe d'une décomposition partielle de la matière organique. Mais certains rejets industriels (teinture, papier ou cartonnerie etc...) contiennent des colorants particulièrement stables. Il existe plusieurs gaz qui donnent des odeurs, résultat d'une fermentation ou décomposition, parmi lesquelles on cite NH_3 , H_2S . [20]

I.3.1.6. Les matières en suspension (MES) :

Sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. [6]

I.3.1.7. Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles sont mesurées par calcination à 550°C en 2 heures : elle constitue environ 70 à 80% des MES. C'est la différence entre les MES et les matières minérales. [7,19]

I.3.1.8. Les matières minérales (MMS) :

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination à 550°C , et correspondent à la présence de sel. [7]

I.3.1.9. Les matières décantables :

C'est la fraction qui décante dans un liquide au repos pendant un temps conventionnellement fixé à 2H. La mesure directe des matières décantable se fait par peser après séchage à 105°C. [19]

I.3.2. Les paramètres chimiques :

I.3.2.1. Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. [8]

I.3.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques biodégradables ou non biodégradables ainsi que toutes les matières oxydables existantes dans l'eau dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure de la DCO correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelque soit leur origine organique ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfures et chlorures). [32]

DCO permet donc d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des micro-organismes. [17]

I.3.2.3. Carbone organique totale (COT) :

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.).

Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (COT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO. [26]

I.3.2.4. Azote :

Dans les effluents, l'azote est présent sous forme organique principalement, ammoniacale ou plus rarement sous forme oxydée en nitrite ou nitrate. L'azote totale kjedhal (NTK), ou azote réduit (NR), regroupe les deux premières formes, et l'azote global (NGL) regroupe l'ensemble des formes de l'azote. Ces grandeurs sont exprimées en mg d'azote élémentaire par l'effluent. [9,19]

I.3.2.5. Phosphore :

Le phosphore est présent sous forme de phosphate inorganique ou organique. Il est exprimé en mg de phosphore élémentaire par litre d'effluent. [9.19]

I.3.2.6. Nitrate :

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3mg/L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1mg/l/an, voire 2mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation a plusieurs origines :

- **Agricole** : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel ;

- **Urbaine** : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote N'est pas totale et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel.

Cette source représente les 2/9 des apports ;

- **Industrielle** : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports. [2]

I.3.2.7. L'azote ammoniacal :

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de cette forme d'azote.

L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH_4^+). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ [2]

I.3.3. Paramètre biologique :

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes (champignons, helminthes, protozoaires, bactéries et virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif d'épurer pour préserver le milieu naturel. [13]

Vu leur rôle dans le processus, il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées :

➤ Les coliformes :

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae.

- **Les coliformes totaux (CT)**
- **Les coliformes fécaux (CF)**
- **Streptocoques fécaux (SF)**

I.4. Traitement des eaux usées :

I.4.1. Les prétraitements:

I.4.1.1. Le dégrillage :

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques,...) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la station. Pour ce faire on intercale une grille dont les barreaux ont un écartement de l'ordre du centimètre. Les refus des grilles sont généralement mélangés avec les boues alors que, du fait de leurs natures et de leurs dimensions, ils sont assimilables à des ordures ménagères. Ce mélange n'a pas

d'importance lorsqu'on prévoit une incinération des boues mais doit être évité pour les autres traitements et l'épandage. [11]

I.4.1.2. Le dessablage :

Après dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments solides qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille relativement importante, supérieure à 0.2mm de diamètre, pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement des pompes. On élimine ces matériaux facilement décantables dans des petits bassins rectangulaires ou circulaires. Les sables ainsi séparés pourront être mélangés aux autres boues sans problèmes majeurs si ce n'est qu'ils sont fermentescibles, il existe d'ailleurs des dessableurs aérés pour palier cet inconvénient. [11]

I.4.1.3. Déshuilage :

Les eaux usées urbaines contiennent souvent des matières flottantes qui passent à travers les grilles (huiles, hydrocarbures, débris de graisse, fragments de matières plastique...). Le déshuilage a pour but de séparer de l'eau, par flottation, les matières ou les liquides dont la densité est inférieure à l'unité. Les huiles et les hydrocarbures forment une couche mince en surface et gênent ainsi le processus d'aération dans le cas des boues activées, quant aux matières flottantes solides elles risquent de former des bouchons qui pourraient obstruer des canaux ou des orifices dans la station, il est donc nécessaire de piéger ces substances au niveau de prétraitement par un dispositif d'écumage. Comme pour les refus des grilles les résidus de déshuilage ne doivent être mélangés aux boues qu'il est prévu une incinération. [11]

I.4.2. Traitements physico-chimiques :

I.4.2.1. La décantation :

Pour faciliter la précipitation des matières en suspension de diamètre inférieur à 0.2mm, on fait circuler l'eau lentement dans un bassin dont on racle ou aspire périodiquement les matériaux rassemblés au fond.

Dans la plupart des stations d'épuration on effectue deux décantations : L'une sur les eaux issues du prétraitement l'autre après le traitement biologique (ou chimique). Dans ce paragraphe il ne sera question que des boues de décantation primaire car les autres dépendent du traitement subi par l'eau. Les boues formées contiennent une forte proportion de matières organiques (de 20 à 30% des matières sèches, des matières grasses 6 à 30%). Ces boues présentent un aspect non homogène, elles sont généralement brunes et d'odeur désagréable. [11]

I.4.2.2. Coagulation-floculation :

I.4.2.2.1. Coagulation :

S'obtient par addition dans l'eau d'un réactif chimique le sel d'aluminium ou de fer qui neutralise les charges électriques superficielles répulsives, et permet ainsi leur agglomération. Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère, sorte de macromolécule à longue chaîne qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées en flocons volumineux qui se déposent par gravité. C'est le floc.

I.4.2.2.2. Floculation :

La floculation a pour objectif de favoriser à l'aide d'un mélange lent les contacts entre les particules déstabilisées, ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation. Une coagulation-floculation, suivie d'une décantation appliquée sur une eau domestique, permet d'éliminer jusqu'à plus de 90% des matières en suspension et de 40 à 65% de la DBO₅.

I.4.2.3. Filtration sur sable :

Comme pour la décantation on peut effectuer la filtration sur les eaux brutes prétraitées puis sur les eaux traitées par voie biologique ou chimique. Néanmoins la forte teneur en matières colloïdales et en mucilage des eaux brute rend difficiles leur filtration sauf pour des filtres dont les mailles sont assez larges, de l'ordre du dixième de millimètre ce qui est peu intéressant. Par contre ce procédé est largement utilisé pour le traitement des boues.

I.4.3. Traitement biologique :

Ces traitements consistent en une consommation de la matière organique contenue dans les eaux usées et d'une partie des matières nutritives (azote et phosphore) par des micro-organismes déjà présents dans ces eaux, et ce généralement en présence d'air ou d'oxygène. La croissance de la faune et la flore donne lieu à des flocs plus ou moins abondants qu'on élimine par décantation ou filtration. [11]

I.4.3.1. Traitement aérobie :

Les filières biologiques aérobies font appel aux micro-organismes naturellement présents dans le milieu naturel pour dégrader la pollution. Elles s'inspirent des propriétés d'épuration des sols (filtres plantés de roseaux, filtres à sable) ou des rivières (lagunage, boues activées). L'apport d'oxygène peut

être naturel (le vent ou système de cascade) dans les petites installations de lagunage, ou artificiel (turbine ou diffusion de microbulles) dans les stations d'épuration de type "boues activées".

Les bactéries peuvent être en suspension (boue activée, lagunage) ou fixées (lit bactérien, filtres plantés, filtres à sable, bio-filtre) ou encore biodisques. [16]

I.4.3.2. Traitement anaérobie :

Cette zone permet une auto-oxydation. Cela oblige les micro-organismes à puiser l'énergie dans leurs réserves pour leur activité et reproduction : c'est ce qu'on appelle la respiration Endogène. On obtient ainsi la transformation des produits azotés (en azote ammoniacal) et carbonés. [16]

I.4.3.3. Les 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. De l'oxygène est injecté dans le mélange, permettant de fournir aux bactéries cet élément vital à leurs besoins respiratoires.

En fait, on peut considérer que le système à boues activées est une extension artificielle des phénomènes d'épuration naturels dans un cours d'eau ou une rivière, les phénomènes entrant en jeu sont identiques à ceux présents dans les systèmes à boues activées, seule varie la concentration en micro-organismes dans le milieu et, à fortiori, la vitesse de réaction de dégradation. [7]

I.4.3.4. Les lits bactériens :

Ce procédé consiste à faire ruisseler les eaux usées décantées à travers une masse de pierres ou de matières plastiques présentant une grande surface et sur laquelle se développe un film bactérien qui consomme les matières organiques contenues dans l'eau en présence de l'oxygène de l'air le film croît au fur et à mesure de la consommation de la matière organique et s'exfolie sous l'influence des gouttes d'eau qui tombent sur le garnissage. L'eau épurée décantée et une partie des boues sont recyclées comme pour les boues activées. [11]

I.4.3.5. Les disques biologiques :

Le dispositif est constitué d'une série de disque en matière plastique à surface ondulée de 3m de diamètre environ et montés sur un axe horizontal. Ces disques sont émergés) 40% approximativement dans un bassin recevant l'eau à traiter. Les disques sont suffisamment espacés de

manière à ce que l'eau puisse circuler librement. Lorsqu'ils subissent une rotation autour de leur axe, les parties submergées en contact avec l'eau usées et l'air. Ceci est analogue à ce qui se passe dans un lit bactérien traditionnel alimenté par sprinkler (distributeur rotatif). L'excès de biomasse se détache des disques et est évacué avec l'effluent puis décanté. [11]

I.4.3.6. Le lagunage :

En lagunage naturel à microphytes, les eaux à traiter séjournent de 5 à 50 jours – en moyenne 30 jours – dans un bassin non artificiellement brassé ou aéré, de 80 à 150 cm de profondeur. L'épuration qui s'y produit résulte de l'activité d'une biomasse planctonique (ni flottante, ni fixée, ni floculée), formées essentiellement d'algues unicellulaires et d'animaux de petite taille (protozoaires, rotifères, crustacés). Les bactéries normalement peu abondantes dans la masse d'eau, sont abondantes dans les sédiments où elles ont un rôle important.

Dans les conditions courantes, la concentration organique est élevée (milieu hypereutrophe), et la biomasse planctonique peut présenter une activité auto ou hétérotrophe, aérobie ou anaérobie, influencée par les paramètres climatiques. [12]

Chapitre II

II.1. Définition :

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance.

Les boues subissent des traitements de déshydratations et de stabilisations avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou réutilisées à des fins agricoles ou énergétiques. [15]

II.2. Les objectifs de traitements des boues :

Les boues résiduelles en excès sont, au moment de leur extraction du système d'épuration des eaux, un produit :

- Peu concentrées donc occupant un grand volume.
- Fermentescibles du fait des fortes teneurs en matières organiques.
- Qu'il est nécessaire d'extraire régulièrement de la plupart des types de stations d'épuration.

Ce qui suppose de les ramener :

- A un volume aussi réduit que possible et sous une forme solide, aisément manipulables et stockage.
- A une composition suffisamment stable pour prévenir toute évolution biologique spontanée, rapide.
- A une teneur en éléments pathogènes compatible avec les exigences de l'hygiène publique. [18,15]

II.3. Types des boues :

II.3.1. Les boues primaires :

Les boues primaires sont les dépôts récupérés par simple décantation des eaux usées. Elles proviennent d'une séparation physique des matières en suspension décantables organiques et minérales lors de la décantation primaire.

D'une façon générale, les boues primaires seront toujours un peu plus riches qu'en solide que les boues secondaires. La composition de ces solides fait apparaître :

- Des particules minérales.
- Des graisses et hydrocarbures lourds souvent adsorbés sur les minéraux.
- Des débris végétaux et animaux divers.

Ces boues de couleur gris-noir sont généralement très pauvres en oxygène et répandent une odeur caractéristique des milieux en anaérobiose. [20,15]

II.3.2. Les boues secondaires (boues biologiques) :

Les boues biologiques appelées aussi boues secondaires, sont les boues issues du traitement biologique que ce soit en culture libre (boues activées), ou culture fixées (lits bactériens, disques biologiques...etc.).

Elles sont issues de la métabolisation de la pollution organique biodégradable soluble et colloïdale, lors d'une épuration biologique. Elles sont donc constituées essentiellement de corps bactériens et de leurs sécrétions.

Ces boues sont brunes, plus ou moins sombres et ont une couleur d'humus tant qu'elles sont bien oxygénées. [20,18]

II.3.3. Les boues tertiaires :

Les boues tertiaires sont le plus souvent issues d'un traitement physico-chimique après un traitement biologique (d'où la notion de traitement tertiaire) Ce traitement tertiaire a pour principal objectif un rôle d'affinage du traitement. Il s'avère obligatoire derrière une boue activée lorsque les niveaux de rejets demandés sont très contraignants comme une teneur en MES inférieur à 20mg MES/l, une teneur en phosphore inférieure à 1mg Pt/l et une concentration en DCO inférieure à 60mg/l. Elles sont le plus souvent obtenues par l'ajout de réactifs chimiques et elles sont aussi le plus souvent plus difficiles à déshydrater. [27]

II.3.4. Les boues mixtes :

Les boues mixtes correspondent au mélange des boues primaires et secondaires voir tertiaires. Leur aptitude à la concentration par rapport aux boues biologiques est améliorée lors d'ajout de boues primaires.

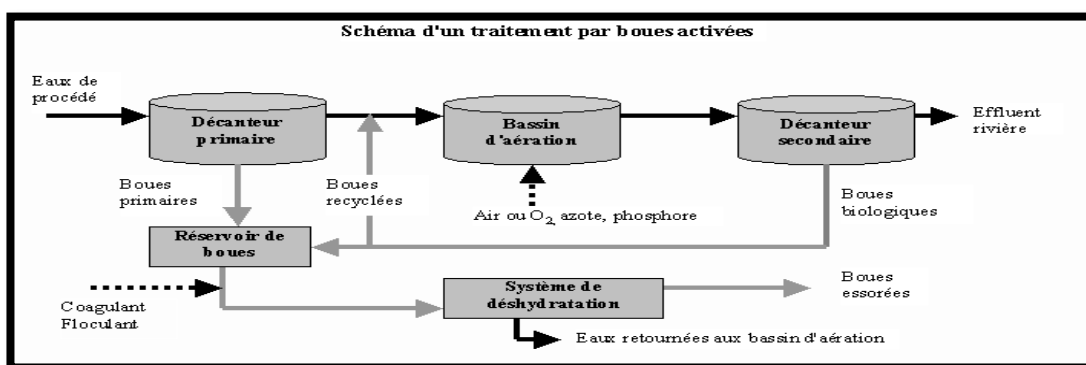


Figure N°.1 : Schéma d'une station d'épuration intégrant l'ensemble des étapes de traitement.

II.4. Classification des boues :

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

- Organique hydrophiles.
- Huileuses hydrophiles, huileuses hydrophobes.
- Minérales hydrophiles, minérales hydrophobes.
- Fibreuses.

Selon les filières de traitements, les boues sont classées en cinq classes (Tableau N°1). Ce classement permettra de présenter plus clairement les performances de chaque technique sur les différents types de boues. [38].

Tableau N°1 : Les différentes classes de boues

Boue de la classe A	Boue de la classe B1	Boue de la classe B2	Boue de la classe C	Boue de la classe D
Boues primaires. Boues primaires Physico-chimiques. Boues de forte et très forte charge.	Boues Biologiques en eau brute : Boues de faible charge. Boues d'aération prolongée.	Boues biologiques en eau décantée : Boues de faible charge. Boues de moyenne charge.	Boues mixtes de type A+B2	Boues stabilisées biologiquement : Boues de digestion anaérobie mésophile. Boues de stabilisation aérobie thermophiles.

II.5. Caractéristiques des boues :

Une boue est aussi représentée par plusieurs données numériques qui permettent sa caractérisation. Les caractéristiques de boues suivantes composent ce que l'on nomme les «boues brutes », à savoir des boues n'ayant par un certain nombre de critères définissant leur composition physique et chimique. [28]

II.5.1. Les paramètres physiques :

II.5.1.1.La siccité d'une boue (MS) :

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

Le pourcentage d'eau représente l'humidité, le pourcentage de matières sèches la siccité. Ainsi, une boue à 10% de siccité présente une humidité de 90%. [28]

II.5.1.2. Le taux de Matières Volatiles Sèches (MVS) :

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

Le contrôle de ce paramètre permet de suivre la stabilité de la boue et son aptitude à divers traitement (déshydratations, incinération,...). [28]

II.5.1.3. La résistance spécifique à la filtration :

La résistance spécifique ' r ' se définit comme étant la résistance qui s'oppose à la filtration d'une quantité de gâteau déposé sur 1m^2 de surface filtrante et contenant 1kg de produit sec.

La résistance spécifique à la filtration est représentative pour les boues, elle est caractéristique de la matière, en particulier de la taille et de la configuration des éléments constitutifs et de la compressibilité de la boue. [28]

II.5.1.4. Le coefficient de compressibilité d'une boue :

C'est la dépendance exponentielle entre la résistance à la filtration et la pression de filtration.

La valeur de la résistance spécifique à la filtration augmente avec la pression appliquée.

L'établissement du degré de compressibilité d'une boue, est donc l'étude de sa filtrabilité. [28]

II.5.1.5. Le pouvoir calorifique :

La teneur en matière organique des boues leur confère une aptitude à la combustion, ce qui permet de les incinérer.

On peut définir deux pouvoirs calorifiques :

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

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

Ces deux pouvoirs calorifiques s'expriment en kilocalories par kilogramme de boue ou de matières volatiles (Kcal/kg de MV). [28]

II.5.1.6.Consistance de la boue :

La consistance de la boue est critère essentiel pour le stockage, l'homogénéisation, la manutention et l'enfouissement, etc. Cette consistance est liée à l'état physique de la boue. Cependant quatre états physiques sont généralement définis en tenant compte de la siccité :

- Boue liquide dont la siccité est de 0 à 10%.
- Boue pâteuse dont la siccité est de 12 à 25%
- Boue solide pour une supérieure à 25%
- Boue sèche pour une siccité supérieure à 85% [28]

II.5.1.7.Les facteurs caractérisant la structure des boues :

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

a. La viscosité apparente :

Les suspensions boueuses ne sont pas des liquides newtoniens. La valeur trouvée pour la viscosité est relative, elle dépend de la contrainte de cisaillement appliqué.

Une viscosité est considérée comme une mesure de l'intensité des forces inter particulières. Elle permet d'évaluer le caractère thixotropique d'une boue.

b. Nature de l'eau contenue dans la boue :

L'eau présente 95% de la masse de la boue. Dans une boue urbaine elle est sous deux états :

- l'eau libre, assez facilement éliminable par filtration ou décantation,
- l'eau liée ou combinée comprenant : l'eau d'hydratation colloïdale, l'eau capillaire, l'eau cellulaire et enfin l'eau chimique liée. Cette eau ne peut être éliminée que par la chaleur (conditionnement thermique, séchage ou incinération).

c. La granulométrie :

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

L'analyse granulométrie s'effectue jusqu'à 80µm par tamisage du matériau par voie sèche ou par voie humide. [28]

II.5.2. Les paramètres chimiques :

II.5.2.1.L'acidité des boues (pH) :

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

Dans le cas de boues digérées par voie anaérobie la fermentation étant alcaline, le pH doit être proche de la neutralité. Une chute en dessous de 6,5 indique un déséquilibre de la digestion. En cas de stabilisation aérobie, le pH sera acide.

II.5.2.2.La demande chimique en oxygène (DCO) :

C'est la quantité d'oxygène en g/l qui est consommé pour les matières oxydables dans les conditions d'essai. Ou bien c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique des matières organiques et des matières minérales oxydables.

L'analyse de la DCO permet d'apprécier la quantité de matières organiques dans les boues et éventuellement leur possible fermentation.

II.5.2.3.La demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO₅) :

C'est la quantité d'oxygène consommé par boue en 5 jours, dans des conditions définies par l'oxydation biologique des matières organiques et/ou inorganiques contenues dans la boue. La DBO₅ est représentative de la pollution organique biodégradable.

II.5.2.4.Le phosphore total (PT) :

Le phosphore, comme l'azote et la potasse, fait partie des éléments majeurs nécessaires à la croissance végétale, et dont l'utilisation par la plante n'est possible que sous forme minérale.

Il se trouve sous forme soluble dans les particules inorganiques ou dans les microorganismes. [28]

II.5.2.5.L'azote total Kjeldahl (NTK):

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

II.5.3. Les paramètres biologiques :

- **Les bactéries :**

On dénombre de très nombreux types de bactéries dans les boues ; une partie de celles-ci est d'origine fécale et certaines proviennent de porteurs de germes, elles peuvent donc être pathogènes.

- **Les virus :**

On trouve des entérovirus, des adénovirus et des réovirus adsorbés sur les matières solides des boues dans une proportion non négligeable sur environ 30% des échantillons de boues. Leur élimination n'est pas facile à mener à bien mais selon l'utilisation ultérieure des boues il faut s'en préoccuper. [29,30]

- **Les parasites :**

On trouve des très nombreux parasites dans les boues , d'origine fécale ou tellurique ce sont des œufs d'ascaris , de trichocéphales , d'helminthes , de ténia ou de douves ou des formes enkystées de trichomonas .Leur élimination est d'autre plus difficile que ces parasites prennent une forme végétative dans des conditions qui leurs sont hostiles alors qu'ils se développent lorsqu'ils se retrouvent dans les animaux à sang chaud ou chez l'homme. [29,30]

- **Les champignons :**

Ce sont essentiellement les levures et les saprophytes normalement présents dans l'air, ils ne sont généralement pas pathogènes pour les animaux et les hommes sauf pour certains qui peuvent le devenir lorsque les conditions sont défavorables en particulier opportunistic fungi, par contre certaines moisissures sont phytopathogène et doivent être éliminées avant l'utilisation des boues en agriculture comme par exemple fusarium ou les dématiés. [29]

- **Les algues :**

On trouve peu dans les boues primaire et secondaire par contre dans le lagunage naturel une grande partie des boues est constituée de détritus d'algues. [29,30]

II.6. Les métaux lourds dans les boues :

II.6.1. Définition :

Le terme usuel « métaux lourds » désigne des éléments présents à l'état naturel, à des concentrations inférieure à un pour mille dans le sol. Le terme réglementaire est élément trace car il peut s'agir de métaux (cadmium, cuivre, mercure, plomb, etc...) ou des éléments non métalliques (arsenic, fluor, etc.)

Tous les métaux lourds sont toxiques à forte concentration. Le quart de contamination par les métaux lourds est dû aux ordures ménagères (piles au cadmium, batteries, plomb, cuivre et zinc des pesticides, etc....)

II.6.2. L'importance des métaux lourds dans les boues :

L'importance des métaux lourds dans les boues dépend bien évidemment avant tout de l'importance des métaux lourds dans les eaux entrant en station, issues elles-mêmes de quatre origines:

- Les activités domestiques, issues des produits médicaux et de nettoyage, ainsi que des piles usagées.
- L'activité urbaine, avec la corrosion des conduites d'eau, le ruissellement des eaux de pluie sur les toits et les chaussées.
- L'activité commerciale ou artisanale (garages, cabinets dentaires, laboratoires.....)
- L'activité industrielle.

L'importance des métaux lourds est surtout liée aux effectifs (taille de la population raccordée au réseau (assainissement), et au type d'activités. Les deux secteurs déterminants sont l'activité industrielle (notamment la chimie, la papeterie....) et l'activité artisanale.

L'influence de l'activité domestique : des rejets importants peuvent rendre nécessaires des mesures correctives auprès industriels et artisans concernés. Les éléments traces évoluent sous trois états physiques :

- l'état particulaire (matières solides décantables)
- l'état colloïdal (matières solides non décantables)
- l'état dissous (45 à 70% du plomb, zinc, du cadmium, du chrome, se trouvent à l'état dissous dans les eaux usées, et sont par conséquent difficilement éliminables)

A l'issue du traitement des eaux, les éléments traces se retrouvent dans leur grande majorité (70 à 90%) dans les boues produites, et pour la partie restante, dans les eaux épurées. La rétention dans les boues dépend des métaux. [31]

II.6.3. Les valeurs limites des traces métalliques :

Suivant la réglementation française : texte à la valorisation agricole des boues urbaines : (n°97-1133-arrêté-10. Du 30 juin 1998). Ces valeurs limites sont faites, elles sont présentées dans le tableau N°2

Tableau N°2: Les valeurs limites des traces métalliques [31].

Elément traces métallique	Valeur limite dans les boues (0.5mg/kg) de MS
Cadmium	20
Chrome	1000
Cuivre	1000
Mercure	10
Nickel	200
Plomb	800
Zinc	3000
Chrome + Cuivre + Nickel + Zinc	4000

II.7. Les procédés de traitement des boues :

II.7.1. Définition :

La définition de la filière de traitement des boues doit prendre en compte les caractéristiques de la boue et les objectifs à atteindre. Il est en particulier essentiel de prendre en considération les nuisances occasionnées par le stockage et le traitement des boues notamment les odeurs, l'interdiction prochaine de lis en décharge des boues éliminera nécessairement certaines filières qui sont aujourd'hui les plus communes. [21]

II.7.2. Procédés biologiques :

II.7.2.1 Stabilisation :

Le but de la stabilisation des boues est d'empêcher la formation de matière organique des boues, en les dégradant par voie biologique ou en inhibant toute activité microbiennes par addition de chaux pour maintenir un pH supérieure à 12. La stabilisation des boues par des procédés biologiques peut être réalisée par digestion anaérobie ou par aérobie.

Les dégestions aérobie et surtout sont actuellement les procédés de stabilisation des boues les plus utilisés. [22,18]

II.7.2.1.1. Stabilisation aérobie :

Elle consiste en une oxydation prolongée des boues fraîches dans un fermenteur continu, sans recyclage de biomasse et à fort temps de résidence (de l'ordre de 10 jours).

Durant ce séjour prolongé les microorganismes passent évidemment en phase endogène après avoir épuisé toutes leurs réserves. La proportion d'organismes encore vivants devient très faible. Une partie notable des matières organiques, par le jeu de remétabolisations et relargages successifs, est transformée en CO_2 durant les phases de croissance secondaires. [23,18]

II.7.2.1.2. Stabilisation anaérobie :

La digestion anaérobie (ou fermentation méthanique) est un procédé de traitement biologique qui se réalise par la transformation de la matière organique en méthane et gaz carbonique par un écosystème microbien en anaérobie complexe. Les flux " matière " passent par de nombreux intermédiaires et leurs transformations sont généralement regroupées en trois phases hydrolyse et acidogènes, a cétogénèse, méthanogènes. Cette réaction microbienne, présent naturellement dans des milieux aquatique, peut être utilisée pour produire de l'énergie (sous forme de méthane) à partir de résidus organiques. Dans les pays industrialisés, elle est surtout utilisée comme procédé de dépollution des eaux usées. Cette stabilisation consiste en une fermentation continue anaérobie, sans recyclage de biomasse, réalisées dans des fermenteurs clos permettre la récupération des métabolites gazeux produits. [33, 34,35]

II.7.2.1.3. Stabilisation chimique :

La stabilisation chimique bloque simplement l'activité biologique donc l'évolution de la boue, et ce par adjonction d'une quantité importante de chaux (10 à 15 % de la matière sèche, en générale 30%) élevant le pH au-delà de 12, c'est le chaulage.

Le chaulage nécessite généralement une déshydratation préalable des boues, sauf dans le cas du filtre-pressé où un lait de chaux est mélange aux boues liquides. Les boues chaulées obtenues sont de structure pâteuse ou solide.

La stabilisation par chaulage connaît un développement soutenu depuis plusieurs années en raison de son efficacité vis-à-vis de la maîtrise de nuisances olfactives et de l'intérêt des boues pour le chaulage des sols acides. [20]

II.7.2.1.4. Stabilisation thermique :

La stabilisation thermique des boues peut être réalisée par :

- La pasteurisation des boues qui consiste à maintenir les boues par injection de vapeur à une température, de l'ordre de 80°C durant un demi-heures environ, les boues sont ainsi désinfectées mais non stérilisées, mais cela est suffisant pour utilisation agricole, par contre la stabilisation n'est pas parfait et les risques de fermentation existent, les virus sont aussi éliminées par ce procédé.
- Le séchage thermique partiel ou poussé, à une température de 80 à 100°C ;
- Cuisson dans des autoclaves (180 à 200°C) induisant une destruction totale des germes. [20,15]

II.7.3. Procédé physico-chimiques :

II.7.3.1. L'épaississement :

Les boues en excès sont prélevées au fond du décanteur secondaire. En général dans ce type d'ouvrage les boues ne sont concentrées que d'un facteur 2 ou 3 la concentration des boues extraite de décanteur et en générale comprise entre 10 et 15g de MES/L. A ce stade. Les boues contiennent donc plus de 98% d'eau, la première phase de traitement va donc consister à concentrer les boues issus de la décantation secondaire afin de diminuer leur volume et réduire la taille des installation suivants éventuellement utilisées dans le cas de la mise en place d'une filière du traitement des boues très complexe.

L'épaississement doit être réalisé principalement par les trois procédés suivants :

II.7.3.1.1. Epaississement statique :

Par décantation naturelle des boues dans des cuves (cylindrique le plus souvent) ou silos à boues. Le taux de décantation dépend de type de boue traitée.

II.7.3.1.2. Epaississement par flottation :

L'épaississement grâce à la flottation par l'air dissous se répand de plus en plus et s'applique particulièrement aux boues à floccs légers et volumineux (hydrophile) comme c'est le cas des boues activées.

II.7.3.1.3. Epaississement par drainage :

Sur des grilles, ou des tambours ou des poches filtrantes après ajoute d'un produit flocculant. [22]

II.7.3.2. Déshydratation :

Les procédés de déshydratation mécanique ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie. Une floculation préalable est nécessaire pour rompre la stabilité colloïdale de la suspension et augmenter la taille des particules.

Elle doit être réalisée par les procédés suivants : [24]

II.7.3.2.1. Centrifugation :

La centrifugation est appliquée à la fois en épaississement et en déshydratation des boues résiduaires. Ce n'est autre que l'accélération de la sédimentation des particules sous l'incidence de force centrifuges. [25,20]

II.7.3.2.2. Filtration sous vide :

La filtration sous vide est une des méthodes les plus courantes de déshydratation des boues d'eaux résiduaires. La filtration sous vide déshydrate une suspension par application du vide à travers un milieu poreux qui retient les matières solides mais permet au liquide de la traverser. Les média filtrants utilisés sont des tissus, des tamis métalliques ou des ressorts à boudins très serrés. [25,20]

II.7.3.3.3. Filtration sous pression :

La filtration sous pression est applicable à presque toute espèce de boue de traitement d'eau ou d'eau résiduaire. Dans le filtre-pressé, la boue est pompée entre des plateaux munis d'une toile filtrante. [25,20]

II.7.3.3.4. Filtre à bande :

Dans un filtre à bande, les boues conditionnées sont soumises à une pression progressive sur toile filtrante constituant bande s'égoutte. Ensuite elle est pressée (2-5 bars). Enfin, elle subit des cisaillements de tous ordres. [23]

II.7.3.3.5 Séchage :

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elles contiennent ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente.

➤ **Le séchage thermique :**

Il repose sur deux méthodes : directe et indirecte. Le séchage direct consiste en une évaporation des boues par convection, via un fluide caloporteur. Le séchage indirect repose quant à lui en un échange de chaleur par conduction, via une paroi chauffée par un fluide caloporteur. En sortie, les boues se présentent sous forme de poudres ou de granulés, avec un taux de siccité pouvant atteindre 90 à 95%.

➤ **Les lits de séchage :**

Pour les petites stations de traitement d'eaux usées, la méthode la plus courante de déshydratation des boues est le séchage sur lit de sable avec ou sans couverture.

Les boues reposent sur un sol artificiel (lit) composé, de haut en bas, de deux couches :

Une couche de sable de 10 à 20cm d'épaisseur, sable dont la granulométrie varie de 0.5 à 1.5mm ;
une couche de gravillons, de granulométrie 15-25mm, dont l'épaisseur atteint 30cm.

Un système de drains au bas de cet ensemble assure l'évacuation des eaux.

Les boues sont épandues en couche de 20-30 cm et subissent ainsi l'effet de filtration de l'eau à travers le sable, et son évaporation à la surface. En région pluvieuse, il peut être utile de couvrir les lits, la couverture étant suffisamment surélevée pour d'une part, ne pas gêner l'évaporation, et d'autre part permettre l'évacuation des boues sèches. [25, 20,23]

II.7.3.3.6. L'incinération :

Elle réalise la destruction de la matière organique des déchets par combustion à haute température (plus de **500 °C**) produisant des fumées et des matières minérales résiduelles nommées cendres. Dans l'objectif d'une valorisation énergétique des déchets, la chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui-même, pour le chauffage urbain ou industriel. Les résidus de l'incinération (mâchefer) sont utilisables pour les travaux publics. [37]

Chapitre III

III.1. La floculation :

C'est le processus physico-chimique au cours duquel des matières en suspension dans un liquide s'agglomèrent pour former des particules plus grosses, généralement très poreuses, nommées floccs. Les floccs sédimentent généralement beaucoup plus rapidement que les particules primaires dont ils sont formés. [39]

III.2. La floculation dans la nature:

Les minéraux dissous (ions), la matière organique morte et les bactéries sont des flocculants naturels. Ainsi les argiles sont généralement flocculées dans les lacs et les cours d'eau.

Lorsque de l'eau douce chargée en argiles et autres particules fines entre en contact avec une masse d'eau salée (chargée en ions bivalents) il y a floculation de ces particules. Le phénomène est particulièrement flagrant dans les estuaires.

En agronomie , la floculation est la formation d'agrégats cimentés de colloïdes et de particules solides du sol par l'intermédiaire de ponts calciques. [39]

III.3. La Flocculation sur un polymère :

La flocculation sur polymère met en œuvre deux mécanismes le premier dit d'adsorption et un second appelé réticulation Les particules vont venir s'adsorber sur un polymère chimique (flocculant). Puis le polymère va s'enrouler sur lui-même créant ainsi un flocc qui grâce à un volume plus important et une masse plus grande va décanter. [39]

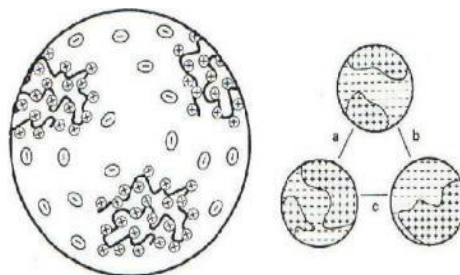


Figure N°2 : Disposition des chaines de polymère cationique sur une surface chargée négativement, et illustration des différents mécanismes d'interaction inter particulaires correspondant : A et B répulsions attraction. [40]

III.4. Adjuvants de floculation: « naturels »

III.4.1. Flocculants minéraux :

➤ Silice activée :

La silice activée a été le premier flocculant employé. Elle donne de bons résultats principalement quand elle est associée au sulfate d'aluminium en eau froide. Peu stable, elle est préparée juste avant utilisation par neutralisation partielle de l'alcalinité d'une solution de silicate de sodium. L'agent acidifiant est généralement H_2SO_4 , mais on peut aussi utiliser HCl , $NaHCO_3$, eau de chlore... Dans des conditions précises de pH et de concentration, l'acide silicique libéré $Si(OH)_4$ se polymérise par formation de liaisons $Si - O - Si$, conduisant d'abord à un dimère $(OH)_3 Si - O - Si(OH)_3$ puis à un polymère ionisé de formule générale : [41]

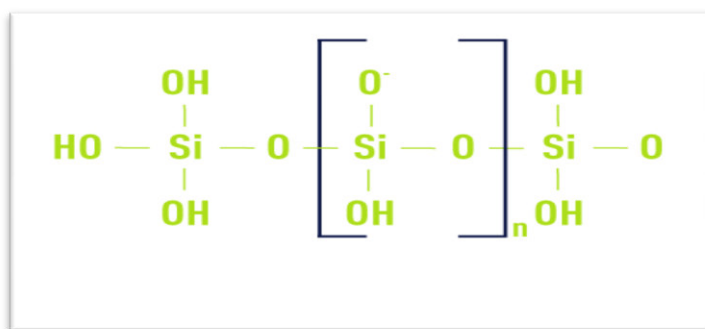


Figure N°3: Formule générale d'un polymère ionisé.

Le taux de traitement à mettre en œuvre est de $0,5$ à $4\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ exprimé en SiO_2 . [41]

➤ Silicoaluminate :

Acide, le sulfate d'alumine en solution peut être utilisé pour réaliser l'activation du silicate de sodium. On obtient alors un silicoaluminate polymérisé. Il existe aussi des produits commerciaux composites à effet coagulant et flocculant, fabriqués en incorporant de l'acide polysilicique dans un sel d'aluminium pour former, suivant le cas, un polysilicosulfate (PASS) ou un polysilicochlorure d'aluminium (PASIC). [41]

III.4.2. Flocculant organiques : (polymères naturels)

Ce sont des polymères naturels extraits de substances animales ou végétales.

➤ **Alginates :**

Les alginates de sodium sont obtenus à partir de l'acide alginique, lui-même extrait d'algues marines. Les constituants essentiels de cette structure polymérique sont l'acide mannuronique et l'acide guluronique. La masse molaire est de l'ordre de $2 \cdot 10^3$ à 10^4 D.

Les taux de traitement sont de 0,5 à $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. [41]

➤ **Amidons :**

Les amidons sont obtenus à partir de maïs, pommes de terre, tapioca ou extraits de graines végétales. Ce sont des polymères de glucopyranose ramifiés et non linéaires, parfois partiellement dégradés (OH^-) ou dérivés (carboxy-éthyl-dextrone). Ils sont appliqués entre 1 et $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, de préférence avec des sels d'aluminium.

Amidons et alginates sont des produits solides qui doivent être préparés en solution à une concentration de 5 à $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Une fois dilués, leur biodégradation peut être rapide, surtout à plus de 20°C . [41]

➤ **Autres composés :**

Plusieurs polysaccharides naturels ont des propriétés flocculantes (dérivés de la cellulose, gommes, tanins,). [41]

III.4.3. Flocculant organiques de synthèse : (polymères)

Ce sont des macromolécules à très longue chaîne obtenues par polymérisation de monomères synthétiques, dont certains possèdent des charges électriques ou des groupements ionisables. Ce sont des produits à très haute masse molaire (10^6 à 10^7 D) qui ont permis d'atteindre des performances (taille, solidité, densité des floes) remarquables, généralement très supérieures à celles des polymères naturels. [41]

➤ **Classification :**

Elle s'effectue suivant l'ionocité du polymère.

• **Anioniques :**

Ce sont généralement des copolymères de l'acrylamide et de l'acide acrylique. [41]

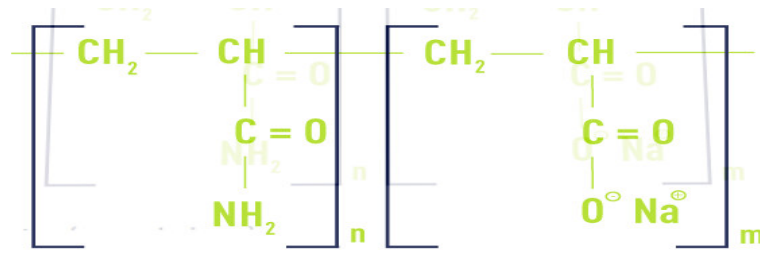


Figure N°4 : Formule générale d'un polymère anionique.

- **Neutres (ou non-ioniques) :**

Ce sont essentiellement des polyacrylamides. [41]

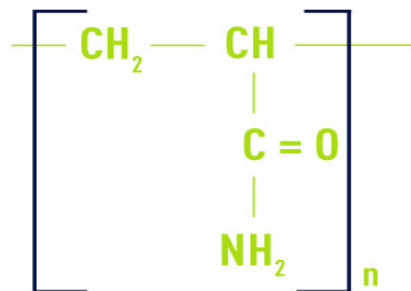


Figure N°5 : Formule générale d'un polymère neutre.

- **Cationiques :**

Ce sont des copolymères d'acrylamide et d'un monomère cationique à N quaternisé et chlorométhylé, généralement le MADAM (Méthacrylate de diméthylamino-éthyle) ou l'ADAM (Acrylate de diméthylamino-éthyle). [41]

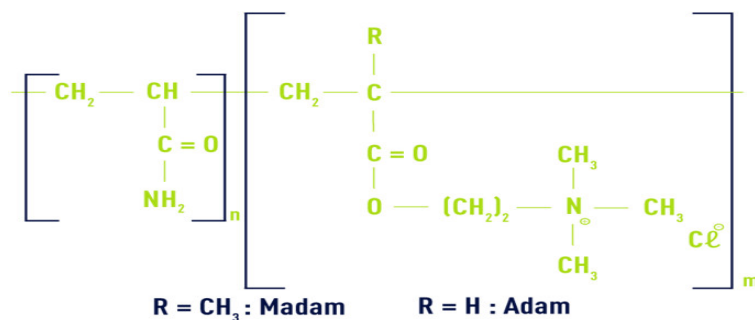


Figure N°6 : Formule générale d'un polymère cationique.

III.5. But de l'ajout des flocculants :

Le floc qui se forme par l'agglomération de plusieurs colloïdes peut ne pas être suffisamment large pour décantier ou pour se déshydrater à la vitesse souhaitée. L'utilisation d'un flocculant (un

polymère) est alors nécessaire. Il rassemble toutes les particules de floc dans un filet, construisant un pont d'une surface à l'autre et liant chaque particule pour former de vastes agglomérats. [43]

III.6. Les différents critères de sélection de polymère :

Les flocculants organiques sont caractérisés par quatre paramètres : le type de charge, la densité de charge, le poids moléculaire et la structure moléculaire. Ils permettent de réaliser simultanément les étapes de coagulation et de floculation des colloïdes. Ils sont communément appelés polymères. [41]

➤ Le type de charge (+ ou -) :

Qui est sélectionné en fonction du type de particule à capter :

Flocculant anionique (-) pour capter les particules minérales et cationique (+) pour les particules organiques. Pour traiter les boues produites en station d'épuration. [41]

La densité de charge :

Elle représente le pourcentage de charge (+) ou de charge (-) permettant d'obtenir la meilleure floculation au plus faible dosage et dépend du type de boue à conditionner. [41]

➤ Le poids moléculaire :

C'est à dire la longueur de la chaîne du flocculant, dépend de l'équipement utilisé lors de l'étape de déshydratation. [41]

-Pour les centrifugeuses : Un haut à très haut PM sera plus adapté au vu des forces de cisaillement s'exerçant sur les floes.

-Pour la filtration : Un faible à moyen PM sera suffisant pour l'obtention d'un égouttage correct.

➤ La structure moléculaire :

Elle sera sélectionnée en fonction des performances à atteindre en déshydratation. Pour les flocculant cationiques, il existe : [41]

- des structures linéaires : avec comme principales caractéristiques un faible dosage et de bonnes performances si le poids moléculaire est bien sélectionné.

- des structures ramifiées : avec comme caractéristiques un dosage moyen et d'excellentes performances en vitesse d'égouttage.

- des structures réticulées : caractérisées par un dosage élevé mais des performances exceptionnelles en égouttage et en résistance aux cisaillements. [41]

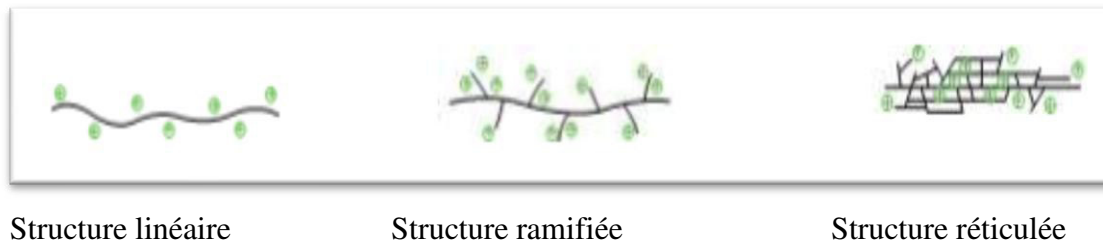


Figure N°7 : Les différentes structures moléculaires des polymères organiques.

➤ **La forme de polymère :**

Le polymère se trouve sous trois formes : émulsion, liquide ou en poudre. C'est sous forme d'émulsion et de poudre que le polymère est vendu le plus fréquemment. La production du polymère sous ces deux formes est différente. La poudre présente l'intérêt d'être plus concentrée en matière active (MA, soit la quantité de polymère efficace) que l'émulsion. Cette concentration en MA est estimée à environ 45% pour l'émulsion et 95% pour la poudre (ce sont les valeurs que nous garderons par défaut dans la suite du mémoire). On estime par ailleurs qu'une même quantité de polymère coûte environ 50% plus cher lorsqu'il est acheté en poudre. [41]

III.7. Domaines d'application:

➤ **Eaux de surface :**

En clarification, le flocculant de synthèse est utilisé en combinaison avec un coagulant. Le meilleur polymère est généralement un anionique, beaucoup plus rarement un non-ionique ou un très légèrement cationique.

Un dosage de $0,05$ à $0,5\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ est usuel. Dans certains cas particuliers d'eaux chargées (débourbage), on peut utiliser jusqu'à $2\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ de polymère. [41]

➤ **Eaux résiduaires industrielles :**

Pour un traitement avec coagulant minéral, un polymère anionique est en général employé jusqu'à $2\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Dans certains cas particuliers (traitements de surface, sidérurgie, lavage des gaz), un polymère coagulant-flocculant cationique seul est souvent mieux adapté ($0,5$ à $5\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).Eaux résiduaires urbaines (traitements physico-chimiques).

En association avec un coagulant minéral, le meilleur flocculant est en général de type anionique. Quand seule l'élimination des MES est recherchée, un flocculant synthétique peut être utilisé seul. [41]

➤ **Déshydratation des boues :**

La filière de traitement que suivent ces boues a pour objectif de réduire leur volume. Par l'ajout des flocculant à la boue.

Les flocculant cationiques sont généralement adaptés au traitement des boues organiques. Les boues à caractère minéral nécessitent des flocculant anioniques. La consommation est comprise entre 0,5 et 10kg de polymère par tonne de matière sèche. [41]

III.8. Choix des polymères dans la déshydratation :

On utilise très peu les polymères naturels (amidon, 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 flocc volumineux (plusieurs millimètres), bien différenciés dans une eau interstitielle clarifiée.

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. [42].

III.9. Les type des polyélectrolytes utilisés selon le conditionnement de boues :

III.9.1. Les polyélectrolytes cationiques :

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 10kg/tonne de matières en suspension. [42]

III.9.2. Les polyélectrolytes anioniques :

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 2kg/tonne de matières en suspension.

Pour un mélange de boues organiques et de boues minérales, l'ionité du polyélectrolyte peut varier en fonction du rapport de coprésence. L'association de deux polyélectrolytes anioniques et cationiques injectés séparément permet, sur certaines boues, de réduire le coût global de l'épaississement ou d'obtenir une floculation plus efficace.

En outre, pour certaines applications (déshydratation sur filtre-pressé par exemple), le polyélectrolyte peut être associé à un sel métallique. On obtient ainsi une précoagulation au sel ferrique et, ensuite, la constitution d'un floc moins hydrophile à l'aide du polyélectrolyte. [42]

III.10. Doses de polymère à employer :

Elles dépendent bien sûr de la nature des boues à filtrer, mais également de l'efficacité désirée. Pour l'exploitation correcte des filtres, les surdosages sont inutiles, n'améliorant que peu les résultats. Mais, il est nécessaire de respecter un dosage minimal pour obtenir une filtrabilité suffisante. Pour cela, on peut déterminer par des essais simples de laboratoire les doses correctes nécessaires. En général, la présence dans une boue de fibres ou matières denses minérales conduit à des doses moindres de réactifs, tandis qu'une forte proportion de matières organiques protidiques agit en sens inverse. [42]

Chapitre IV

IV.1. La station d'épuration de Réghaia :

La station d'épuration de Réghaia a pour but d'épuration des effluents domestiques et industriels issue des différentes communes raccordées et différents activités industrielles, indiqué dans le tableau N°3. L'activité industrielle génère des effluents aqueux chargés en éléments métalliques toxiques à des concentrations variables, et rejetés quelquefois sans traitement. Ainsi, la pollution des eaux par les métaux lourds suscite actuellement une grande inquiétude quant à la qualité de l'eau et de l'environnement.

IV.1.1. Localisation de la STEP :

La station d'épuration de Réghaia situé environ **35 km** au sud d'Alger, elle est limitée Au Nord par Lac de Réghaia ; Au Sud par un terrain agricole et la route national **RN24**, Réghaia; a l'Est par une zone d'habitation (Cité Djafer Chebcheb) et A l'Ouest par une zone d'habitation (Cité H'raoua).

Les coordonnées géographiques de la station :

- Altitude moyenne : **16 m** ;
- Latitude: **36°45'31.7'' Nord** ;
- Longitude : **3°20'16.3'' Est**.

IV.1.2. Principe de fonctionnement :

La station d'épuration de Réghaia a été construite en deux (02) parties, la première relative au traitement primaire réalisée par le DEGREMET et mise en service en **1997** et la seconde partie a complété le traitement par une filière biologique et un traitement tertiaire, mise en service en **2008** pour traiter un débit moyen de **80 000m³/j**. La station d'épuration de Réghaia est de type boues activées fonctionnant en faible charge associée à une dénitrification en tête et à une déphosphatation simultanée par injection du chlorure ferrique, prévue pour **400 000** équivalents habitants.



Figure N°8 : Vue générale de la station d'épuration de Réghaia.

IV.1.3. Alimentation et qualité des eaux usées brutes :

La station d'épuration de Réghaia traite les eaux usées urbaines et industrielles générées par les communes données dans le tableau N°3.

Tableau N°3 : Les communes qui alimentent la STEP de Réghaia

Commune	Nature de réseau
Rouïba	Unitaire
Réghaia	Unitaire
Heuraoua	Unitaire
Bordj el Kiffan	Unitaire
Bordj el Bahri	Unitaire
Ain-Taya	Unitaire
El marsa	Unitaire

IV.1.4. Réseau de collecte (assainissement) :

Un réseau de collecte est composé :

- d'un réseau de canalisations et accessoires hydrauliques
- postes de relèvement
- branchements
- éventuellement de siphons sous rivière, de déversoirs d'orage (pour les réseaux unitaires) de bassins tampons (pour les réseaux unitaires).

Ces eaux sont acheminées à la station par trois (03) postes de relevages :

- Poste de relevage Heuraouia **PR 74** ;

- Poste de relevage DNC **PR 75** ;
- Poste de relevage Chebcheb 1 et 2 **PR 88**.

Le réseau d'acheminement des eaux usées est de type unitaire acheminant les eaux usées urbaines et industrielles vers l'entrée de la station.

IV.2. Capacité de la Station d'épuration :

IV.2.1. Débit à traiter :

Le tableau ci-dessous résulte la quantité des eaux usées arrivant à la station.

Tableau N°4 : Caractéristiques des débits entrant à la STEP.

Débit moyen journalier	80 000 m3/j
Débit moyen horaire	3 333 m3/h
Débit de pointe de temps sec	5 022 m3/h
Débit de pointe de temps de pluie	8 118 m3/h

IV.2.2. Pollution à traiter :

La station d'épuration de la ville de Réghaia permet de traiter la pollution de **400.000** Equivalents Habitants, avec un quotidien de :

- **MES** : La matière en suspension (**249.52 mg/l**) soit **19 960 kg/jour** ;
- **DBO5** : La demande biologique en oxygène (**197.52 mg/l**) soit **15 800 kg/jour**;
- **DCO** : La demande chimique en oxygène (**357.03 mg/l**) soit **28 560 kg/jour** ;
- **NGL** : L'Azote (**24.50 mg/l**) soit **1 960 kg/jour** ;
- **PT** : Le phosphore (**6.75 mg/l**) soit **540 kg /jour**.

IV.3. Description des installations :

Au niveau de la STEP de Réghaia, le traitement porte sur deux filières, à savoir la filière eau et filière boues.

La station est équipée également d'un laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau permettant d'évaluer les performances épuratoires de la STEP.

IV.4. Filière eau :

Les eaux usées sont acheminées de la tête de station vers le canal venturi pour quantifier le volume journalier. Le comptage du débit se fait par mesure de hauteur d'eaux par deux sondes ultrasons en amont de deux canaux venturis.

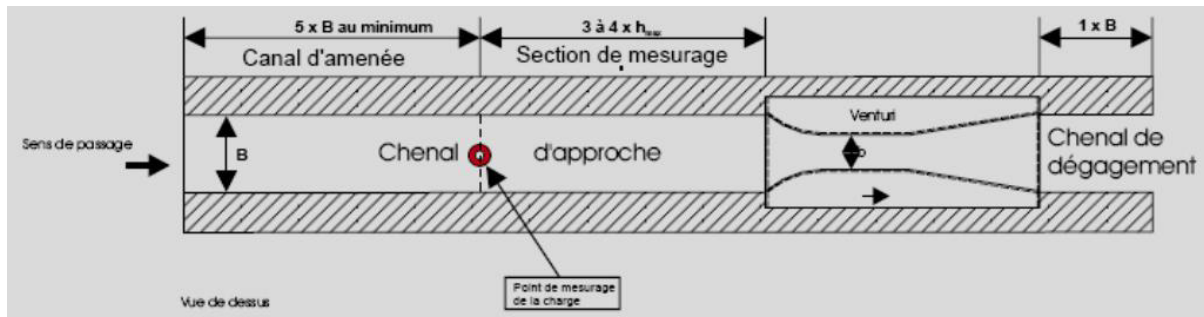


Figure N° 9 : Schéma du canal venturi (l'ouvrage de comptage).

Tableau N°5 : Les données de l'ouvrage de comptage.

Caractéristiques	Description
Débit maximum	9 360 m ³ /h
Nombre de canaux	2
Hauteur max	2.05m
Longueur des canaux	17.4m
Largeur d'un canal	1.25 m
Hauteur d'eau max	0.9 M

➤ Le déversoir d'orage de la station est installé à l'amont de celle-ci qui déverse surplus du débit admissible. La hauteur de la lame de débordement sera adaptée pour accepter une charge de 3333 m³/h. Le bassin d'orage de 4000 m³ est équipé de deux pompes submersibles (180 m³/h) et quatre agitateurs et un déversoir vers le canal de BYPASS en cas de trop plein.

IV.4.1. Les prétraitements :

IV.4.1.1. Dégrillage :

Un dégrillage grossier a été déjà assuré dans les stations de relevage. Deux dégrilleurs automatiques sont montés dans les canaux, chacun est composé d'une grille courbée en acier galvanisé à nettoyage automatique par un peigne rotatif diamétral. Un contacteur à flotteur monté

en amont enclenche le nettoyage du champ de grille. Les caractéristiques du dégrilleur automatique sont données dans le tableau N°6.

Tableau N°6: Caractéristiques de dégrilleur automatique.

Dégrilleur automatique	
Nombre d'unité	02
Espace entre barreaux	20mm
Profondeur	1.5m
Largeur	1m



Figure N°10 : Le dégrilleur automatique.

En cas d'arrêt des dégrilleurs, les eaux sont dirigées vers un dégrilleur manuel de secours à champ plat dont les caractéristiques sont données dans le tableau N°7. Les refus sont envoyés vers une benne de stockage au moyen d'un tapis roulant.

Tableau N°7 : Caractéristiques de dégrilleur manuel.

Dégrilleur manuel	
Nombre d'unité	01
Profondeur	1.5m
Largeur	1m
Espace entre barreaux	30mm

IV.4.1.2. Dessableur – dégraisseur (déshuileur) :

Après l'élimination des déchets solides, les effluents sont ensuite admis dans trois ouvrages pour subir une élimination combinée des graisses par flottation et des sables par sédimentation. Ces

ouvrages sont de type longitudinal à deux compartiments. Le sable décante dans la partie inférieure des canaux. Le mélange eau / sable est relevé au moyen d'air lift et est envoyé vers une goulotte. L'extraction du sable se fait soit par une vis d'Archimède soit par un classificateur à sable. Dans le dernier tiers en aval, chaque canal est équipé de trois aérateurs mécaniques immergés, produisant des micros-bulles d'air particulièrement favorables à la flottation des graisses. Ces derniers sont poussés par des racleurs vers une goulotte de récupération puis dans une fosse de stockage. Les caractéristiques du dessableur sont représentées dans le tableau N°8.

Tableau N°8 : Caractéristiques de dessableur.

Dessableur – déshuileur	
Nombre de canaux 3	3
Largeur 4m	4m
Longueur 28m	28m
Profondeur 3.6m	3.6m
Suppresseurs	d'air 3 x 540 m³/h, pression de 0.3 bar (2+1 de secoure)
Air lift	3 X 55m³/h
Charge hydraulique au débit moyen 24h	9.9m³/m²/h
Temps de séjour au débit moyen 24h	12 mn



Figure N°11 : Le dessableur / déshuileur.

IV.4.2. Traitement primaire (décantations primaire):

A la sortie de l'ouvrage de dessablage-dégraissage, les effluents prétraités sont dirigés vers deux décanteurs primaires dont les caractéristiques sont mentionnées dans le tableau N°9, l'alimentation du décanteur circulaire se fait en partie centrale. Une jupe de répartition assure une équi-répartition du volume sur l'ensemble de surface. Elle consiste à éliminer la matière en suspension qui décante

au fond du bassin, constituant les boues primaires. Ces dernières sont récupérées ensuite par raclage du fond du bassin puis acheminées vers la filière boues par deux pompes d'une capacité de **150 m³/h**. Cette étape assure un rendement d'élimination de **60%** en **MES**, **30%** en **DCO** et **DBO** et **12%** en phosphate.

Tableau N°9 : Caractéristiques de décanteur primaire.

Décanteurs primaire	
Nombre d'unité	02
diamètre intérieur 42m	42m
hauteur d'eau cylindrique	2.6m
profondeur d'eau au centre de l'ouvrage	5.22m
surface utile	1385m ²
volume de l'ouvrage	4259m ³
Vitesse ascensionnelle au débit moyen :	120m/h
Temps de séjour au débit moyen	2.56h



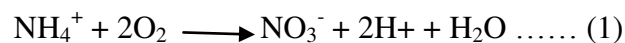
Figure N°12 : Le décanteur primaire.

IV.4.3. Traitement secondaire :

Le traitement secondaire comprend deux phases: le traitement biologique et la clarification qui permettent l'élimination de la matière dissoute dans l'eau (minérale et organique) et le dégazage de l'azote.

IV.4.3.1. Traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées dépend des activités biologiques comprenant les procédés de boues activées qui ont lieu dans deux **(02)** bassins d'aération dans lesquels circule la liqueur mixte. L'aération et le brassage sont assurés par des turbines de surface à axe vertical et à vitesse lente (aérateurs de surface). Les bactéries présentes dans les eaux usées jouent un rôle dans la dégradation de la matière polluante dissoute dans l'eau. Pour accélérer cette opération, on doit créer les conditions de vie convenables pour leur prolifération. au niveau de chaque bassin d'aération dans des conditions aérobie par des microorganismes autotrophes, faite la nitrification d'azote ; cette dernière est faite par l'oxydation de l'ammoniaque (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-). La nitrification se fait selon la réaction suivante :



Le tableau N°10 englobe les caractéristiques des bassins biologiques. Chaque bassin est équipé par trois **(03)** aérateurs de surface avec un Diamètre de la turbine de **2900 mm** ; Capacité d'oxygénation **207 kg d'O₂/h** ; Capacité standard d'aération **2,2 kg d'O₂ /kWh** et une Puissance d'aérateur de **110 kW/h**

Tableau N°10: Caractéristiques des bassins biologiques.

Bassin d'aération	
Nombre d'ouvrage	02
Longueur	46.3 m
Largeur	46.3 m
Hauteur d'eau	5.86 m
Revanche	0.70 m
Retour des voiles	6.65m
Age de boues	9.1 jours
Volume réservé pour la dénitrification	25 %
Volume de chaque bassin	11866 m3

La dénitrification est le processus dans lequel des bactéries hétérotrophes réduisent l'azote nitrique en azotes gazeux et cela en phase d'anoxie. En absence d'oxygène dans une partie du bassin d'aération dite « zone d'anoxie » et en présence de nitrates, d'autres microorganismes se développent, appelés « bactéries dénitrifiantes» qui servent à la dégradation des charges azotées et à la production d'azote gazeux. $\text{NO}_3^- + 6\text{H}^+ + 3\text{e}^- \longrightarrow \frac{1}{2}\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \dots\dots (2)$

Pour traiter la charge azotée, la liqueur mixte doit être recirculée vers le bassin d'anoxie directement à partir du bassin d'aération. Un agitateur submersible fonctionne en continu pour éviter tout dépôt de boues dans le fond du bassin. Le tableau N°11 récapitule les caractéristiques du bassin d'anoxie.

Tableau N°11: Caractéristiques de bassin d'anoxie.

Bassin d'anoxie (carrée)	
Nombre de bassin	02
Volume du bassin d'anoxie :	4445 m³
Pompe de recirculation interne	1667 m³/h
Agitateur submersible de la zone d'anoxie de chaque bassin	
Vitesse du moteur	1500 tr/mn
Vitesse de l'hélice	244 tr/mn
Puissance de l'agitateur :	10kw



Figure N°13 : Le bassin biologique.

La dephosphatation chimique consiste à ajouter du chlorure ferrique dans la solution phosphorée pour faire précipiter un sel de phosphore très insoluble qui est ensuite séparé de la phase liquide. Les pompes doseuses injectent le réactif en sortie du bassin d'aération pour un meilleur mélange à raison d'une pompe par bassin. Le dosage des réactifs dépend des caractéristiques de l'effluent à traiter (pH, concentration en phosphore, dureté de l'eau...). Trois (03) pompes doseuses d'un débit de **350 l/h** (2 en marche+1 en secours) sont utilisées et une pompe de transfert d'un débit de **10 m³/h** est utilisée pour le remplissage de la cuve de stockage d'une capacité de 25m³. Le bassin de rétention de la cuve de stockage du FeCl₃ possède les dimensions suivantes : 5m x 5m x 1,2 m.

IV.4.3.2. Décanteur secondaire (Clarificateur) :

Le clarificateur est un ouvrage circulaire de base cylindro-conique, il assure la séparation de phases boues / eau traitées après le traitement biologique d'une part et la concentration des boues en vue de leur recirculation / extraction d'autre part. Les eaux clarifiées sont reprises dans une double goulotte en partie supérieure pour être rejetées dans le milieu récepteur ou envoyées vers les filtres à sable pour le traitement tertiaire. Les données concernant le clarificateur sont représentées dans le tableau N°12.

Tableau N°12 : Caractéristiques de clarificateur.

Décanteur secondaire	
Nombre d'ouvrage	03
Volume unitaire approximatif	9200m³
Hauteur d'eau à 9.7 m de la périphérie	3.8m
Diamètre de la jupe de tranquillisation	9.2m
Longueur totale de débordement	346 m
Débit de surverse au débit de pointe	5.1m³/h
Vitesse ascensionnelle	1.05m/h avec un décanteur à l'arrêt
Diamètre des décanteurs	58m
Surface unitaire	2640 m²
Extraction des boues secondaires	2 pompes de 100m³/h
Recirculation des boues secondaires	3 pompes de 2222 m³/h



Figure N°14 : Le Clarificateur.

IV.4.4. Traitement tertiaire (filtration sur sable) :

Les eaux traitées biologiquement et ayant subi la décantation secondaire subissent une filtration sur sable afin de réduire la contamination microbiologique et notamment les œufs d'Helminthes. L'admission de l'eau sur chaque filtre se fera par l'intermédiaire d'une vanne murale

de dimensions **500 X 500 mm** à commande électrique. Après le passage de la vanne, l'eau se déversera dans les filtres. Les déversoirs ont pour but d'assurer une répartition régulière sur chaque filtre. Les filtres sont de type WABAG et ont les dimensions suivantes mentionnées dans le tableau N° 13.

Tableau N°13: Caractéristiques des filtres à sables.

Filtre à sable	
Nombre de filtres	06
Longueur d'un filtre	13 m
Largeur	6.5 m
Vitesse maximale de filtration	10 m/h
Taille effective de sable (granulométrie)	0.95mm
Les buses largeur de fente	0,4 mm
Hauteur du matériel filtrant	1,5 m
Hauteur de l'eau au-dessus du filtre	2m
Pompes de relevages des eaux épurées	04 X 1850 m3 / h



Figure N°15 : Le filtre à sable.

IV.5. Filière boue :

Le traitement des boues vise deux principaux objectifs, la réduction de volume et du pouvoir fermentescible, il existe déférent filière mais l'objectif reste le même.

IV.5.1. Épaississement des boues :

L'épaississement consiste à réduire le volume de boues et l'augmentation de leur concentration par gravité. Les boues alimentent l'ouvrage au centre et se précipitent au fond de l'ouvrage sous l'effet de la gravité, tandis que le surnageant récupéré au niveau de la goulotte rejoint le poste toutes eaux (récupéré les eaux et pomper vers la tête de la station). Il existe deux (02) épaississeurs de forme circulaire ayant les dimensions données dans le tableau N°14.

Tableau N°14 : Caractéristiques des épaississeurs.

Epaississeur	
Nombre d'ouvrage	02
Diamètre intérieur	18m
Hauteur d'eaux cylindrique	3.5m
Pente du radier	15%
Diamètre d'alimentation centrale	1.4 m
Surface utile d'un épaississeur	216 m ²
Volume	1000 m ³
pompes de boues épaissies	2 x 28 m ³ /h

Pour les boues primaires, il faut alimenter l'épaississeur fermé à une concentration la plus faible possible et en continu. La limite maximale de concentration ne doit pas dépasser 5 g/L car elles sont très fermentescibles et peuvent commencer à fermenter dans les décanteurs primaires. L'épaississeur ouvert dédié aux boues biologiques est alimenté régulièrement à l'aide d'une matrice horaire paramétrée via la supervision. Les boues épaissies au fond de l'ouvrage sont menées vers les bassins de stockage.

IV.5.2. Stabilisation chimique des boues (chaulage) :

Le chaulage consiste à amener et maintenir un pH supérieur à 12. Le pouvoir fermentescible de la boue peut être diminué, au moins temporairement par l'adjonction de la chaux. Cette opération permet une inactivation des germes pathogènes. Le lait de chaux est transporté vers les jupes de tranquillisation des deux épaississeurs par deux conduites en polyéthylène haute densité (PEHD). Trois pompes doseuses dont une de secours assurent le dosage voulu. L'injection du lait de chaux dans les centrifugeuses est possible, selon le choix de l'opérateur. Cette opération est assurée par quatre pompes doseuses.



Figure N°16: Le Silo à chaux.



Figure N°17: La Cuve de préparation.

La station de préparation et du dosage de la chaux est constituée de :

- ✓ un silo à chaux de volume de **80 m³**, à fond conique de **60°** et **3 m** de diamètre, équipé d'une vis de dosage de chaux, un convoyeur de chaux, un détecteur anti bourrage et un injecteur de chaux dans la cuve de préparation
- ✓ Bac de préparation d'une capacité de **3 m³** avec un agitateur mélangeur, une électrovanne d'eau, un contrôleur de niveau et un débitmètre.
- ✓ 03 pompes de dosages d'un débit max de **300 l/h**, chaque pompe est munie d'un variateur de fréquence.
- ✓ 04 pompes de dosage d'un débit variant entre **100** et **700 l/h** (injection dans les 4 centrifugeuses).

IV.5.3. Stockage des boues :

Les boues mixtes peuvent être stockées avant leur envoi vers la centrifugation. Le stockage a pour but d'homogénéiser les deux types de boues produites au niveau de la STEP et ce par une agitation continue. Les bâches de stockages sont deux et leurs caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°15 : Caractéristiques des bâches de stockages.

Bâche de stockage	
nombre de bâches	02
Longueur	9.3 m
Largeur	9.3 m
Profondeur	5.1 m
Volume	441 m³
Un agitateur	434 tr/min
Puissance de l'agitateur	6.5 Kw
pompes d'alimentation	03 X 23.2 m³/h
Pompe d'extraction ver la centrifugation	04 X15 à 50 m³/ h



Figure N°18 : Les bâches de stockages.

IV.5.4. Conditionnement par l'ajout de polymère :

Afin de rendre possible la déshydratation des boues, l'ajout du polymère est indispensable pour leur floculation à l'intérieur des centrifugeuses. Le dispositif de préparation est constitué de trois cuves dont la première sert à dissoudre le polymère, la deuxième dite « cuve de maturation » dans laquelle le produit doit être agité sans cesse pour parfaire sa dissolution ensuite le stockage dans une troisième cuve appelée « cuve de soutirage ».avec :

- ❖ un bac de préparation du polymère en poudre de 5 m³.
- ❖ 04 pompes d'injection de polymère dans les centrifugeuses de débit max de 1500 l/h.

IV.5.5. Déshydratation des boues par centrifugation :

Les centrifugeuses dont les caractéristiques sont données dans le tableau N°16 sont alimentées à partir des bâches de stockages

Tableau N°16: Caractéristiques de centrifugeuse.

Centrifugeuse	
Nombre de pompes d'alimentation	04
débit des pompes entre	(5 et 50m³/h)
Flux massique unitaire	633 kg/h
Densité maximale admise	1.02 kg/dm³
débit de fonctionnement ma	22 m³/h
Le Bol	
Diamètre intérieure	430 mm
Longueur totale	20121 mm
Vitesse nominale	3000 tr/min
Vitesse maximale	3600 tr/min
Angle de la partie conique	11°
Surface (bol conique exclu)	5796 m²
Volume (bol conique exclu)	482 m³

Les boues déshydratées sont envoyées vers deux (02) aires de stockage d'une capacité de **1000m²**



Figure N° 19 : La centrifugeuse, les boues déshydratée et aires de stockages.

La station consiste aussi un poste toutes eaux permis de récupérer et évacuer les eaux chargées acheminées par gravité vers la fosse issues du prétraitement, surverse des deux épaisseurs, centrât de la déshydratation, les écumes des fosses des trois clarificateurs et les eaux usées venant du bâtiment d'exploitation. et un pont bascule d'une capacité max de **60T** pour peser le sable, boues déshydrates évacuées (vers la valorisation, l'élimination) et réactifs chimique livres (polymères, chaux...etc.)

Partie Expérimentale

Introduction :

Notre travail a consisté à l'étude de l'influence des différents paramètres physico-chimiques (pH de boue, vitesse d'agitation, temps d'agitation, concentration de flocculant) sur le rendement de la siccité de la station d'épuration de Reghaia (SEAAL).

Dans le but d'augmenter la concentration de la boue, nous avons réalisé notre étude en utilisant 3 polymères cationiques : le CV300, 43-46 et le 1305C (les flocculants les plus fréquents dans la station). Pour cela on a opté pour le protocole suivant :

Etape 1 : Détermination de la siccité en fonction de la fraction boue primaire/recirculé en injectant le polymère **CV300** à une concentration de 3g/l avec agitation manuel jusqu'à l'apparition des floes.

Etape 2 : Caractérisation de la boue primaire, boue recirculé et de la fraction choisie de BP/BR.

Etape 3 : Après la fixation de la fraction BP/BR, on a travaillé avec les 3 polymères à différentes concentrations de [1.1,5,2,2,5.3.3,5.4]g/l pour estimer la meilleure concentration en fonction du ratio : MS/consommation du polymère et la garder constante pour les prochaines étapes pour chaque polymère.

Etape 4 : On a varié le pH du mélange BP/BR de 3 à 12, et conclu le pH le plus fiable en fonction de la siccité produite pour chaque polymère.

Etape 5 : Après fixation de la fraction BP/BR, la concentration des polymères et le pH on a joué sur l'agitation .d'abord par la variation de la vitesse à un temps constant ensuite par la variation du temps à une vitesse constante.

Remarque : Toutes les analyses sont réalisées à température ambiante.

Préparation de polymère :

Conditions opératoires :

- 3g de polymère dilué dans 1 litre d'eau potable.
- Temps d'agitation : 1h30min.
- Vitesse à 150Tr/min.

Etape 1 :

Conditions opératoires : polymère « CV300 » à 3g/l

-100ml de boue primaire.

-100ml de boue recirculé.

- Ajouter le polymère jusqu'à l'observation des floccs bien définis.

Tableau N°17 : La siccité de boue primaire et recirculée

Les boues (ml)	Polymère injecté (ml)	Siccité (%)	Matière sèche (g/l)	Rendement (%)
Boue primaire	7	12.56	125.6	70.54
Boue recirculée	1	6.75	67.5	45.18

Variation des pourcentages boue primaire + boue recirculée

Tableau N°18 : L'évolution de la siccité de mélange des boues

Boue P/ Boue R (ml)	Polymère injecté (ml)	Siccité (%)	Matière sèche (g/l)	Rendement (%)
10/90	1	7,22	72,2	48,75
20/80	2	7,66	76,6	51,69
30/70	3	7,95	79,5	53,45
40/60	4	8,46	84,6	56,26
50/50	5	9	90	58,88
60/40	6	9,42	94,2	60,72
70/30	7	9,7	97	61,85
80/20	7	9,76	97,6	62,1
90/10	7	9,86	98,6	62,47

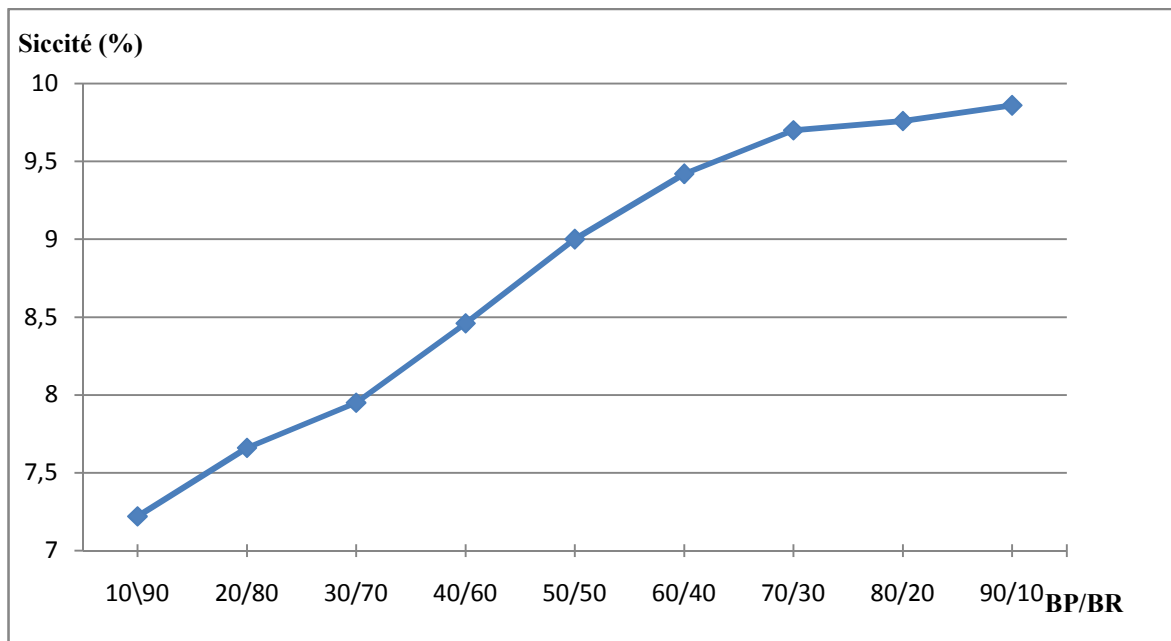


Figure N°20 : La siccité en fonction de la fraction

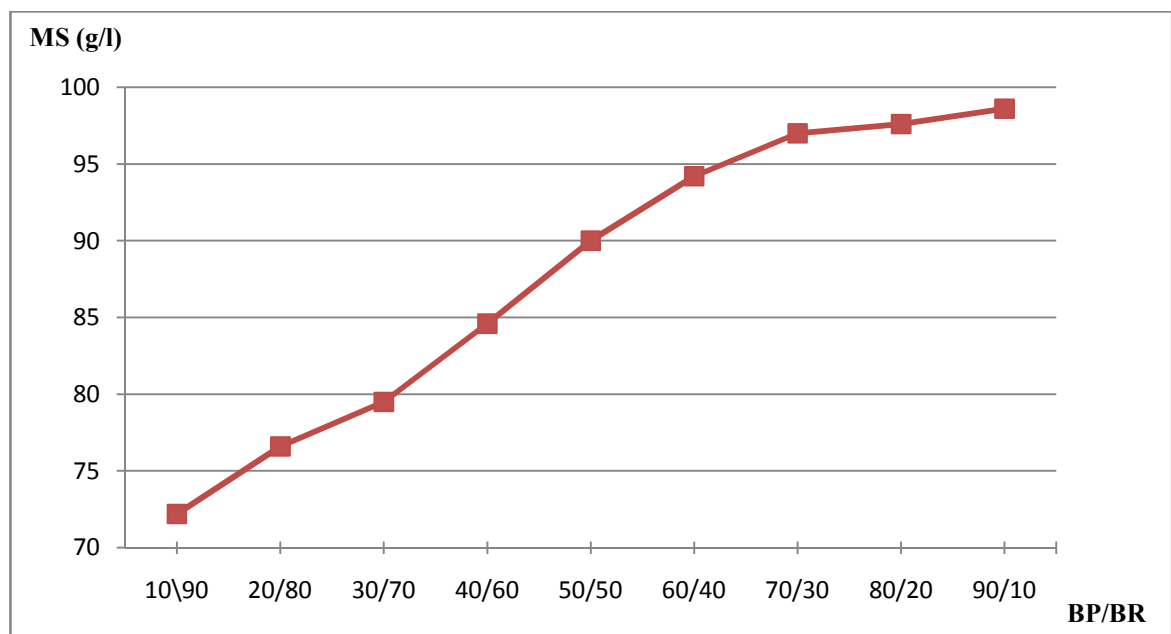


Figure N°21 : La matière Sèche en fonction de la fraction

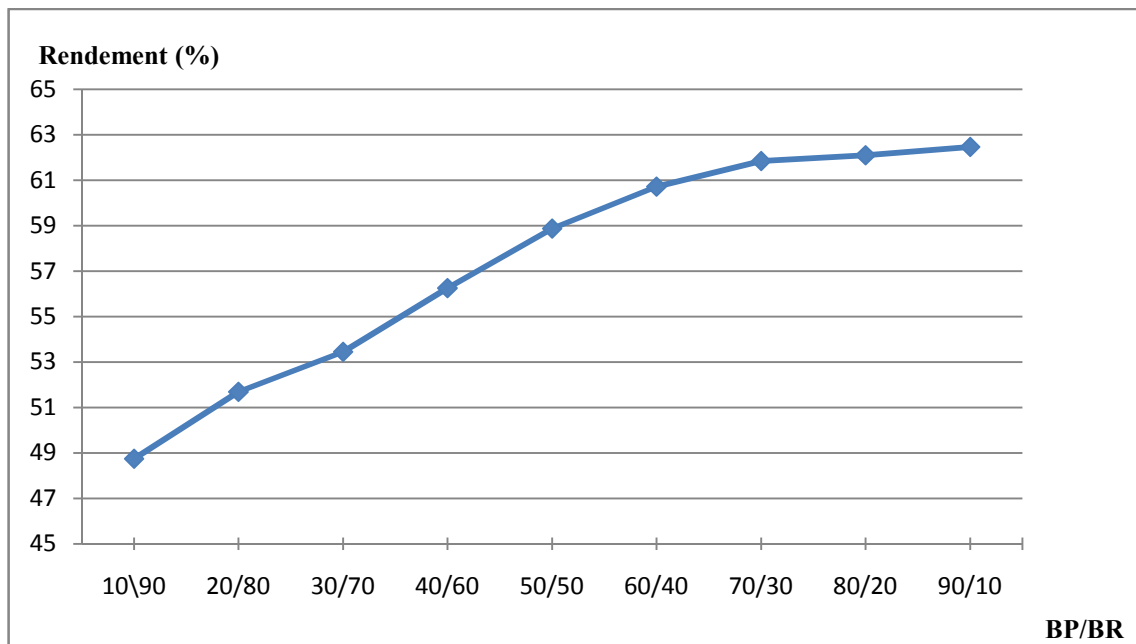


Figure N°22 : Le rendement en fonction de la fraction BP/BR

Interprétation :

-Les figures : N° 20, 21 et 22 représentent respectivement l'évolution de la siccité, matière sèche et le rendement en fonction de la fraction boue primaire/ boue recirculé avec l'addition du polymère CV300 à 3g/l. On a obtenu une courbe croissante d'une siccité minimale de 7.22% avec une consommation du polymère 10 ml/l de boue liquide et un rendement de 48.75% et maximale de 9.86% avec une consommation du polymère de 70ml/l de boue liquide et un rendement de 62.47%. Les figures montrent que l'augmentation de la quantité de boue primaire entraîne une augmentation de la siccité jusqu'à atteindre la valeur maximale à 90/10 avec une siccité de 9,86%.

L'augmentation de la concentration des particules en suspension favorise leur rapprochement et la possibilité d'être adsorbées au polymère, pour cela on a marqué la plus grande siccité où il y a 90% de boue primaire vu qu'elle est plus concentrée que la boue recirculé, c'est-à-dire le mélange donne une boue dense.

Notre choix de fixer la fraction à 60/40 au lieu de la fraction optimale qui est 90/10, basé sur l'observation des floes des tailles moyennement grandes, bien définis facile à les séparer de surnageant.

Etape 2 :

La stabilisation thermique (séchage) :

- Sécher la boue (primaire, recirculé, mixte) dans une étuve à 105°C pendant 2h.
- Broyer la boue sèche avec un broyeur.
- Tamiser la boue broyée par un tamis de 315µm.

❖ **Les analyses physico-chimiques :**

- Prendre 0.25g de boue sèche brouillé dans 250ml de l'eau distillé, on agiter pendant 15min et laisser reposer puis en prendre le surnageant et le faire passé par un papier filtre.

Tableau N°19: Résultats d'analyse des boues

Les paramètres (mg/l)	Boue primaire	Boue recirculé	Boue mixte
Phosphore P-PO₄²⁻	0.32	1.22	0.34
Sulfate SO₄²⁻	16.88	51.30	38.74
Chlorure Cl-	14.2	37.28	21.3

Remarque : Les résultats suivants de la matière sèche et la matière volatile sèche pour la boue primaire et recirculé pour le mois d'avril 2017 ont étaient déterminé par la station.

Tableau N°20 : Les résultats d'analyses des boues

Date de Prélèvement	MS (g/l)		MVS (%)	
	BP	BR	BP	BR
02/04/2017	31	11.8	/	/
03/04/2017	34	12.5	/	/
04/04/2017	35	11.5	/	/
05/04/2017	36	13.4	/	/
06/04/2017	57	11.6	53	54
07/04/2017	/	/	/	/
08/04/2017	/	/	/	/
09/04/2017	50	12.2	/	/
10/04/2017	27	9.8	/	/
11/04/2017	25	12.8	/	/
12/04/2017	35	13.5	54	56
13/04/2017	63	14	/	/
14/04/2017	/	/	/	
15/04/2017	/	/	/	/
16/04/2017	45	14.7	/	/
17/04/2017	51	13.5	/	/
18/04/2017	44	14.7	55	60
19/04/2017	46	16.7	/	/
20/04/2017	48	12.8	/	/
21/04/2017	/	/	/	/
22/04/2017	/	/	/	/
23/04/2017	53	13.9	/	/
24/04/2017	59	5.1	54	60
25/04/2017	54.9	5.9	/	/
26/04/2017	57	5.2	/	/
27/04/2017	55	5	/	/

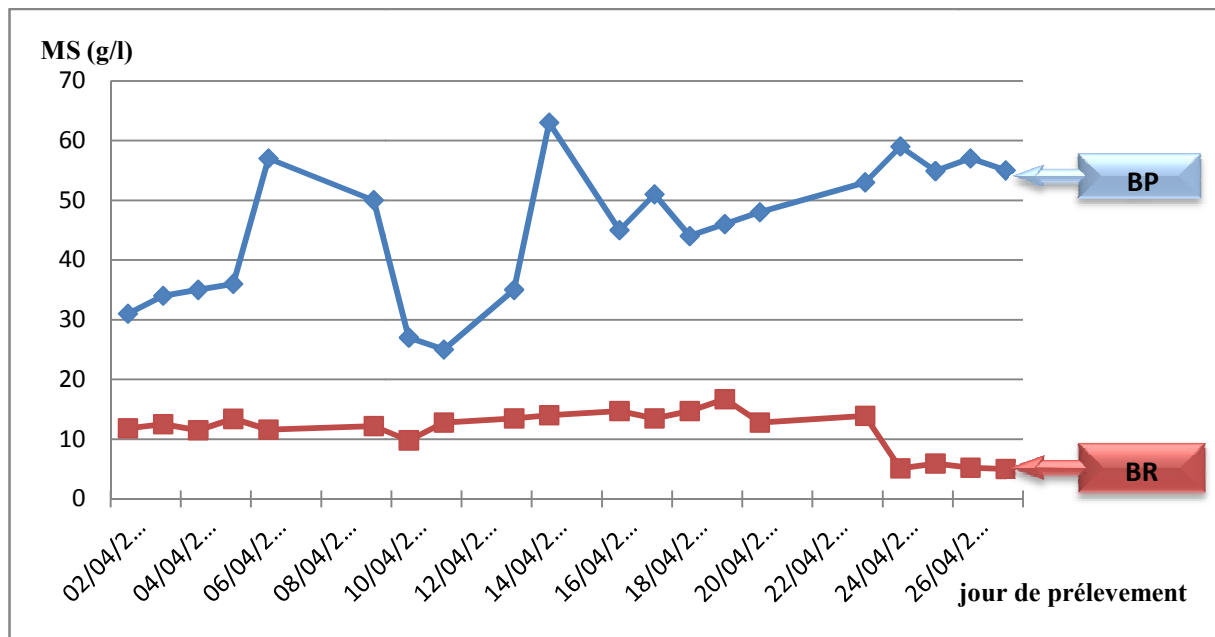


Figure N°23 : Variation de MS des boues

Interprétation :

La figure : N° 23 représente les teneurs de MS dans la boue primaire et recirculé oscillent entre 25 et 63 pour la boue primaire, et pour la boue recirculée les valeurs sont variables entre 9.8 et 16.7.

Etape 3 : Variation de concentration des polymères

Conditions opératoires :

- Fixé la concentration de boue à (boue primaire 60% et boue recirculé 40%).
- Préparer différente concentration de polymère : [1-1.5-2-2.5-3-3.5-4]g/l.

Pour le polymère « CV300 »

Tableau N°21 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente concentration du polymère

[polymère] (g)	Polymère injecté (ml)	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
1	4	9,55	95,5	61,25
1.5	6	9,5	95	61,05
2	5	9,45	94,5	60,84
2.5	8	9,4	94	60,63
3	7	9,3	93	60,21
3.5	6	8,85	88,5	58,19
4	6	7,95	79,5	53,45

Pour le polymère « 43-46 »

Tableau N°22 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différentes concentrations du polymère

[polymère] (g)	Polymère injecté (ml)	Siccité (%)	Matière sèche (g/l)	Rendement (%)
1	6	8,74	87,4	57,66
1.5	6	8,85	88,5	58,19
2	5	9,03	90,3	59
2.5	4	8,61	86,1	57,02
3	7	7,67	76,7	51,76
3	5	7,56	75,6	51,05
4	3	7,03	70,3	47,36

Pour le polymère « 1305C »

Tableau N°23 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente concentration du polymère

[Polymère] (g)	Polymère Injecté (ml)	Siccité (%)	Matière sèche (g/l)	Rendement (%)
1	13	8,89	88,9	58,38
1.5	7.5	9	90	58,88
2	7	9,25	92,5	60
2.5	6	9,53	95,3	61,17
3	6	9,67	96,7	61,73
3.5	8	8,4	84	55,95
4	3	8,2	82	54.87

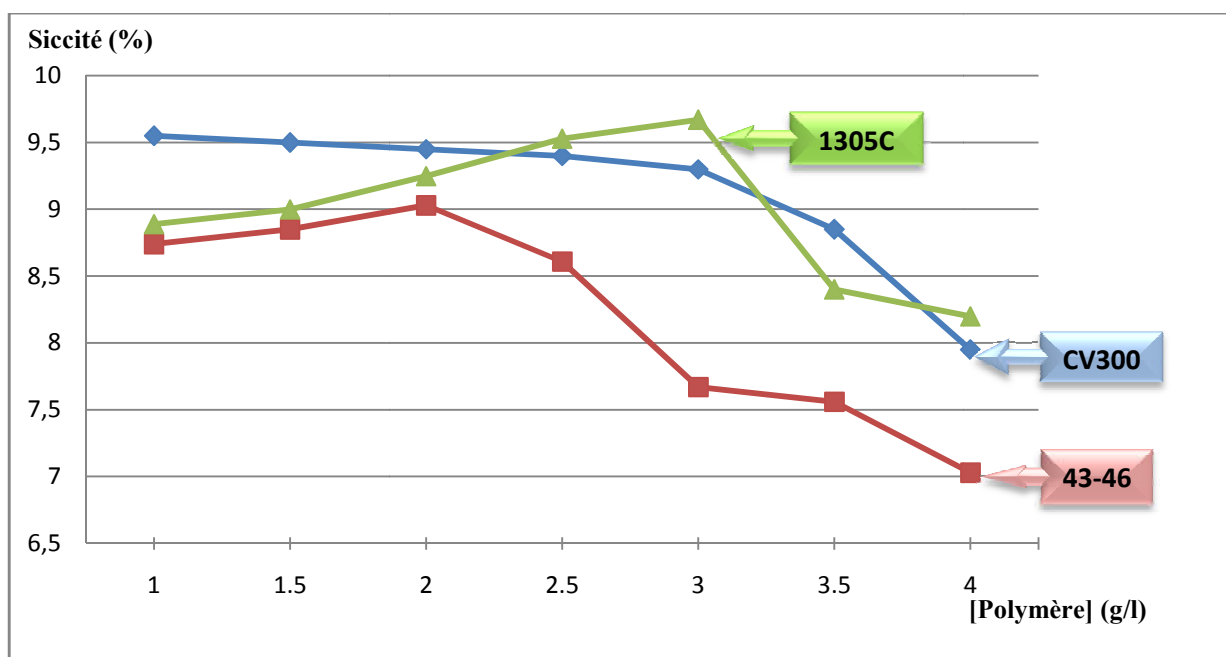


Figure N°24 : La siccité en fonction de la concentration du polymère

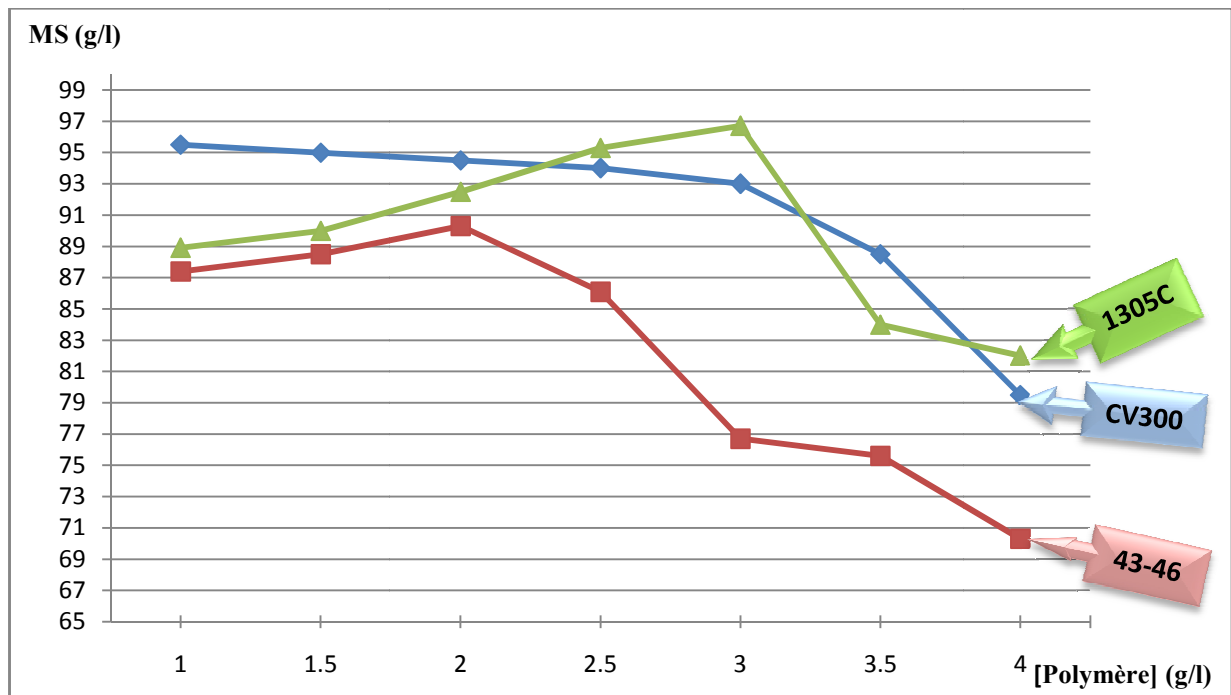


Figure N°25 : la matière sèche en fonction de la concentration du polymère

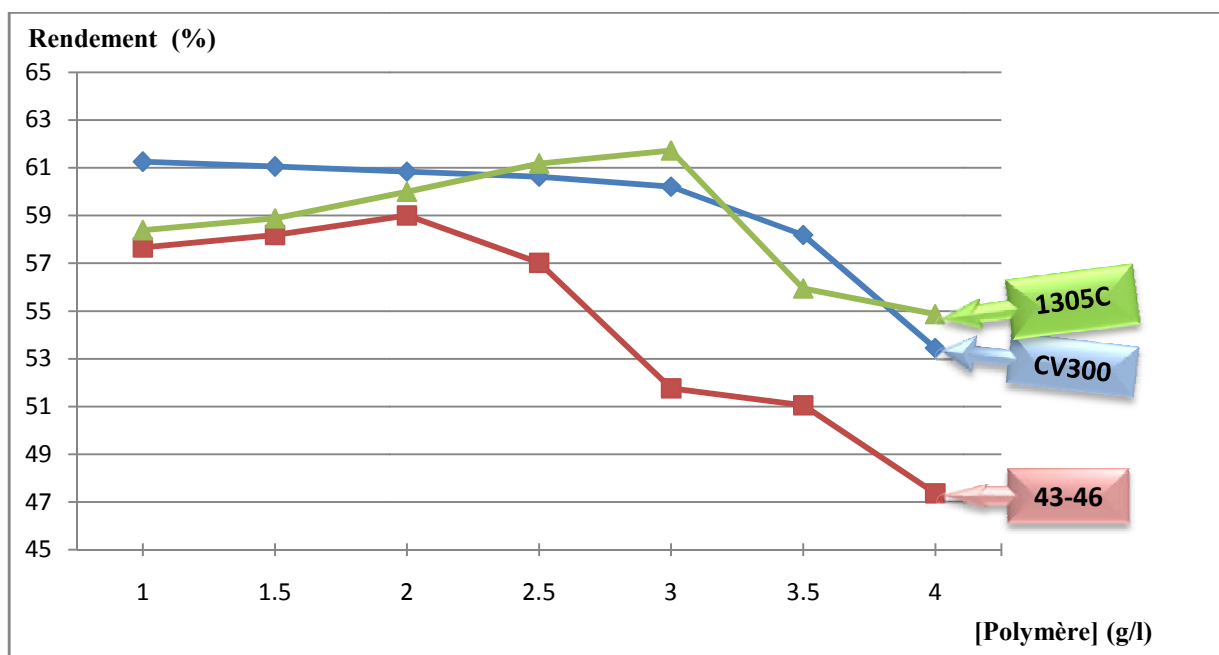


Figure N°26 : Le rendement en fonction de concentration du polymère

Interprétation :

Les figures : N° 24,25 et 26 représentent respectivement l'évolution de la siccité, matière sèche et le rendement en fonction de la concentration des polymères CV300, 43-46 et 1305C, les résultats obtenus montre que :

Pour la concentration de 1g/l le CV300 donne une concentration de boue optimale avec une siccité de 9.55% et un rendement de 61.25% ensuite en témoin une diminution de concentration jusqu'à atteindre 7.95% de siccité et 53.45% de rendement.

Par rapport au 43-46 on a remarqué une croissance de siccité et rendement jusqu'à atteindre la concentration optimale de 9.03% de siccité et 59% de rendement à une concentration de 2g/l ,après on remarque une décroissance brusque des deux paramètres jusqu'à atteindre 7.03% de siccité ,47.36% de rendement et pour la concentration 4g/l comme valeur minimal .

Pour le 1305C on a remarqué une augmentation de siccité et rendement jusqu'à atteindre le résultat optimal à 9.67% de siccité, 61.73% de rendement pour la concentration de 3g/l ensuite une diminution jusqu'à 8.2% siccité et 54.87% de rendement pour 3,5 et 4g/l.

La diminution de siccité après avoir atteindre la valeur optimale est provoqué par l'excès de polymère.

-Dans cette étape le polymère qui a donné la plus grande siccité est le **1305C à 3g/l**.

-Notre choix de la concentration a fixé est basé sur la valeur du ratio MS/consommation du polymère la plus élevé.

Etape 4 : variation du pH

Conditions opératoires : Polymère « CV 300 »

- La concentration du polymère à 1g/l.
- La consommation du polymère injecté : 90ml/l de boue liquide.

Tableau N°24 : L'évolution de la concentration de la boue mixte en fonction du pH

pH	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
3	4,05	40,5	8,64
4	4,12	41,2	10,94
4,5	4,45	44,5	16,85
5	8,44	84,4	56,16
5,5	8,74	87,4	57,66
6	9,02	90,2	58,98
6,5	9,66	96,6	61,69
7	10,94	109,4	66,17
7,5	9,86	98,6	62,47
8	9,2	92	59,78
8,5	8,99	89,9	58,84
9	8,53	85,3	56,62
9,5	6,69	66,9	44,69
10	4,23	42,3	12,53
12	4,02	40,2	7,96

Conditions opératoires : Polymère « 43-46 »

- La concentration du polymère : 2g/l.
- Le volume du polymère injecté : 60ml/l de boue liquide.

Tableau N°25 : L'évolution de la concentration de la boue mixte en fonction du pH

pH	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
3	4	40	7,5
4	4,3	43	13,95
4,5	6,69	66,9	44,69
5	7,09	70,9	47,81
5,5	7,57	75,7	51,12
6	7,98	79,8	53,63
6,5	8,56	85,6	56,77
7	9	90	58,88
7,5	9,34	93,4	60,38
8	9,47	94,7	60,92
8,5	9,18	91,8	59,69
9	8,56	85,6	56,77
9,5	4,42	44,2	16,28
10	4,4	44	15,9
12	4,33	43,3	14,54

Conditions opératoires : Polymère « 1305C »

- La concentration du polymère : 3g/l.
- Le volume du polymère injecté : 60ml/l de boue liquide.

Tableau N°26 : L'évolution de la concentration de la boue mixte en fonction du pH

pH	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
3	4,1	41	9,75
4	4,4	44	15,9
4,5	5,45	54,5	32,11
5	6,85	68,5	45,98
5,5	7,36	73,6	49,72
6	7,92	79,2	53,28
6,5	8,47	84,7	56,31
7	8,7	87	57,47
7,5	8,89	88,9	58,38
8	9,5	95	61,05
8,5	10,67	106,7	65,32
9	8,78	87,8	57,85
9,5	7,9	79	53,16
10	4,32	43,2	14,35
12	4,29	42,9	13,75

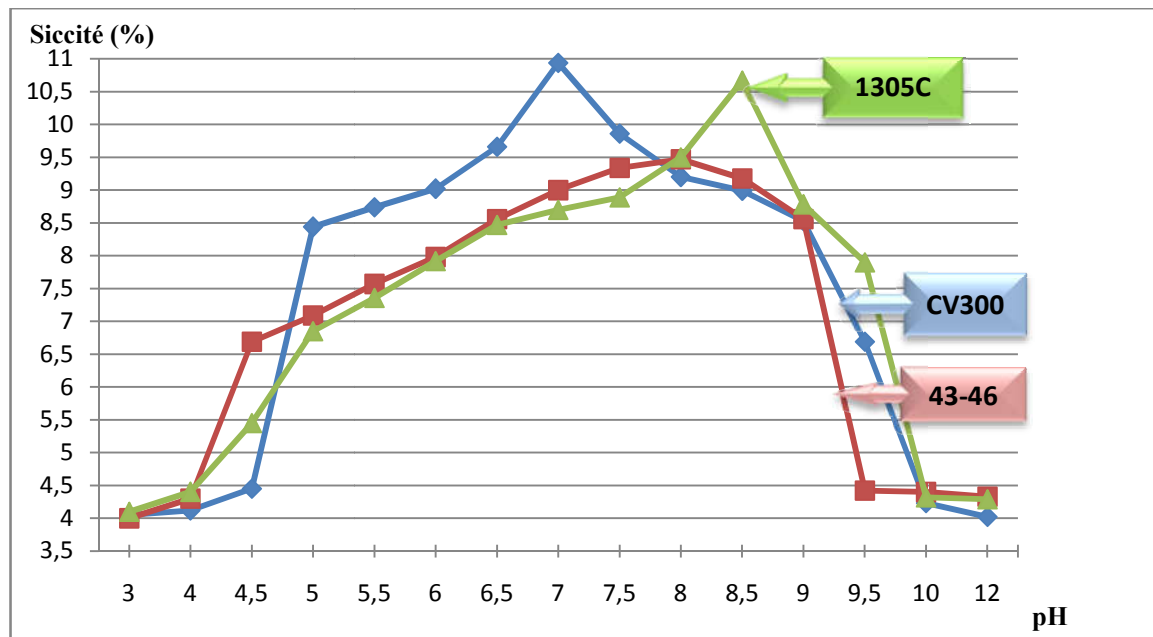


Figure N°27: La siccité en fonction du pH

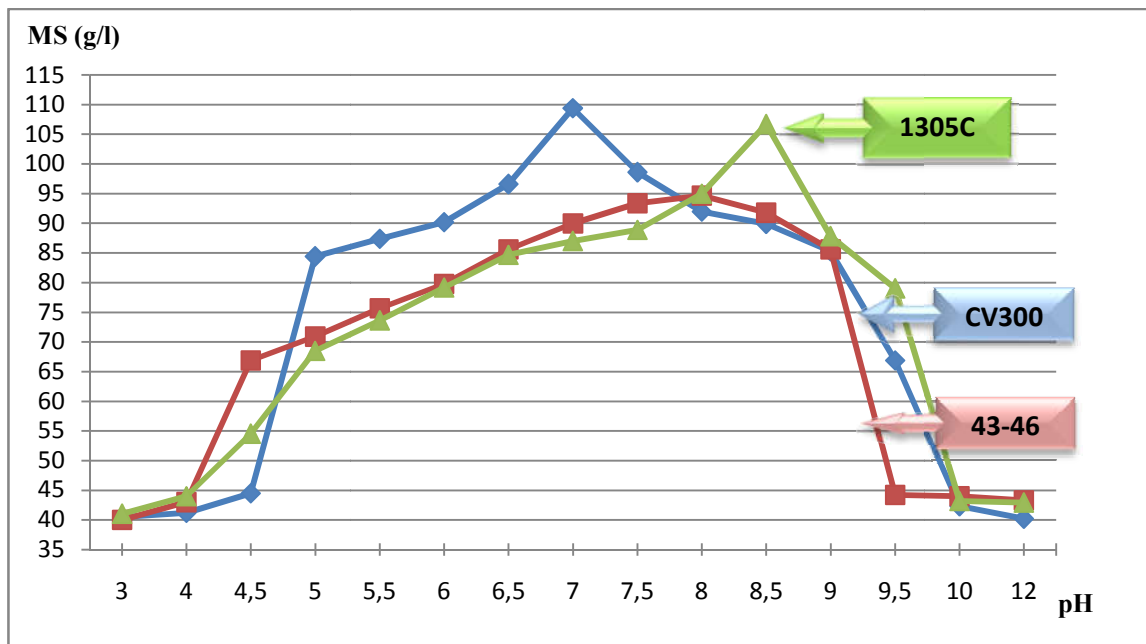


Figure N°28 : La matière sèche en fonction du pH

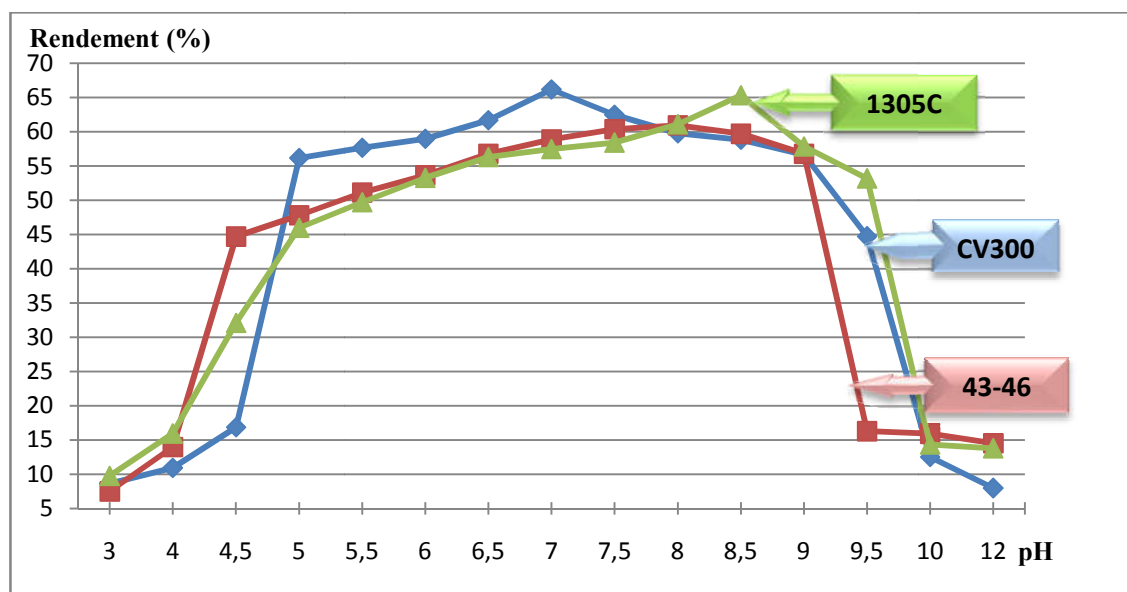


Figure N°29 : Le rendement en fonction du pH

Interprétation :

Les figures : N° 27,28 et 29 représentent l'évolution de la siccité, matière sèche et le rendement en fonction du pH qui varie entre [3-12] pour les 3 polymères précédents, les résultats obtenus sont les suivantes :

Pour les 3 polymères les graphes indiquent une stabilisation des paramètres entre pH= [3-4.5] c'est-à-dire pH très acide avec une siccité minimal de 4% et un rendement de 8%, ensuite on remarque une croissance brusque jusqu'à atteindre la siccité et rendement optimal qui est de 10.94% de siccité , 66.17% de rendement pour le CV300 à pH=7 qui est neutre , 9.47% de siccité et 60.92% de rendement pour le 43-46 à pH=8 et 10.67%, 65.32% et pour le 1305C a pH=8.5 . Après pH=9 c'est-à-dire très basique en témoin encore une fois un décroissement brusque des paramètres précédents jusqu'à la stabilisation à la valeur minimale de 4% de siccité et 8% de rendement.

Donc on peut dire que les 3 polymères fonctionne mieux à un pH neutre à peut basique.

La plus grande siccité marquée est celle de **CV300** à **pH=7**.

Etape 5 :

1-Variation de la vitesse d'agitation

Conditions opératoires : Polymère « CV 300 »

- Concentration du polymère : 1g/l.
- Volume du polymère injecté : 90ml/l de boue liquide.
- pH = 7.
- le temps d'agitation: 1min.

Tableau N°27 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente vitesse

Vitesse (tr/min)	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
25	5,29	52,9	30,05
50	9,45	94,5	60,84
100	9,72	97,2	61,93
150	10,2	102	63,72
200	10,81	108,1	65,77
300	8,98	89,8	58,79

Conditions opératoires : Polymère «43-46 »

- Concentration du polymère : 2g/l.
- Volume du polymère injecté : 60ml/l de boue liquide.
- pH = 8.
- le temps d'agitation : 2min.

Tableau N°28 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente vitesse

Vitesse (tr/min)	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
25	8,76	87,6	57,76
50	9,8	98	62,24
100	10,54	105,4	64,89
150	9,8	98	62,24
200	8,02	80,2	53,86
300	4,84	48,4	23,55

Conditions opératoires : Polymère «1305C »

- Concentration du polymère : 3g/l.
- Volume du polymère injecté: 60ml/l de boue liquide.
- pH = 8.5
- le temps d'agitation: 3min.

Tableau N°29 : L'évolution de la concentration de la boue mixte à différente vitesse

Vitesse (tr/min)	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
25	10,15	101,5	63,54
50	10,32	103,2	64,14
100	10,95	109,5	66,21
150	10,18	101,8	63,65
200	9,58	95,8	61,37
300	6,74	67,4	45,1

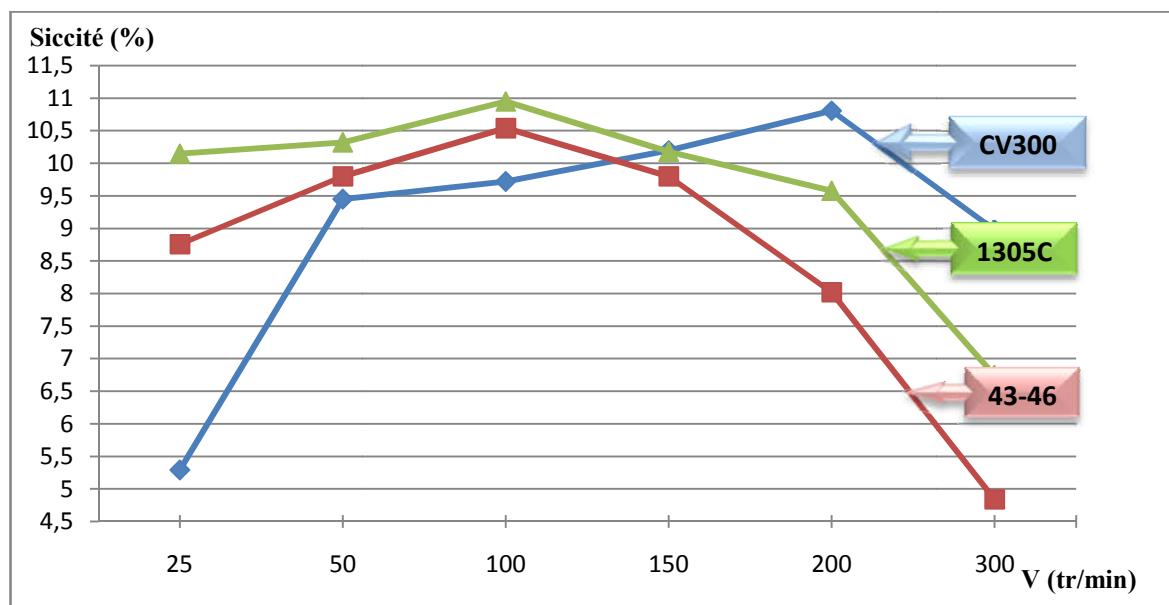


Figure N°30 : La siccité en fonction de vitesse d'agitation

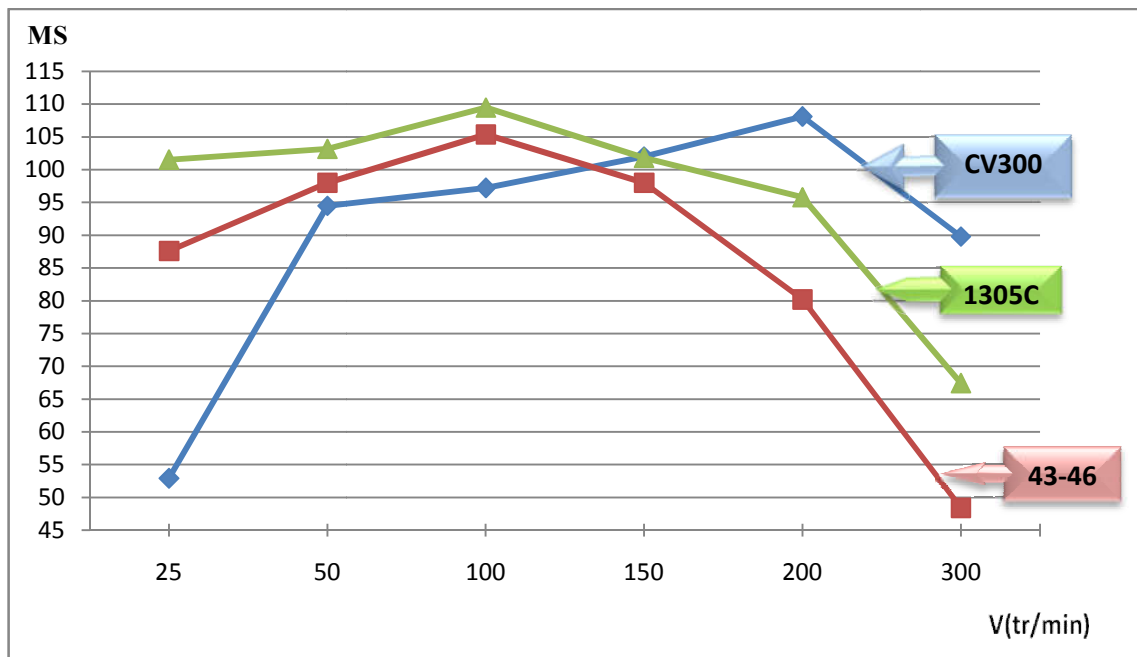


Figure N°31 : La matière sèche en fonction de vitesse d'agitation

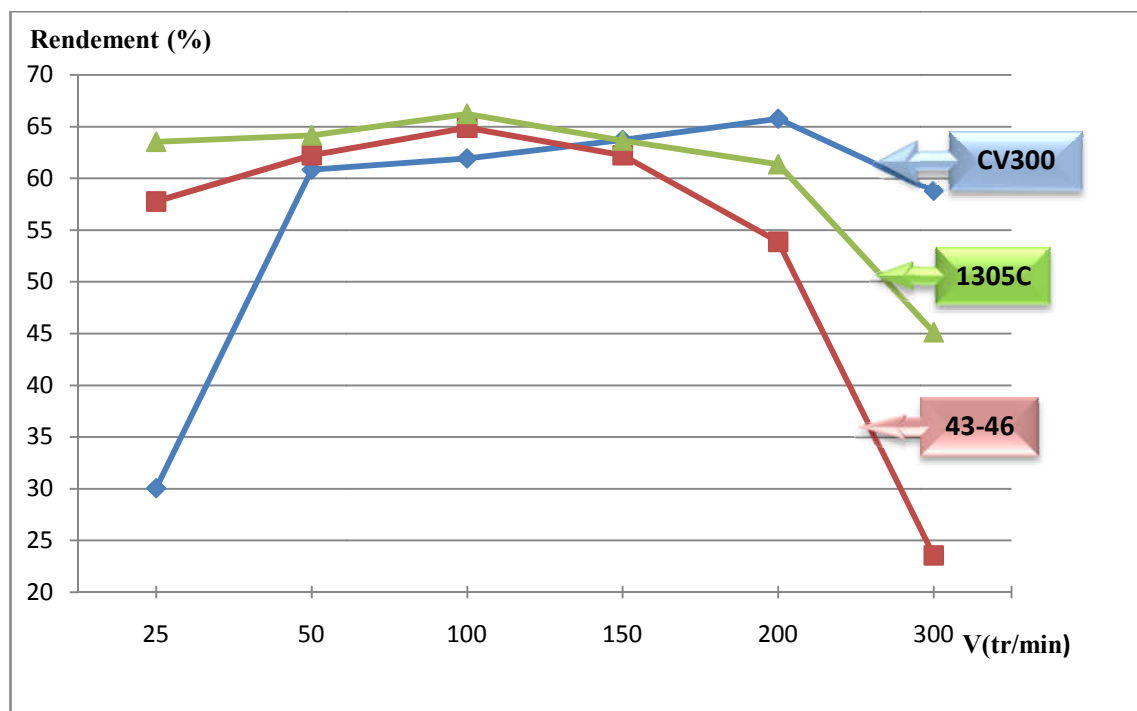


Figure N°32 : Le rendement en fonction de vitesse d'agitation

Interprétation :

Les figures : N° 30,31 et 32 représentent l'étude de l'influence de la vitesse d'agitation sur la floculation de la boue avec les polymères précédents traduites par la siccité, matière sèche et rendement. Les résultats montrent que pour le 43-46 et 1305C on a marqué presque la même évolution à V= 25tr/min avec une siccité de 8.79%, un rendement de 57.76% et 10.15%, 63.54% avec une faible croissance jusqu'à atteindre la valeur optimal de la siccité et du rendement de 10.54% , 64.89% et 10.95% et 66.21% respectivement pour V=100tr/min .Par contre pour le CV300 on a noté une valeur optimale de 10.81% de siccité et un rendement de 65.77% pour V= 200tr/min .

La croissance de la siccité est due à la favorisation de rapprochement des matières en suspension entre eux et avec le polymère par la vitesse d'agitation la plus convenable.

Le polymère qui a marqué un résultat élevé que les autres, c'est le **1305C** à **100tr/min**.

2- Variation du temps d'agitation

Conditions opératoires : Polymère « CV 300 »

- Concentration du polymère injecté : 1g/l.
- Volume du polymère injecté : 90ml/l de boue liquide.
- pH =7.
- Vitesse d'agitation : 200tr/min.

Tableau N°30 : L'évolution de la siccité de la boue mixte à différente duré d'agitation

Temps (min)	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
0.5	11,06	110,6	66,54
1	10,81	108,1	65,77
2	6,54	65,4	43,42
3	5,4	54	31,48
5	4,87	48,7	24,02
10	4,17	41,7	11,27

Conditions opératoires : Polymère « 43-46 »

- Concentration du polymère injecté : 2g/l.
- Volume du polymère injecté : 60ml/l de boue liquide.
- pH =8.
- Vitesse d'agitation : 100tr/min.

Tableau N°31 : L'évolution de la siccité de la boue mixte à différente durée d'agitation

Temps (min)	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
0.5	9,52	95,2	61,13
1	9,89	98,9	62,58
2	10,54	105,4	64,89
3	7,32	73,2	49,45
5	6,07	60,7	39,04
10	4,73	47,3	21,77

Conditions opératoires : Polymère « 1305C »

- Concentration du polymère : 3g/l
- Volume du polymère injecté : 60ml/l de boue liquide.
- pH =8.5.
- Vitesse d'agitation : 100 tr/min.

Tableau N°32 : L'évolution de la siccité de la boue mixte à différente duré d'agitation

Temps (min)	Siccité (%)	Matière Sèche (g/l)	Rendement (%)
0.5	8,65	86,5	57,22
1	8,87	88,7	58,28
2	9,78	97,8	62,16
3	10,95	109,5	66,21
5	9,75	97,5	62,05
10	9,55	95,5	61,25

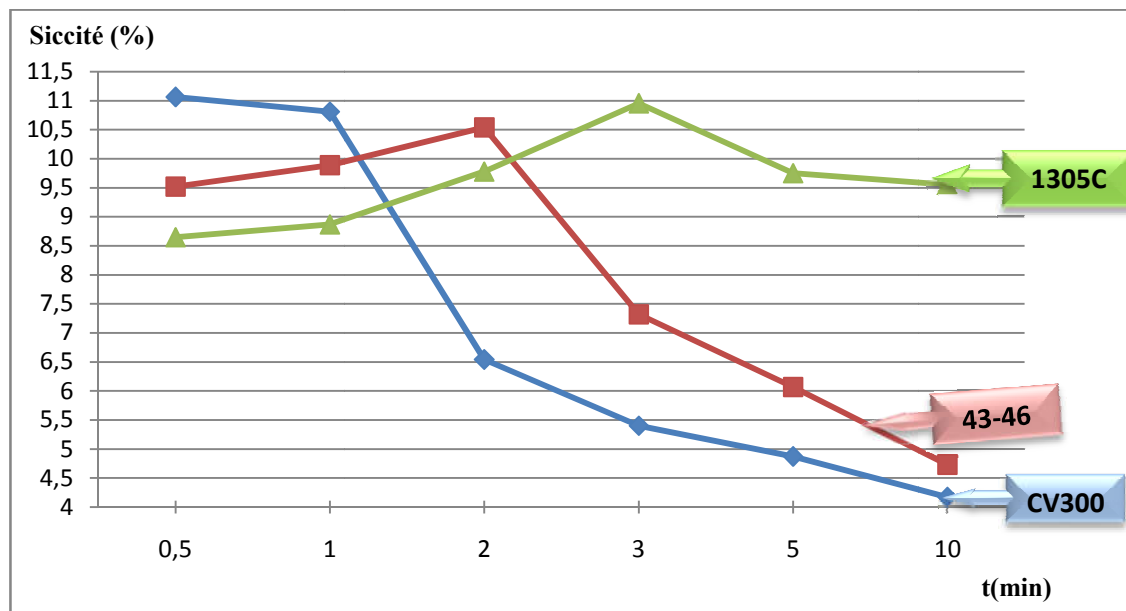


Figure N°33 : La siccité en fonction de temps d'agitation

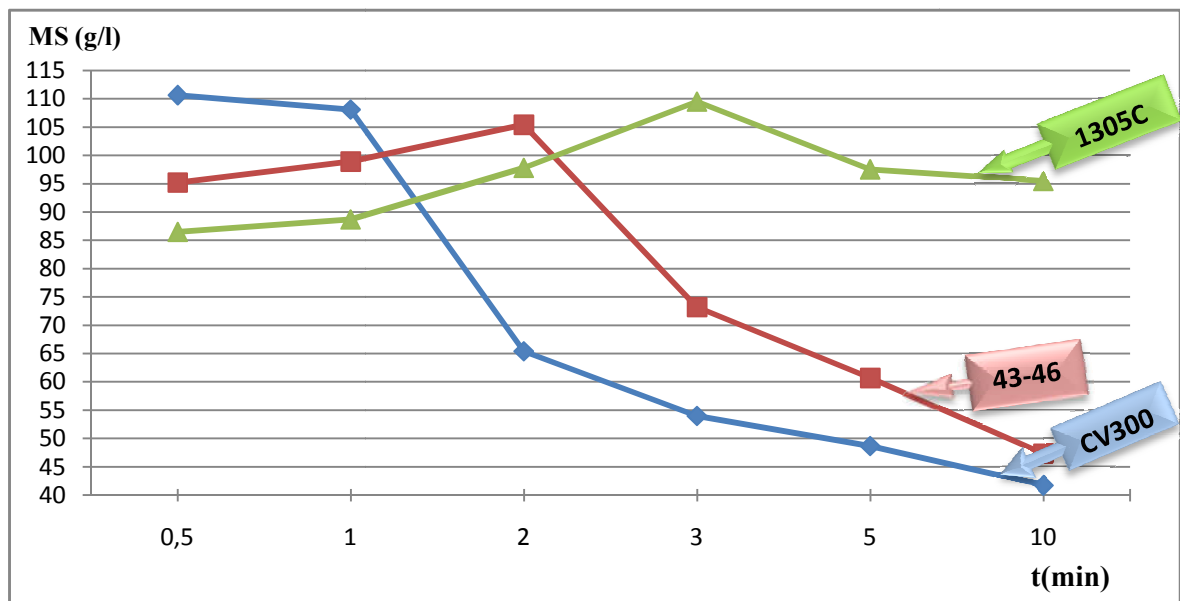


Figure N°34: La matière sèche en fonction de temps d'agitation

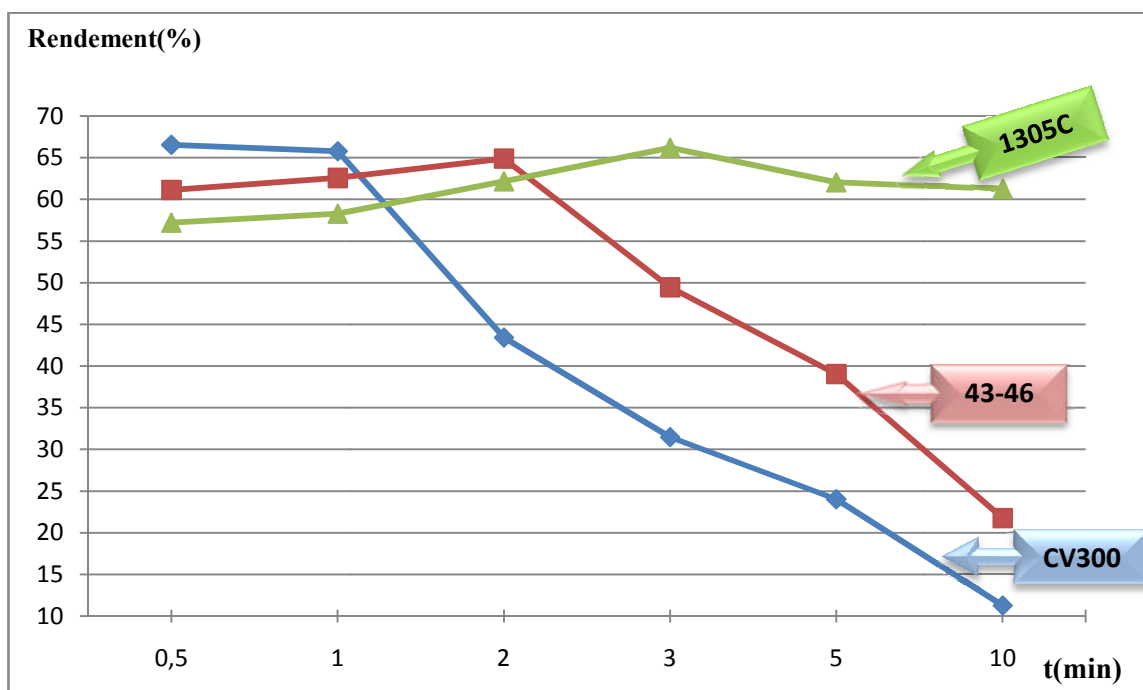


Figure N°35 : Le rendement en fonction de temps d'agitation

Interprétation :

Les figures : N° 33,34 et 35 représentent l'influence du temps d'agitation sur la siccité, matière sèche et le rendement après fixation de la vitesse on a varié le temps d'agitation, les résultats sont présenter comme ainsi de suite :

Pour le CV300 on a marqué un temps optimal d'agitation à 30s avec une siccité de 11.06% et un rendement de 66.54%.Après 1min on a remarqué une diminution brusque jusqu'à atteindre une siccité de 4.17% et un rendement de 11.27% a $t=10\text{min}$.

Pour le 43-46 de $t= 30\text{s}$ à 2min les paramètres croissent légèrement jusqu'au temps le plus performant à $t=2\text{min}$ avec une siccité de 10.54% et un rendement de 64.89% .Après 2min on témoin une décroissance jusqu'a atteindre une siccité de 4.73% et rendement de 21.77%.

L'évolution de 1305C est plus au moins stable par rapport aux autres polymères. Les résultats sont compris entre 8.65% de siccité ,55.22% de rendement et 10.95%de siccité, 66.21% de rendement cette dernier est la valeur optimale à $t=3\text{min}$.

Le décroissement de la siccité se justifier soit par l'insuffisance de la durée d'agitation qui ne permet pas l'agglomération des MES donc pas de formation correcte des floes ou bien par une longue durée d'agitation qui provoque une destruction des floes déjà formé.

- le CV 300 est le plus performant à un temps d'agitation de 30s.

Conclusion:

Dans le contexte actuel de protection de l'environnement et la participation au développement durable, l'élimination des boues d'épuration constitue un des enjeux majeurs pour notre pays. L'accroissement du nombre de STEP en Algérie s'accompagne de production de quantités non négligeables des boues d'épuration.

L'objectif du traitement était de réduire le volume des boues produites.

Notre étude a été réalisée avec trois polymères cationiques les plus utilisés dans la station d'épuration de SEAAL, REGHAIA. Avec l'inconvénient majeur c'est que nous ne connaissons pas la molécule utilisée et les responsables de la station non plus.

Au cours de ce travail réalisé dans le cadre de notre projet fin d'études, ayant pour objectif d'augmenter la concentration de la boue urbaine de la station d'épuration de SEAAL, REGHAIA en premier lieu et réduire la consommation du polymère en deuxième lieu par des différentes expériences basées sur l'optimisation des paramètres suivants : la fraction BP/BR, la concentration des polymères étudiés, le pH de la boue, la vitesse d'agitation et le temps d'agitation.

Durant notre travail expérimental nous avons remarqué :

Premièrement, une augmentation de siccité lorsqu'on change la concentration des polymères pour le CV300 et 43-46, dont nous avons été en mesure de réduire le montant de la consommation de polymère jusqu'à 66%, 34% respectivement. Par contre pour le 1305C la concentration optimale est celle qui est déjà utilisée à la station, donc il n'y a pas de changement ou bien une amélioration.

Ensuite, pour un pH qui varie entre 7 et 8.5 une augmentation de siccité de 1% pour les trois polymères.

Enfin, pour la vitesse et le temps d'agitation on a remarqué une siccité optimale de 2% de plus de la valeur initiale.

D'après les résultats de toutes les expériences effectuées, nous pouvons dire que le bon ajustement des paramètres précédents peut améliorer le rendement de la siccité et dans certains cas diminuer la consommation de polymère en même temps.

Bibliographie

- [1]- Rejesk, F. 2002 : analyse de l'eau, aspect réglementaire et technique, édition CRDP. Aquitaine 358.
- [2]- C.Claude, "Les traitements de l'eau : procédés physico-chimique et biologique", Ellipses - Marketing, Paris, 1999.
- [3]- Rodier, J. 2005 : L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 8^{ème} édition. Edition Dunod.
- [4] -Cardot C, Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Edition, Ellipses, France 1999
- [5]- (DEGREMENT, 1989) In (SLIMANI, 2003).
- [6] - Faby J.A., Brissaud F, (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office
- [7] – G. Abdelkader, « Epuration biologique des eaux usées urbaines » Office des publications universitaires, Alger 1984
- [8] – Xanthoulid D. (1993). , Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires.
- [9] – J. Claude, « Inventaire des traitements d'eaux résiduaires » Technique d'ingénieur, J3940, Paris 1996.
- [10] –« mémento technique de l'eau » société dégerment, 9^{ème} édition.1989
- [11] – G.Marinette, « Utilisation agricole des boues d'origine urbaine » Centre national de documentation et d'information sur l'eau, Paris 1979

[12]- V. Borghet, « Epuration des eaux usées par lagunage naturel et lagunage aéré » Edition CEBEDOC 1988

[13]- (ATTAB S ,2011) (TARMOUL F ET al, 2007).

[14]- Rodier J., Bazin C, Chanbon P, Broutin J.P, Champsaur H., et Rodi L, (1996).L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8ème Ed.Dunod, Paris : 1383p.

[15]-R.Salaheddine « Caractéristique physico-chimiques et valorisation des boues résiduaires urbaines pour la confection de substrat de culture en pépinière », mémoire de magister, Faculté des sciences, université de Batna(2005)

[16-33] – Boutin, K .Alain, H. Helmer, J-M. 2009 : Technologies d'épuration en vue d'une reutilisation des eaux usées traitées (REUT)

[17] – OMS. 2012 : l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères ; p254.

[18] –H.Roque, « Fondements théorique du traitement biologique des eaux » 2eme édition, Technique et documentation, Lavoisier, Volume 2, Paris (1980)

[19] – M. Satin, B. Selmi, R. Bourier « Guide technique de l'assainissement » 2^{ème} édition, PARIS 1999

[20]- Centre de Formation au Métier d'Assainissement (CFMA BOUMERDES)
« Exploitation d'une station d'épuration à boues activées »2005

[21]-H.Roque, « Traitement résiduaire urbaine et industrie » édition Lavoisier, paris 1983

[22]- E. Guibilin, « Traitement des boues urbaine et industrie » Technique d'ingebieure, G1450, Paris 1999

[23]- R. Thomazou, « Stations d'épuration : eaux potable, eaux usées »

[24]- C.Claude, « les traitementd de l'eau : procédés physico-chimique et biologique », Ellipses – Marketing, Paris, 1999

[25]- W.W.Eckenfelder, « Gestion des eaux usées urbaines et industrielles » Technique et documentation (LAVOISIER), Paris, 1982

[26] –Rodier, J. Legube, B. Meriet, N et coll. 2009 : analyse de l'eau 9eme édition. Dunod.

[27]- document technique 39 la réduction de boues par voie biologique par le procédé MycET. Document de synthèse .J.P.Canler-J.M.Perret

[28]- F.Ladjel, S, bouchefer, "Exploitation d'une station d'épuration à boue activées" Centre de Formation au Métier d'Assainissement (CFMA boumerdes), niveau 1 et 2

[29]- G. Marinette, "Utilisation agricole des boues d'origine urbaine"

[30]-Centre de Formation au Métier d'Assainissement (CFMABOUMERt'Exploitation d'une station d'épuration houes activées", 2005

[31]- Y.KHERRA ; F.OUKACI "Caractérisation et gestion de la boue de la STEP de Boumerdes" mémoire fin d'études ; promotion-2012.

[32] –Tarmoul F, Sodi M ; (2007). Mémoire, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel ». Tribune de l'eau n° : 563/3. ED. CEBEDOC, pp : 27-32.

[33]- Centre de Formation au Métier d'Assainissement (CFMA BOUME t'Exploitation d'une station d'épuration houes activées", 2005

[34]- R.Thomazou, "Stations d'épuration : eaux potable, eaux usées" technique et documentation, Lavoisier, Paris, France 1981

[35]- <http://www.inra.fr/dpenv/moletc10.htm> "Laboratoire de biotechnologie de l'environnement des IAA"

[36]- A.Léonard, "Etude du séchage convectif de boues de station d'épuration-suivi de la texture par microtopographie à rayons x" Thèse de doctorat, université de Liège, 2002

[37]- Centre de formation au métier d'assainissement " gestion des boues issues de la STEP"

[38]-<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-boues/caracterisation-des-boues-classification>.

[39]- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Floculation>.

[40].[https://books.google.dz/books?id=Qt9fPTldwm0C&pg=PA192&lpg=PA192&dq=\(MABIRE+ET+AL.+1984\)+et+\(GREGORY+1975\).&source=bl&ots=Tk7ELEzJpv&sig=6pGe8OWKgc9pVs_skHcoylRsyw&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwjs67T2yu3UAhWH0xQKHU7qAOYQ6AEIITAA#v=onepage&q=\(MABIRE%20ET%20AL.%201984\)%20et%20\(GREGORY%201975\).&f=false](https://books.google.dz/books?id=Qt9fPTldwm0C&pg=PA192&lpg=PA192&dq=(MABIRE+ET+AL.+1984)+et+(GREGORY+1975).&source=bl&ots=Tk7ELEzJpv&sig=6pGe8OWKgc9pVs_skHcoylRsyw&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwjs67T2yu3UAhWH0xQKHU7qAOYQ6AEIITAA#v=onepage&q=(MABIRE%20ET%20AL.%201984)%20et%20(GREGORY%201975).&f=false).

[41].<https://books.google.dz/books?id=B0jtlHxPsSEC&pg=PA147&dq=1%27influence+de+p+h+sur+les+polymères+cationiques&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwiNlKv4g8rUAhUB7hoKHxOuAqQQ6AEIJTAA#v=onepage&q=l'infl%C3%BCence%20de%20ph%20sur%20les%20polym%C3%A8res%20cationiques&f=false>

[42]- https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich9_10.htm

[43]- https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich9_13.htm

Annexes

Dosage des orthophosphates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire

(Rodier 8^{ème} édition)

Principe :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration et donne des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réactifs :

- réactif combiné :

➔ 50ml de solution d'acide sulfurique ($d=1.48$) 15% en volume.

➔ 5ml de solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8g/l

(0.28g/l de tartrate double d'antimoine et de potassium dans 100ml d'eau distillé).

➔ 15ml de solution de molybdate d'ammonium à 40g/l.

(0.4g/l de molybdate d'ammonium dans 100ml d'eau distillé).

➔ Ajuster le volume a 100ml avec de l'eau distillé (30ml).

➤ Conserver le réactif à 4°C

- solution d'acide ascorbique à 20g/l (2g d'acide ascorbique dans 100ml d'eau distillé).

➤ Renouvelable chaque 24h.

-solution mère étalon a 50mg/l de phosphore :

➔ 219.7mg de dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100°C dans 100ml d'eau distillé.

➤ Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

-solution fille étalon à 1mg/l de phosphore (diluer la solution mère a 1/50 avec de l'eau distillé au moment de l'emploi).

Matériels :

- 9 fioles jaugées de 25ml.
- étuve
- spectrophotomètre

Courbe d'étalonnage :

Introduire dans une série de 6 fioles jaugée de 25ml :

Numéro de fiole	T	1	2	3	4	5
Solution étalon de phosphore à 1mg/l	0	1	5	10	15	20
Eau permutée (ml)	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg de phosphore	0	0,001	0,005	0,010	0,015	0,020

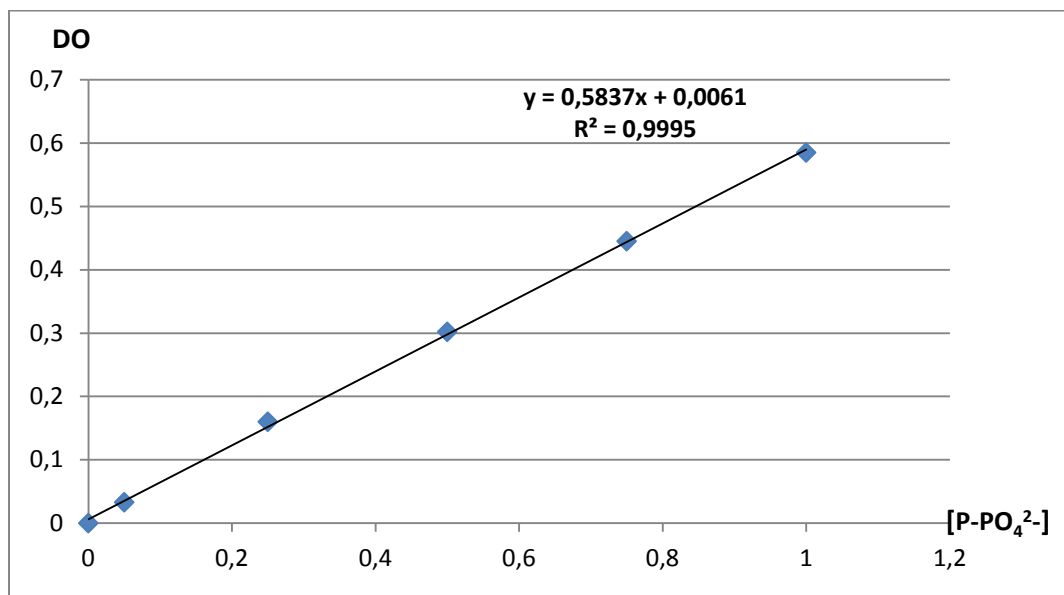
Introduire dans chaque fiole 1ml de solution d'acide ascorbique, agité, puis ajouter 4ml de réactif, mélangé soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25ml. Attendre la stabilisation 30minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800nm en cuve de 1cm. Construire la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire :

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25ml, ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats :

La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en mg pour la prise d'essai.



Dosage des sulfates méthode néphélométrique (Rodier 8ème édition)

Principe :

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre.

Réactifs :

Solution de chlorure de baryum stabilisée:

→ 10g de chlorure de baryum ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$)

→ 20ml de solution tween 20

- solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- solution de tween 20 à 25%

- solution étalon de sulfates de sodium à 150mg/l de sulfates (0.221g de sulfate de sodium anhydre dans 1L).

Matériels :

- 10 fioles jaugées de 100ml.
- spectrophotomètre

Courbe d'étalonnage :

Introduire dans une série de 7 fioles jaugée de 100ml :

N°de Tubes	T	1	2	3	4	5	6
So-étalon de SO_4^{2-} (ml)	0	1	3	5	7	9	10
Eau déionisé	50	49	47	45	43	41	40
Réactif combiné	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance En mg/l de SO_4^{2-}	0	3	9	15	21	27	30

Agiter 2 ou 3 fois énergiquement. Après 15 minutes de repos, agiter de nouveau et faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650nm. Construire la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire :

Dans une fiole introduire :

-50ml d'eau à analyser.

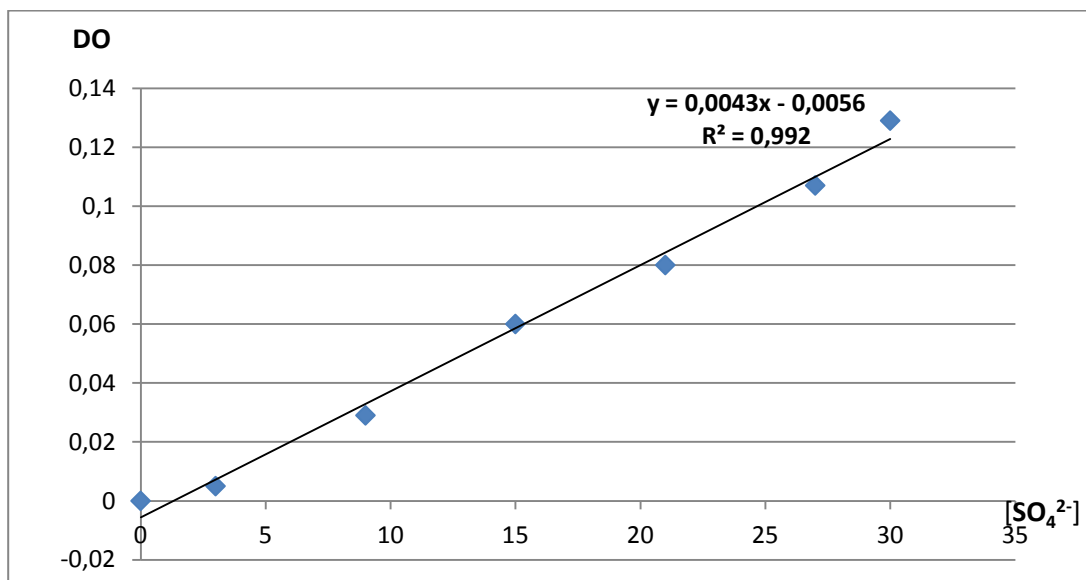
-1ml d'acide chlorhydrique au 1/10

-5ml de solution de chlorure de baryum stabilisée.

Et poursuivre les étapes comme pour la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats :

La courbe donne la teneur en sulfates, exprimée en mg par litre d'eau.



Dosage des Chlorures par Méthode de Mohr (Rodier 9^{ème} édition)

Principe :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Réactifs :

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium à 10%.
- Solution de nitrate d'argent 0,1N.

Mode opératoire :

Introduire 100ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).

Ajouter 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes. Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1N utilisés.

Expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 100ml :

$V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

Détermination de la matière sèche

Principe :

Ce mode opératoire décrit une méthode pour la détermination de la teneur en matière sèche dans les boues.

Réactifs :

- Boue primaire
- Boue recirculé

Appareillage :

- Étuve de séchage réglée à une température de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Dessiccateur
- Balance analytique de précision $\pm 0.1\text{mg/l}$.

Mode opératoire :

- pesé les capsules à vide (noter poids P_1)
- remplit les capsules avec la boue liquide
- pesé les capsules remplies (noter poids P_2)
- Porter l'ensemble à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à ce que le résidu apparaisse sec.

Après refroidissement dans le dessiccateur, peser une autre fois la capsule et son contenu (noter poids P_3).

Calculer les résultats :

$$\text{Siccité \%} = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \times 100$$

$$\text{M.S en (g/l)} = \text{Siccité} \times 10\text{g/l}$$

Le rendement :

- 60ml de boue primaire et 40ml de boue recirculée.

- séchage dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures

Boue primaire/ Boue recirculé (ml)	Siccité (%)	M.S initiale (g/l)
60/40	3.7	37

Calculer le rendement :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{M.S finale} - \text{M.S initiale}}{\text{M.S finale}} \times 100$$

La Variation de pH

Principe :

Varie le pH de boue vers la plage acide on utilise l'acide fort HCL à 0.1N et vers la plage basique on utilise la solution basique NaOH à 30%.

Appareillage :

-pH mètre

Mode opératoire :

L'électrode de pH mètre et rincer à l'aide d'une eau distillée. Etalonner avec des solutions tampons de pH connu. On plonge l'électrode de pH mètre dans la boue mixte. La lecture sera faire après

stabilisation de la valeur de pH. Après chaque mesure de pH, retirer l'électrode puis rincer à l'eau distillée et la sécher à l'aide d'un papier adsorbant.

La variation de vitesse et temps d'agitation

Principe :

-la variation de la vitesse et le temps d'agitation est effectué à l'aide de jar test, où on peut fixer la vitesse à un temps choisie, après fixation de la vitesse on varie le temps et on estime la siccité pour chaque essai.

Appareillage :

-Jar test



Mode opératoire :

On fixe le temps à 1 min et faire varier la vitesse d'agitation de 25 à 300 tr/min après on calcule la siccité et on fixe la vitesse à la meilleure siccité ensuite on varie le temps d'agitation de 30s à 10 min à la vitesse fixé précédemment.

❖ La consommation du polymère utilisé par jour dans la station est de 150Kg/j à 3g/l de concentration.

$$x = \frac{150 \times [\text{poly}]}{[3]} \text{ Kg/j}$$

Après avoir réalisé notre étude on a trouvé des résultats optimaux à :

[CV300]= 1g/l, 50Kg/j donc une réduction de 66% de la consommation.

[43-46]= 2g/l, 100Kg/j donc une réduction de 34% de la consommation.

[1305C]= 3g/l, aucune optimisation de la consommation.