



Mémoire de Master

Présenté par :

-Mersel Milia

- Kherraz Chanez

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Spécialité : Chimie analytique

Thème :

Analyse physico-chimique des effluents de la
laiterie Candia

Soutenu le :12/09/2018

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
Mr SAOU ABD EL HAMIDE	Hydraulique	president
Mr HENACHE ZAHIR	Chimie	Examineur
Mr BOUKEROUI ABD EL HAMIDE	Chimie	Encadreur

Remerciements

Avant tout, on remercie Dieu pour tout le courage et la force qu'il nous a donné pour réaliser ce travail.

Le travail présenté dans ce manuscrit a été réalisé au laboratoire de chimie de l'université A-Mira de Bejaïa et l'unité Candia (Bejaia). C'est pourquoi on tient à remercier tous les membres du laboratoire de nous avoir accueillie et nous ont offert les meilleures conditions de travail que l'on puisse rêver pour réaliser ce modeste travail.

Ce travail a été effectué sous l'encadrement de Monsieur H. BOUKEROVI. On le remercie vivement pour son encadrement brillant et bienveillant ; pour ses conseils précieux et sa disponibilité tout le long de ce travail. C'est grâce à lui que le travail a pris le bon chemin.

On souhaite à présent exprimer notre profonde gratitude à SAOU.A et HANACHE.Z pour l'honneur qu'ils nous ont fait de présider le jury, pour le premier, et examiner notre travail.

Maintenant que tout est fini, on s'aperçoit de la chance qu'on a eue de pouvoir rencontrer et travailler avec vous et dans ces conditions. On croit bien que tout ceci va nous manquer.

Pour conclure, on souhaite remercier toutes nos familles qui nous ont toujours si sincèrement entourées et encouragées et notamment nos parents, nos frères et sœurs.



Dédicaces

Au nom du tout puissant

Je dédie ce travail

A mes très chers et précieux parents qui m'ont toujours soutenu, et à l'intérêt qu'ils ont toujours porté pour mes études, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils font.

Que dieu me les protèges

A mes chers frères : Lyes Houcine, Djilali .

A mes sœurs : Sabrina, Katia

A mes Grand parent

Qui m'ont soutenu, et encouragé durant tout mon cursus.

A mes neveux et nièces

A mes voisins

A toutes mes copines Sonia, Nabila

Et tous mes amis

Et ma belle famille

Je tiens à remercier tous les étudiants de la promotion 2017/2018 CHIMIE ANALYTIQUE et ANALYSE.

Enfin à toute personne qui m'est cher au cœur.

Que Dieu nous rassemble tous au paradis

MILIA





Dédicaces

Au nom du tout puissant

Je dédie ce travail

A mes très chers et précieux parents qui m'ont toujours soutenu, et à l'intérêt qu'ils ont toujours porté pour mes études, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils font.

Que dieu me les protèges

A me cher frère : Sidali

A mes sœurs : Ferial, Salma et Nessrine

A mes Grand parent

A mon fiancé ;Riadh

Qui m'ont soutenu, et encouragé durant tout mon cursus.

A mes voisins

A toutes mes copines

Et tous mes amis

Et ma belle famille

Je tiens à remercier tous les étudiants de la promotion 2017/2018 CHIMIE ANALYTIQUE et ANALYSE.

En fin à toute personne qui m'est cher au cœur.

Que dieu nous rassemble tous au paradis

CHANEZ



Liste des abréviations et symboles
Liste des figures
Liste des tableaux

SOMMAIRE

Introduction générale1

PARTIE THEORIQUE

Chapitre 1 : THEORIE SUR LES REJETS INDUSTRIELS

I-1-Introduction 3

I-2-Définition des rejets industriels 3

I-3-Type de pollution des eaux industrielles 3

I-3-1-La pollution organique 3

I-3-2-La pollution physique 3

I-3-3-La pollution chimique 3

I-4-Les flux des eaux de rejets industriels..... 4

I- 5-Les déférente étapes du nettoyage et de désinfection..... 4

I-5-1 Nettoyage 4

I-5-2 La désinfection 4

I-6 Les systèmes de nettoyage..... 5

I-6 -1 Nettoyage manuel 5

I-6-2 Nettoyage en place (NEP) 5

I-6-3 Le choix de l'équipe du nettoyage 5

I-6-4 La fréquence des opérations de nettoyages et de désinfections 5

I-7- Les produits de nettoyage et de désinfection utilisés dans les laiteries ...6

I-7-1 L'eau..... 6

I-7-2 Les agents de nettoyage..... 6

I-7-2-1 Les détergents alcalins et alcalins chlorés..... 6

I-7-2-2 Les détergents acides	6
I-7-3 Les agents de désinfection.....	7
I-7-3-1 Choix d'un désinfectant	7
I-7-3-2 Désinfection par la chaleur	7
I-7-3 Désinfection par les agents chimiques	7
I-8-Normes internationales.....	7
I-8-1 Normes de rejet	8

PARTIE PRATIQUE

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

II-1 Introduction	10
II-2-Coagulation – floculation.....	10
II-2-1-But de la Coagulation – floculation.....	11
II-2-2-L'objective du travail.....	11
II-3- Coagulation	11
II-3-1-Principe	11
II-3-2-Les coagulants utilisés	11
II-3-3-Choix du coagulant.....	12
II-4 Floculation.....	13
II-4-1 Principe de la floculation	13
II-4- 2 Choix des flocculant	13
II-4-3-Les flocculant utilisés.....	13
II-5-Les avantages et les inconvénients de la Coagulation floculation	15
II-5-1 Avantage	15
II-5-2 Inconvénients	15
II-6-Elimination des particules flocculant par décantation	15
II-7-Essai de Coagulation – Floculation : le Jar test	17

II-7-1-Définition.....	17
II-7-2- Essai de JAR TEST	17
II-7-3-Mode opératoire d'essai sur Jar-test.....	18
II-7-3-1 Mode opératoire de l'influence de la masse du coagulant.....	18
II-7-3-2 Mode opératoire de l'influence de la masse du floculant.....	19
II-7-3-3 Mode opératoire de l'influence de la vitesse d'agitation forte	19
II-7-3-4 optimisation de la durée d'agitation	19
II-7-3-5 Mode opératoire de l'influence de la vitesse d'agitation lente.	20
II-7-3-6 Influence de la durée de décantation	20
II-8 Les Paramètres d'analyses.....	20
II-8-1 La demande chimique en oxygène (DCO).....	20
II-8-1-1 Définition.....	20
II-8-1-2 Principe	20
II-8-1-3-Mode opératoire	21
II-8-2 demande biochimique en oxygène DBO5	22
II-8-2-1 Définition.....	22
II-8-2-2 Principe	23
II-8-2-3 Mode Opératoire.....	23
II-8-3 Conductivité	24
II-8-4 Matière en suspension (MES).....	25
II-8-4-1Matériel utilisé.....	26
II-8-4-2 Mode opératoire.....	27
II-8-5 Le potentiel hydrogène (PH).....	27
II-8-6 La turbidité.....	28
II-8-6-1. Appareillage.....	29
II-8-6-2. Mode opératoire.....	29

II-8-7. Oxygène dissous	31
II-8-7-1 Mode opératoire.....	31

Chapitre III- RESULTATS ET DISCUSSION

III-1 Introduction.....	32
III-2 Etude expérimentale de la coagulation- floculation et décantation.....	32
III-2-1 Etude de l'influence de la masse du coagulant (chaux).....	32
III-2-2 Etude de l'influence de la masse du floculant (bentonite).....	33
III-2-3 Influence de la vitesse d'agitation rapide sur la coagulation-floculation	35
III-2-4 Influence de la vitesse d'agitation lente sur la coagulation-floculation	36
III-2-5 Optimisation de la durée d'agitation sur la coagulation-floculation	38
III-2-6 Influence du temps de décantation sur la coagulation – floculation.....	40
III-3 Paramètres de pollution particulaire	41
III-3-1 Les Matières en suspension(MES)	42
III-3-2 La Demande chimique en oxygène (DCO)	42
III-3-3 La Demande biochimique en oxygène (DBO)	43
III-3-4 la turbidité.....	43
III-3-5 Conductivité électrique.....	43
III-3-6 Potentiel Hydrogéné pH	43
III-3-7 Oxygène dissous	43
CONCLUSION GENERALE	45

Références bibliographiques

Liste des abréviations

NEP	Nettoyage en place.
Turb	Turbidité.
Cond	Conductivité.
MES	Matières en suspension.
DCO	Demande chimique en oxygène.
DBO ₅	Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours.
COD	Carbone organique dissout.
NTU	Nephelométric turbidity unit.
mS/cm	milli Siemens par litre.
tr/min	Tours par minute.

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Coagulation floculation	10
Figure 2 : Forme de la chaux.....	12
Figure 3 : Les principaux constituants généraux de l'argile	14
Figure 4 : La bentonite	14
Figure 5 : Emprisonnement des particules dans les floccs pendant la décantation.....	16
Figure 6: Jar test	18
Figure 7 : Réacteur DCO	22
Figure 8: DBO5	24
Figure 9 : Conductimètre utilisé lors de nos manipulations.....	25
Figure 10 : Dispositif de filtration.....	26
Figure 11 : Balance électronique.....	26
Figure 12 : Étuve	26
Figure 13 : PH- METRE	28
Figure 14 : Turbidimètre TL 31 CIFEC utilisé pour nos manipulations.....	30
Figure 15 : Oxymétrie portatif (oxy 92).....	31
Figure 16 : Influence de la masse de la chaux sur la turbidité	33
Figure17 : Influence de la masse de bentonite sur la turbidité.....	34
Figure 18 : Influence de vitesse rapide sur la turbidité.	36
Figure 19 : Influence de vitesse lente sur la turbidité.	38
Figure 20 : Influence du temps d'agitation sur la turbidité.	39
Figure 21 : Influence de la durée de décantation sur la turbidité.	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeur limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels.....	08
Tableau 2 : les caractéristiques de la chaux vive de SIDER.....	12
Tableau 3 : Les volumes à introduire, intervalle de mesure et les facteurs multiplicateurs ..	23
Tableau 4 : classe de la turbidité usuelle (NTU).....	29
Tableau 5 : les valeurs des paramètres des eaux usées avant le traitement	32
Tableau 6 : Influence de la masse du la chaux sur les paramétré de pollution.....	32
Tableau 7 : Valeurs des paramètres des eaux usées avant le traitement	33
Tableau 8 : Influence de la masse du flocculant sur les paramètres d'analyse.....	34
Tableau 9 : Valeurs des paramètres des eaux usées avant le traitement	35
Tableau 10 : Résultat d'influence de la vitesse d'agitation forte sur les paramètres d'analyse	35
Tableau 11 : les valeurs des paramètres des eaux usées avant le traitement	37
Tableau 12 : Résultat d'influence de la vitesse d'agitation lente sur les paramètres d'analyse	37
Tableau 13 : Valeurs des paramètres des eaux avant le traitement.....	38
Tableau 14 : Résultat d'influence du temps d'agitation sur les paramètres d'analyse.....	39
Tableau 15 : Valeurs des paramètres des eaux usées avant le traitement	40
Tableau 16 : Résultat de l'influence de la durée d'agitation sur les paramètres d'analyse	40
Tableau 17 : Résultat de mesure des matières en suspension (MES)	42

INTRODUCTION GENERALE

Les eaux résiduaires industrielles laitières résultent exclusivement de rinçage et de nettoyage. Ces eaux sont constituées à la réception du lait ou au poste de remplissage des récipients, au nettoyage des stérilisateurs et évaporateurs ainsi que les diverses installations de laiteries. Elles sont polluées par des traces de lait, parfois aussi par les produits chimiques utilisés pour le nettoyage et la désinfection (l'acide nitrique, la soude et le désinfectant ...). Pour les eaux provenant de l'atelier de beurrerie, celles-ci, vu leur teneur en graisses et en sels nutritifs, sont évacuées avec les eaux résiduaires [1]. La réglementation en matière de gestion de ce type d'effluents se reporte à deux textes :

- Le règlement sanitaire départemental (*circulaire du 9 août 1978* : « Si les eaux résiduaires ne sont ni épandues, ni vidangées, elles doivent être épurées avant leur rejet dans le milieu naturel »
- Le décret relatif au déversement et à l'épandage des effluents d'exploitations agricoles (*décret du 12 juin 1996*) : «Le déversement direct d'effluents d'exploitations agricoles dans les eaux superficielles, souterraines ou eaux de mer est interdit » [2].

L'épuration de ce type des eaux consiste à l'amélioration de leurs caractéristiques physico chimiques et biologiques, de telle façon à ce que la qualité des eaux traitées obéisse aux normes requises. Le plus couramment utilisé pour ce type d'eaux est ; le traitement biologique, qui se base sur la capacité de microorganismes à dégrader la pollution carbonée, azotée et phosphatée ; le traitement biologique connaît beaucoup d'amélioration, mais après ces traitements, l'eau contient toujours une quantité de substance composée de matière en suspension, de colloïdes de suspension en très fines particules difficilement détectable. Dans ce cas ; le procédé le plus utilisé est le traitement physico-chimique par coagulation – floculation et décantation d'où ce procédé est appliqué directement à l'eau brute, de ce fait, il est, avec l'oxydation, l'un des procédés le plus important dans les filières de traitement des eaux. Ces eaux contiennent des substances qui proviennent à la fois de l'environnement naturel et du résultat des activités humaines ; substances organiques et inorganiques dissoutes, organismes vivants et matières en suspension. Les contaminations d'origine naturelle résultent de l'érosion des sols et de la dissolution des minéraux. Elles peuvent encore consister en organismes vivants, telles que les bactéries et algues et en végétaux décomposés [3].

L'objectif de notre travail est de voir l'efficacité de cette méthode (coagulation –floculation) pour l'élimination de la matière en suspension contenues dans les rejets de la laiterie CANDIA (Bejaia).

Nous allons d'abord trouver la masse optimale de coagulant et de flocculant ainsi que la vitesse et le temps utilisé à l'aide d'un jar test. Ce test permet d'étudier l'influence de quelques paramètres tels que : la turbidité, le pH, la conductivité, les MES ; la DCO et la DBO.

Ce mémoire comporte trois (03) chapitres :

Le premier chapitre est relative aux généralités sur les rejets industriels et le deuxième chapitre contient la description des matériels et méthodes ; Dans le dernier chapitre, nous nous sommes intéressés à l'étude de la coagulation suivie de la floculation réalisées dans une installation appelée Jar-test, suivie de la décantation où on procède à l'optimisation de certains paramètres liés à la pollution, à savoir : la quantité de coagulant, la quantité de flocculant, la vitesse d'agitation et on termine par l'analyse des effluents avant et après le traitement.

Enfin, on termine notre travail par une conclusion générale.

I-1-Introduction

Pour qu'un écosystème aquatique puisse se développer de façon équilibré, il faut que la qualité de l'eau soit bonne. Dans le cas contraire, lorsque les qualités de l'eau sont dégradés et l'écosystème aquatique perturbé, on parle de la pollution de l'eau.

I-2-Définition des rejets industriels

Les eaux résiduaires industrielles sont des déchets liquides résultant, selon les activités exercées, de la composition, la fabrication et le nettoyage d'un produit. Comme ce procédé utilise une grande variété de produit chimique et souvent toxique, les rejets industriels constituent une belle soupe de produits nocifs [4].

Les rejets industriels peuvent être à l'origine de différent type de pollution de l'eau. Les principales sont la pollution organique, le rejet de la matière en suspension, la pollution toxique (hydrocarbures, organochlorés, pesticides), thermique (rejets d'eau chaudes issues de certains industriels) ou radioactive (rejet d'effluents aqueux chargé en substances radioactives [5,6].

I-3-Type de pollution des eaux industrielles

I-3-1-La pollution organique

La pollution organique se compose de substances qui se décomposent (multiplicité des micros organismes) en consommant l'oxygène dissout présent dans le milieu aquatique [7].

I-3-2-La pollution physique

Les eaux usées contiennent les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [8].

I-3-3-La pollution chimique

L'utilisation de diverses substances chimiques pour les besoins du développement industriel entraîne dans presque toutes les régions du monde, une dissémination dans le milieu naturel, d'une multitude de résidus toxiques. Ces substances sont présentes habituellement dans les eaux à l'état de traces, sont le plus souvent capables de s'accumuler dans les tissus végétaux, animaux et de se concentrer au niveau des différentes chaînes et atteignent ainsi des concentrations dangereuses en fin de chaîne « animaux supérieurs et l'homme [9].

I-4-Les flux des eaux de rejets industriels

Les eaux usées industrielles peuvent comporter les flux suivants [10]:

- Eaux de lavage des équipements.
- Eaux de refroidissement par contact.
- Eaux de purge de chaudières.
- Vidanges de réacteurs.
- Vidanges de réservoirs ou de conduites.

I- 5-Les différentes étapes du nettoyage et de désinfection

I-5-1- Le nettoyage

Elle consiste à préparer les surfaces à nettoyer afin de les exposer aux agents de nettoyages et de désinfection. Le processus de nettoyage et de désinfection comporte deux opérations distinctes mais totalement liées les unes aux autres.

Le nettoyage est une opération qui a pour but de rendre physiquement propre les surfaces, en les débarrassant de souillures visibles (physique, et Chimique) [11].

Ils sont au nombre de quatre [12] :

- élimination de grosses souillures apparentes
- élimination des protéines par solubilisation
- évacuation des matières grasses par saponification
- élimination des incrustations minérales par détartrage ou grattage.

I-5-2- La désinfection

La désinfection permet d'éliminer ou de tuer, les microorganismes et/ou d'inactiver les virus indésirables sur les milieux inertes contaminés en fonction des objectifs fixés (**Norme AFNOR NF T 72. 101.198**).

La désinfection doit être réduite à zéro ou à un taux insignifiant ,les micro-organismes indésirables dans les industries agro-alimentaire. Elle doit se faire associée au nettoyage ou après ce dernier.

I-6 Les systèmes de nettoyage

I-6 -1 Nettoyage manuel

C'est une opération très délicate qui fait appel à des matériels suivant : des brosses, des goupillons, des lavettes Elle doit avoir une bonne action détergente et une action anticalcaire [13].

I-6-2 Nettoyage en place (NEP)

Il est utilisé pour le nettoyage des surfaces internes et les tuyauteries sans toutefois les démonter et l'action mécanique ici est assurée par la vitesse de circulation des produits et les forces d'impact sur les parois. Le principe repose sur la circulation d'eau, d'agent de nettoyage et de désinfectant par pompage [14].

I-6-3 Le choix de l'équipe du nettoyage

A ce niveau trois choix peuvent s'opérer [15]

• Equipe de production

Dans ce cas, c'est l'ensemble du personnel de production qui est chargé du nettoyage et de la désinfection. Ce choix convient aux petites unités de transformation.

• Equipe spécialisée interne

Ici ,le personnel affecté aux opérations de nettoyage est recruté à temps plein pour cette tâche, soit pendant la période de production soit en fin de production. Cependant ce choix a des limites parmi lesquelles : le problème de motivation du personnel de nettoyage, la qualité de l'équipement mis à la disposition de ce personnel.

• Externe ou prestataire de service

Celle-ci présente de nombreux avantages dont la maîtrise des coûts et de la qualité des opérations de nettoyage et de désinfection, une meilleure gestion des produits chimiques et une bonne maintenance du matériel de production et de nettoyage. Cependant les limites peuvent être la crainte de la dégradation du matériel et des locaux de fabrication ainsi que les difficultés dans le choix d'un partenaire fiable.

I-6-4 La fréquence des opérations de nettoyages et de désinfections

Elle est variable et peut se faire :

- plusieurs fois par jour après chaque interruption majeure,
- une fois à la fin de chaque production.

Le matériel utilisé pour la préparation et pour le transport des produits doit être soigneusement nettoyé et désinfecté plusieurs fois au cours d'une même journée de travail ainsi qu'à la fin de la journée [16].

I-7- Les produits de nettoyage et de désinfection utilisés dans les laiteries

I-7-1 L'eau

L'eau sert de solvant à l'égard de l'ensemble des agents de nettoyage et de désinfection. Elle peut représenter entre 95 et 99 % de solution de lavage [11]. Elle est aussi utilisée pour les rinçages intermédiaires et le rinçage final de l'équipement. La qualité microbiologique et chimique de l'eau revêt une importance capitale du point de vue du rendement des procédures de nettoyage. En principe on devrait utiliser de l'eau potable pour le nettoyage [17, 18].

Cependant certains agents de nettoyage et notamment les alcalins, sont capables de précipiter les sels de calcium et de magnésium de l'eau dure, sous forme de sels insolubles. La pureté microbiologique de l'eau à utiliser pour le rinçage finale doit être irréprochable. Si ce n'est pas le cas, on pourrait y ajouter du chlore à faible concentration.

I-7-2 Les agents de nettoyage

I-7-2-1 Les détergents alcalins et alcalins chlorés [19]

Les détergents alcalins permettent l'élimination des souillures organiques car ils saponifient les graisses et solubilisent les protéines. Ainsi deux formules sont possibles :

- Les produits de bases (poudres et liquides) : Ce sont la soude, la potasse, le carbonate de soude.
- Les produits formulés (poudres et liquides) : Comprenant une base alcaline (soude, carbonate, à laquelle s'ajoutent divers produits (phosphates, silicates) pour éviter l'entartrage.

I-7-2-2 Les détergents acides

On appelle détergent acide toute composition à caractère acide ayant pour fonction de participer à l'élimination d'une souillure formée sur une surface par le procédé de fabrication en bio-industrie. [20] Parmi ces acides il y a :

- L'acide chlorhydrique.
- L'acide nitrique.
- L'acide phosphorique.
- L'acide acétique.

- L'acide sulfonique.
- L'acide formique.
- L'acide sulfurique.

I-7-3 Les agents de désinfection

I-7-3-1 Choix d'un désinfectant

Il dépend des qualités générales suivantes [21]

- Son efficacité sur les microbes.
- Son action à faible concentration.
- Sa stabilité pendant l'utilisation.
- Son absence de danger pour les utilisateurs même a forte concentration.
- Son absence d'actions corrosives sur les matériels.
- Son absence de toxicité et aptitude à être rincé facilement.
- Son caractère bon marché.

I-7-3-2 Désinfection par la chaleur

L'utilisation de la chaleur sous la forme de la vapeur ou d'eau chaude est un mode de désinfection largement utilisé car la vitesse de désinfection thermique des microorganismes dépend de la température, de l'humidité, du type de microorganisme et du milieu [22].

I-7-3 Désinfection par les agents chimiques

Les désinfectants chimiques ont comme avantage d'être faciles d'utilisation et d'avoir un coût énergétique faible. Cependant, les inconvénients sont nombreux : la plupart d'entre eux sont rendus inefficaces par la présence de matières organiques ; certains peuvent causer la corrosion des métaux ; ils ne sont pas efficaces contre tous les microorganismes ; il y a un risque d'adaptation de la part des microorganismes ; il y a un risque d'interférences avec les solutions de lavage ; ils doivent être approuvés par les autorités gouvernementales et même s'ils sont entreposés de façon sécuritaire, ils peuvent se dégrader avec le temps [11].

I-8-Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive ou un décret de loi.

I-8-1 Normes de rejet

Le décret exécutif N° 09-209 du 11 juin 2009, du journal officiel de la république algérienne N° 36 .fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement dans eaux usées autres que domestique dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration. Les valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestique au moment de leur déversement ou dans une station d'épuration dans le tableau 1.

Tableau 1 : Valeur limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

N°	Paramètre	Unité	Valeur limite
01	Température	°C	30
02	pH	-	5,5 - 8,5
03	MES	Mg/l	600
04	Azote global	"	150
05	Phosphore Total	"	50
06	DCO	"	1000
07	DBO5	"	500
08	Aluminium	"	5
09	Argent	"	0.1
10	Cyanures	"	0,1
11	Fluor	"	10
12	Phénols	"	1
13	Hydrocarbures Totaux	"	10
14	Arsenic	"	0.1
15	Bérylium	"	0.1
16	Cuivre	"	1

Chapitre I: THEORIE SUR LES REJETS INDUSTRIELS

17	Mercure Total	"	0,01
18	Plomb	"	0,5
19	Chrome Trivalent	"	2
20	Cadmium	"	0.1
21	Manganèse	"	300
22	Nickel	"	2
23	Zinc et composé	"	2
24	Fer	"	1
25	sulfates	"	400

II-1 Introduction

La coagulation/floculation est souvent appliquée pour le traitement des eaux usées contenant des polluants : elles permettent de rassembler des ions, des molécules ou des colloïdes par un jeu complexe de phénomènes physico-chimiques (précipitation, adsorption...) dans le but de réduire la demande chimique en oxygène (DCO), la demande chimique biologique (DBO) et les matières en suspension (MES). Elle peut aussi être utilisée comme procédé principal de traitement. Ce procédé est basé sur l'addition d'un coagulant qui va former des floccs avec les polluants organiques. Ces floccs sont ensuite éliminés par décantation. La coagulation-floculation peut réduire d'une façon notable les substances organiques malgré leur état dissous [23]

II-2-Coagulation – floculation

La coagulation- floculation est un procédé de traitement physicochimique d'épuration de l'eau. Elle facilite l'élimination des matières en suspension (MES) et des colloïdes en les rassemblant sous forme de floccs. C'est donc un traitement physique qui permet d'éliminer toute une partie des polluants des effluents notamment les fractions particulières inertes ou vivantes, les fractions floculable des matières organiques et de certains métaux lourds, les micropolluants associés aux MES et les macromolécules colloïdales [24].

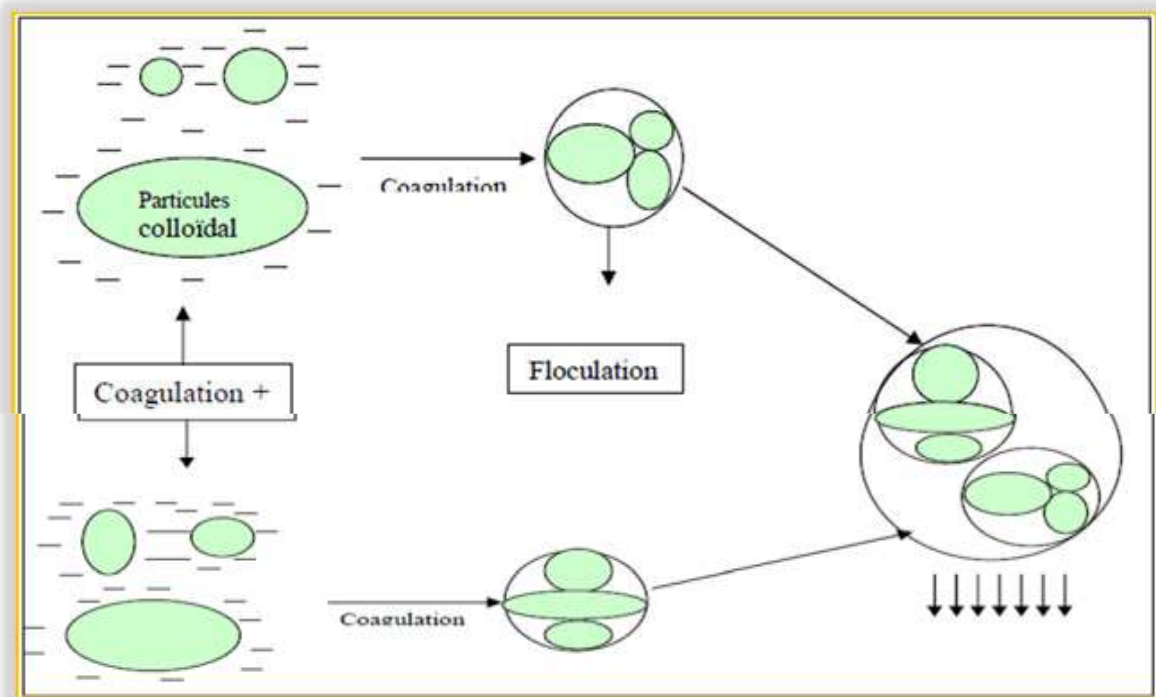


Figure 1 : Processus de Coagulation-floculation [27].

II-2-1-But de Coagulation – floculation

L'opération de coagulation floculation a pour but la croissance des particules qui sont essentiellement colloïdales par déstabilisation des charges électrostatiques des particules en suspension puis formation des floes par absorption et agrégation [25]. Les floes ainsi formés seront décantés.

II-2-2-Objectif de la coagulation-floculation

C'est de contribuer à l'élimination de la turbidité, des matières organiques dissoutes(COD) de certains micropolluants minéraux ainsi que des microorganismes [26].

II-3-Coagulation :

La coagulation consiste à la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives [27].

II-3-1-Principe :

Le mot coagulation vient du latin coagular qui signifie «agglomère». Les particules colloïdales en solution sont naturellement chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste à la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire, des réactifs chimiques nommés coagulants [28].

II-3-2- Coagulants utilisés

Les coagulants sont des produits qui neutralisent les charges de surface des matières colloïdales. Parmi les coagulants utilisé pour déstabiliser les particules colloïdales on trouve la chaux [24] .

a) La définition de la chaux :

La chaux hydratée « $\text{Ca}(\text{OH})_2$ » utilisée au cours de cette étude est un produit commercial fabriqué par SIDER. Elle est obtenue par extinction de la chaux vive. Les caractéristiques de la chaux vive « CaO » produite par SIDER sont regroupées dans le Tableau 2 suivant :

Tableau 2 : les caractéristiques de la chaux vive de SIDER

CaO	$\geq 95\%$
CO ₂ residual	$\leq 2\%$
Densité	0,9 tonne/m ³
Humidité	0-0,5 %
S	< 0,005%
Granulométries	12,5 -50 microns



Figure 2 : forme de la chaux

II-3-3-Choix de coagulant :

Le choix de coagulant est très large et son influence est grande sur les procédés envisagés pour effectuer la séparation (sédimentation, flottation, filtration) et pour limiter la quantité des effets. Les coagulants sont des produits minéraux ou organiques. La connaissance de leur chimie, leur structure et des mécanismes d'interaction avec les minéraux sont nécessaire afin d'optimiser le procédé. [29]

II-4 Flocculation :

Elle correspond par définition à la formation des floccs qui sont des agrégats particulaires. C'est la deuxième étape de la formation des particules décantable à partir des colloïdes déstabilisées. Ceci est dû à une agitation lente ; qui transforme les particules en floccs de plus grande taille pour permettre la séparation par décantation.

II-4-1 Principe de la flocculation

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elle entre en contact les unes avec les autres. Les taux d'agglomération des particules dépendent de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La flocculation a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquelles sont provoquées par la différence de vitesse entre ces particules [27]. Ce phénomène est pour but la formation de floccs de taille plus importante. On utilise, pour ce faire des flocculant. [28]

II-4- 2 Choix des flocculant :

Ce sont des produits chimiques qui agissent par absorption ou par neutralisation sur une eau brute qui ne contient pas assez de matières en suspension. Les flocculants connus sont la silice activée, certaine argiles colloïdales comme la bentonite, le charbon actif en poudre, certains hydroxydes à structure polymère comme l'alumine ou l'hydroxyde ferrique [31] .

II-4-3-Les flocculant utilisés :

L'argile est un excellent absorbant, dont les propriétés de rétention sont bien connues en agriculture. Elle les fixe à la surface de ses microcristaux. Les roches argileuses sont formées de mélange de minéraux argileux auxquels viennent s'ajouter des minéraux tels que les feldspaths, du quartz du mica Du point de vue chimique, les argiles sont des silicates d'aluminium contenant entre autres des rations alcalins, alcalines-terreux et du fer. Dans le domaine des eaux potables, la bentonite est utilisée essentiellement comme adjuvant de flocculation dans le but de recharger artificiellement une eau contenant trop peu de matières en suspension, ceci afin d'obtenir une meilleure décantation [32,33]. Dans la plupart des études sur la flocculation par les argiles, il s'agit en fait de considérer les suspensions d'argile (kaolinite, bentonite...) comme une représentation synthétique des particules colloïdales présentes dans les eaux de rivières, ceci afin de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu autour de la coagulation.

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (ouest algérien), plus particulièrement la carrière de Maghnia (Hammam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem avec des réserves de deux millions de tonnes [34]. Des études [35], ont mis en évidence l'affinité de la bentonite vis-à-vis de polluants métalliques grâce à sa grande capacité d'échange ionique. En phase liquide la bentonite peut présenter une grande sélectivité d'absorption de certains composés organiques [33].

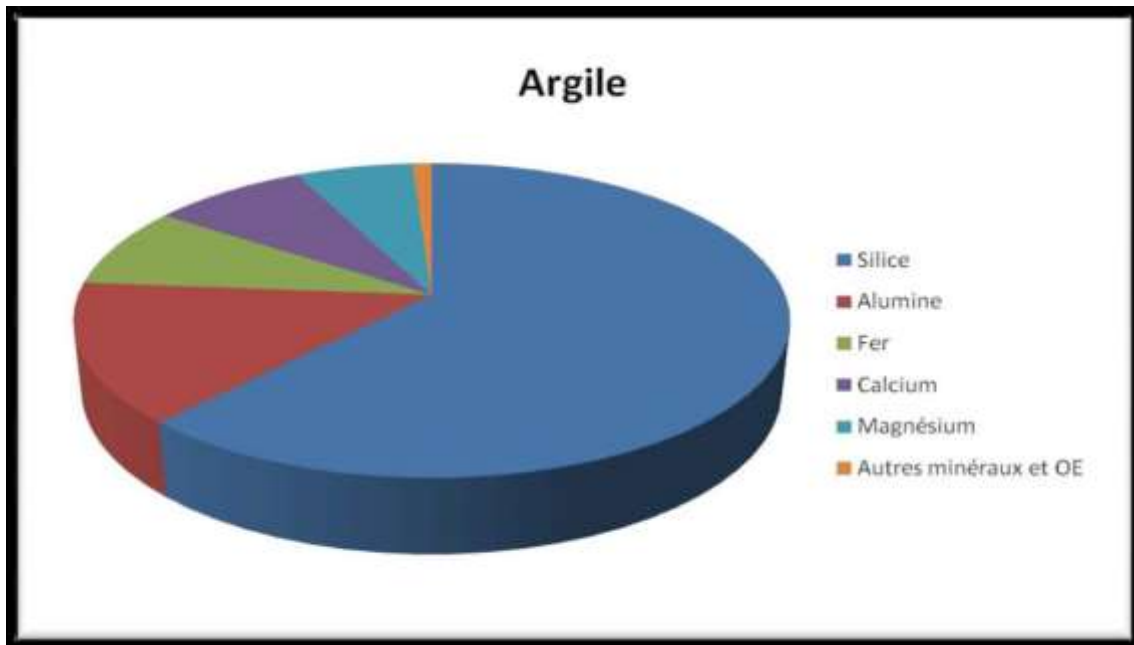


Figure 3: Les principaux constituants de l'argile.



Figure 4 : La bentonite

II-5-Les avantages et les inconvénients de la Coagulation – floculation :

II-5-1 Avantages :

- L'utilisation de ce procédé chimique est très répandue il y a donc beaucoup d'équipement déjà existant et une multitude d'agents chimiques disponibles.
- Les systèmes de coagulation – floculation chimiques sont généralement automatisés et demandent donc peu de surveillance et d'entretien. Cependant une main-d'œuvre hautement qualifiée n'est seulement pas nécessaire.
- Contrairement aux systèmes biologiques, ce système requiert moins d'espace et les coûts d'installation sont moins importants.
- Une réduction significative est obtenue en termes de micropolluants de métaux lourds, de bactéries et de virus.
- Les systèmes chimiques de coagulation – floculation peuvent être conçus afin d'obtenir un produit à valeur ajoutée [37].

II-5-2 Inconvénients :

Puisqu'il y a plusieurs réactions en compétition dans ce type de système chimique et plusieurs degrés d'alcalinité en plus des autres facteurs influençant le procédé, il est particulièrement difficile d'établir les bons dosages. Beaucoup d'essais à l'échelle laboratoire sont donc nécessaires pour trouver un traitement optimal. Une surdose du coagulant chimique peut diminuer l'efficacité du système.

- Les coagulants utilisés sont souvent corrosifs, des normes de sécurité doivent être respectées afin que les travailleurs manipulent cette substance avec précaution.
- En eau froide, le processus est peu efficace.
- Pour les pays en voie de développement, les coagulants chimiques peuvent être trop coûteux [37].

II-6-Elimination des particules floculantes par décantation :

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Les propriétés physiques de ces particules sont donc modifiées pendant le processus de décantation, les particules s'agglomérant à un certain rythme et les particules qui en résultent de cette agglomération sont à la fois plus grosses et moins denses que les

particules initiales. On doit donc, dans la plupart des cas procéder à des essais de laboratoire [38].

La décantation d'une solution diluée des particules flocculant est fonction non seulement des caractéristiques de décantation de ces dernières, mais également de leurs caractéristiques de floculation. En effet, l'agglomération des particules favorise la décantation même si la densité des particules résultantes est inférieure à celle des particules initiales, ainsi que la viscosité dynamique de l'eau.

La floculation joue un rôle important dans le procédé de décantation.

Le taux de floculation des particules est fonction [38] :

- De la distance que les particules parcourent.
- De la charge superficielle
- Des gradients de vitesse dans le bassin
- De la concentration des particules.
- Du diamètre des particules.

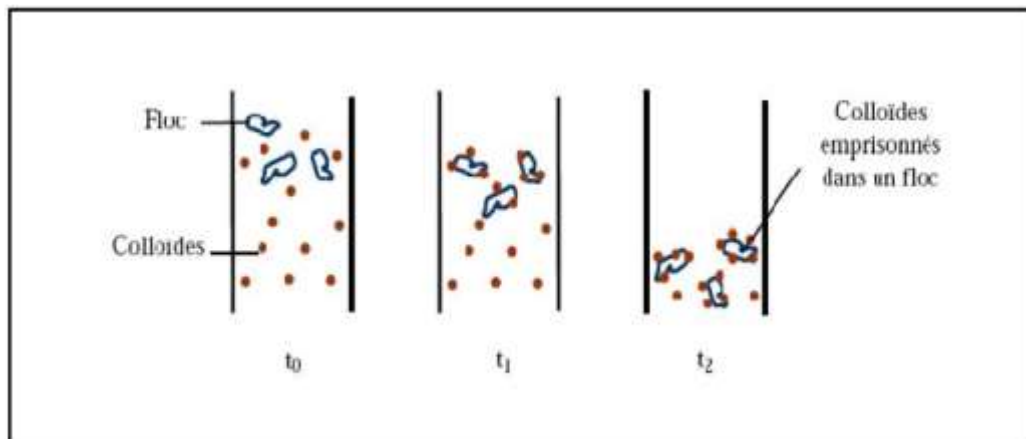


Figure 5 : Emprisonnement des particules dans les flocc pendant la décantation.

La manipulation :

Les expériences ont été réalisées au laboratoire d'analyse du département de chimie, université de Bejaïa.

Afin de choisir les meilleures masse de coagulant et de flocculant, nous avons fait l'étude de l'influence de la vitesse et du temps d'agitation, sur la coagulation flocculation et aussi l'étude de l'influence temps de décantation, en utilisant pour chaque cas la méthode Jar- test.

II-7-Essai de Coagulation – Flocculation par la méthode Jar test

II-7-1-Définition

Le Jar test est la méthode la plus ancienne, la moins onéreuse et la plus simple. De ce fait, c'est la méthode la plus utilisée [35]. Depuis 50 ans, le Jar test est la technique standard utilisée pour optimiser l'addition de coagulants et de flocculant dans le domaine du traitement de l'eau [36]. Elle consiste à remplir 04 béchers par l'eau à traiter en ajoutant à chacun d'entre eux une masse croissante de coagulant et de flu à attendre le temps nécessaire pour que l'eau décante après flocculation [35].

Le Jar test que nous avons utilisé est de marque FLOCCULATEUR équipé de quatre béchers muni de 04 agitateurs dont la vitesse de rotation peut varier entre 0 et 200 tr/mn. Les pôles sont de type à hélices et le volume des béchers utilisés est de 01 litre.

II-7-2 Essais de Jar-Test :

Le but des essais de Jar-Test est de déterminer les masses optimales du coagulant et du flocculant utilisé pour le traitement de l'eau usée. Après les temps est les dures d'agitation, décantation Et les étapes suivies sont comme suite :

- La masse de coagulant ;
- La masse de flocculant ;
- La vitesse d'agitation rapide lors de la coagulation ;
- La durée de coagulation ;
- La vitesse d'agitation lente lors de la flocculation ;
- La durée de flocculation ;
- La durée de décantation ;



Figurée 6 : Image du jar test utilisé

II-7-2-Mode opératoire d'essai sur Jar-test :

Afin de poursuivre le phénomène de la coagulation-floculation et l'optimisation des paramètres qui influent (masse optimale de coagulant, la masse flocculant, la vitesse rapide et faible, et le temps d'agitation, durée décantation), nous avons effectué des séries d'essais sur Jar test en laboratoire.

II-7-3 Mode opératoire de l'influence de la masse de coagulant

Afin de déterminer l'influence et l'optimiser la masse de coagulant, nous avons procéder comme suit :

- Fixe le temps d'agitation 3 min
- pH naturel de l'eau
- Remplir les bécher par l'eau usée (volume =1l)
- On fixe les valeurs de la masse en coagulant à 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9,1 g
- Agiter à 150 tr/min

- Après 2 min d'agitation à 150 tr/min on ajoute 2 g de bentonite et on continue d'agiter jusqu'à 3 min.
- On abaisse à 30 tr/min pendant 20 min
- On arrête l'agitation et on décante 40 min
- Après 40 min de décantation on mesure la conductivité, la turbidité et le pH,

II-7-3-1 Mode opératoire de l'influence de la masse de flocculant

- Temps d'agitation 3 min
- pH naturel de l'eau
- Introduire la masse de coagulant(0.8g)
- Remplir les bécher par l'eau usée (volume =1l)
- Après 2 min d'agitation à ajoute les masses fixes de flocculant à 0.5, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2.25 et 2.5 g.
- Agiter à 150 tr/min pendant 3 min
- On abaisse à 30 tr/min pendant 20 min
- On arrête l'agitation et on laisse décanter 40 min.
- Après la décantation mesurer les paramètres suivants : le pH, la turbidité et la conductivité

II 7-3-2 Mode opératoire de l'influence de la vitesse d'agitation forte

- temps d'agitation 3 min
- pH naturel de l'eau
- Remplir les bécher par l'eau usée (volume =1litre)
- Introduire la masse de coagulant optimum (0.8g)
- Introduire la masse de flocculant optimum (1g)
- Fixer la vitesse d'agitation à 80, 120, 150, 180, 200 tr/min
- On mélange la masse de coagulant optimum et après 2 min d'agitation, on ajoute la masse optimum de flocculant et on continue l'agitation jusqu'à 3 min.
- On abaisse à 30 tr/min pendant 20 min
- On arrête l'agitation et on décante pendant 40 min

Après la décantation on mesure les paramètres suivants : le pH, la turbidité et la conductivité.

II-7-3-4 optimisation de la durée d'agitation

- Remplir les bécher par l'eau usée (volume =1l)
- On ajoute la masse optimale de coagulant trouvée précédemment
- on agite les béchers à la vitesse optimale trouvée précédemment (150tr/min)pendant 2 min, puis on ajoute 1g de flocculant et on continue d'agiter jusqu'à 3 min.

-Après 3 min, on diminue la vitesse d'agitation à V_{max} (tr/min) et on agite pendant des durées fixées à 15, 18, 20, 25, 30, 35 min.

-On arrête l'agitation et on décante pendant 40 min

-Après la décantation, on mesure les paramètres suivants : le pH, turbidité et la conductivité

II-7-3-5 Mode opératoire de l'influence de la vitesse d'agitation lente

- -Verser dans chaque bécards 01 litre d'eau usée (volume =1l) et la dose optimum de coagulant
- -Fixer la vitesse d'agitation forte optimum (tr/min)
- On agite les bécards à la vitesse forte optimale trouvée 150 tr/min pendant 2 min
- On ajoute le flocculant et on continue d'agiter jusqu'à 3 min.
- Après 3 min on diminue la vitesse d'agitation pour la fixer entre 20, 25, 30, 35 et 40 tr/min et on agite pendant la durée optimum trouvée précédemment.
- On arrête l'agitation et on laisse décanter 40 min

Après la décantation, on mesure les paramètres suivants : le pH, turbidité et la conductivité.

II-7-2-6 Influence de la durée de décantation

- Remplir les bécards par l'eau usée (volume =1l)
- Fixer la vitesse d'agitation forte optimum (150tr/min)
- On ajoute la dose optimale de coagulant, on agite les bécards à la vitesse forte optimale pendant 2 min, puis on ajoute la dose optimum de flocculant et on continue d'agiter jusqu'à 3 min.
- Après 3 min on diminue la vitesse d'agitation et on agite pendant la durée optimum trouvée précédemment.
- On arrête l'agitation et on laisse décanter pendant 20, 25, 30, 35 et 40, 50 min.

Après la décantation, on mesure les paramètres suivants : le PH, turbidité et la conductivité.

II-8 Les Paramètres d'analyses :

II-8-1 La demande chimique en oxygène (DCO) :

II-8-1-1 Définition :

La demande chimique en oxygène (DCO) : c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique certaines matières organiques ou inorganiques contenues dans l'eau. Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables [39].

II-8-1-2 Principe :

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium « $K_2Cr_2O_7$ » en milieu acide dans une solution portée à ébullition à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^+ comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures.

L'oxygène consommé en mg/l est calculé après détermination de l'excès de dichromate de potassium par titration avec du sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de MOHR) [36]

a) Matériel nécessaire :

Un réacteur pour le chauffage à 150 C° ;

Les équipements nécessaires sont comme suit :

- Pipette graduée double trait ;
- Matras à goulot large ;
- Ballons gradués ;
- Burette ;
- Cylindres gradués.

b) Réactifs :

- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,04 mol/l et contenant du sulfate de Mercure (II) ;
- Solution d'acide sulfurique ;
- Solution sulfate d'argent ;
- Solution sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de MOHR) $[(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ à 0,12 mol/l ;
- Solution indicateur Féroïen

II-8-1-3-Mode d'opérateur :

•Digestion de l'échantillon :

- Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse (diluer si nécessaire) dans le tube de l'appareil, ajouter 5 ml de solution de dichromate de potassium ;
- Ajouter avec précaution 15 ml d'acide sulfurique et de sulfate d'argent et raccorder immédiatement le tube au réfrigérant ;
- Répéter les deux étapes précédentes pour tous les échantillons à analyser mais aussi pour les deux échantillons à blanc (10 ml d'eau distillée) ;
- Amener le mélange réactionnel à ébullition pendant 120 minutes à 150 C° ;
- Rincer les réfrigérants à l'eau distillée et refroidir les tubes

•Titrage de l'échantillon :

- Transvaser le contenu de chaque éprouvette en matras à goulot large, rincer avec l'eau distillé 3 ou 4 fois.
- Ajouter 5 ou 6 goutte de l'indicateur coloré Féroïne.
- Après le refroidissement, titrer avec une solution de sulfate de fer ferreux et d'ammonium jusqu'au moment où la couleur de la solution change de vert bleu à orangé

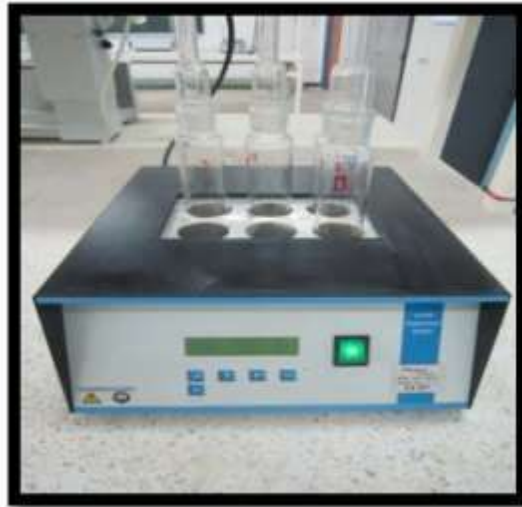


Figure 07 : Réacteur DCO

•Expression des résultats :

La valeur de DCO exprimée en mg/l est calculée par la formule suivante :

$$\text{DCO} = 8000 * (\text{Vt} - \text{Ve}) * \text{N} / \text{X} \dots \dots \dots (\text{eq 1})$$

Où :

N : Concentration de la solution de sel MOHR déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/l ;

X : Volume de la prise d'essai en ml ;

Vt : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai à Blanc ;

Ve : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'échantillon.

II-8-2 demande biochimique en oxygène DBO5 :

II-8-2-1 Définition

C'est la quantité d'oxygène exprimée en milligrammes, qui est consommée dans les conditions d'essai (incubation durant 05 jours à 20°C et à l'obscurité) par la matière organique biodégradable présentes dans 1 litre d'échantillon [40].

II-8-2-2 Principe

La mesure de la DBO5 avec le système OxiTop est basée sur le principe de la pression de (Mesure par différence) créée par la consommation de l'oxygène par les microorganismes et qui est mesurée par une sonde de pression électronique.

a) Matériel :

- Système OxiTop complet avec enceinte réfrigérante.

b) Méthode : Méthode manométrique OxiTop avec une enceinte réfrigérante.

II-8-2-3 Mode Opérateur :

•Préparation de l'échantillon :

Le volume à introduire dans le flacon d'analyse est en fonction de la DBO5 attendue. Celle-ci est déterminée en évaluant la DBO5 \approx 80% de la DCO. Il est impératif de déterminer la DCO avant de lancer l'analyse de la DBO5.

TABLEAU 03 : volumes à introduire, intervalle de mesure et les facteurs multiplicateurs

Volume de l'échantillon (ml)	Intervalle de mesure	Facteur de multiplication
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50

•Digestion de l'échantillon :

- Mettre un volume d'échantillon à analyser dans 1 flacon ambré
- Mettre le barreau agitation dans le flocon pour assurer une dispersion permanente.
- Mettre deux pastilles de (NaOH) dans l'insert en caoutchouc.
- Fermer le flacon avec la tête OxiTop® IS6CONTROL.
- Mettre les flacons dans le portoir de stockage à incubation sous T= 20 °C pendant cinq jours.

La DBO5 est donne par la formole :

$$DBO5= V*f.....Eq 2$$

Avec :

V : la valeur affichée.

F : facturé de dilution.



Figure8 :DBO5

II-8-3 Conductivité :

La conductivité : c'est une caractéristique physico-chimique de l'eau ;Elle est liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Les matières organiques et colloïdales ne présentent qu'une faible conductivité. Elle varie avec la température.

La conductivité électrique est l'aptitude à conduire un courant d'une solution mise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface séparées d'une distance de l'une de l'autre de 1 cm.

La conductivité électrique s'exprime en micro siemens/cm.

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration des sels dissouts dans l'eau. Une conductivité élevée traduit une salinité élevée [41,42].



Figure 9 : Conductimètre utilisé lors de nos manipulations

II-8-4 Matière en suspension(MES) :

Les MES traduisent la teneur des matières flottantes en suspension dans l'eau. La mesure de MES a pour but de contrôler le fonctionnement du bassin de décantation [40].

La détermination des matières en suspension dans l'eau est réalisée soit par filtration, soit par centrifugation et séchage à 105 C° puis pesée [39].

II-8-4-1 Matériels utilisé :

- Dispositif de filtration ;
- Balance ;
- Capsules ;
- papier Filtres ;
- Étuve.



Figure 10 : Dispositif de filtration.



Figure11 : Balance électronique.



Figure 12 : Etuve

II-8-4-2 Mode opératoire :

- Rincer le filtre à l'eau distillée et sécher à l'étuve à 105 °C environ pendant 30 à 60 min ;
- Laisser refroidir puis peser le filtre sec et noter sa masse M1 ;
- Homogénéiser l'échantillon à analyser ;
- Filtrer sous vide un volume V de l'échantillon mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- Sécher, refroidir et peser une seconde fois le filtre. Sa masse est noté M2.

• Expression des résultats :

La concentration de la matière en suspension dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante :

$$[\text{MES}] = (M2-M1)/V*1000 \dots \dots \dots \text{Eq 3}$$

Avec :

- **M1** : la masse du filtre sec avant filtration (en mg) ;
- **M2** : la masse du filtre sec après filtration (en mg) ;
- **M2-M1** : Poids de la matière retenue par le filtre sec ;
- **V** : Volume d'eau utilisé (en ml).

II-8-5 Le potentiel hydrogène (pH) :

Le pH correspond, pour une solution diluée, à la concentration d'ions d'hydrogène .Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrai traversés.

Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois dans :

- Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité)
- Les processus biologiques liés aux pH ;
- L'efficacité de certains traitements (coagulation, adoucissement, contrôle de la Corrosion, chloration).
- Les mécanismes de la coagulation

La détermination du pH est donc la mesure que l'on doit effectuer le plus fréquemment. Pour mesurer le pH, on utilise un pH mètre [42,44].



Figure 13 : pH-mètre.

II-8-6 La turbidité :

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau .C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les micro-organismes. Une faible turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale [46,41].

La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension grossières.

Pour mesurer la turbidité, on utilise certains instruments [42,45].

-Le turbidimètre de Jackson (méthode visuelle).

-L'opacimétrie

-Le turbidimètre de Holliger

- Le néphélométrie de Hach

La turbidité est mesurée par trois unités qui sont équivalentes :

Unité J.T.U (Jackson turbidité unit) = Unité F.T.U (Formazine turbidité Unit)=Unité N.T.U (Néphélométric turbidity unit)

La mesure de la turbidité, très utile pour le contrôle d'un traitement, ne donne pas d'indications sur la nature, la concentration et la taille des particules en suspension qui en sont responsable. Cette turbidité doit être éliminée pour améliorer l'aspect esthétique de l'eau de consommation mais aussi pour permettre une désinfection efficace et éviter les dépôts dans l'usine ou dans le réseau. En effet, les MES peuvent servir de support aux microorganismes qui seront ainsi partiellement protégés de l'action des désinfectants et qui pourront ensuite se développer dans les réseaux et entraîner des problèmes sanitaires [41].

Tableau 4 : classe de la turbidité usuelle (NTU) [28].

Turbidité < 5NTU	Eau clair
5 < Turbidité < 30NTU	Eau légèrement trouble
Turbidité > 30NTU	Eaux trouble

II-8-6-1. Appareillage [44]

- Turbidimètre TL 31 CIFEC ;
- Etalon.

II-8-6-2. Mode opératoire

a) Préparation de l'instrumentation

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Saisir délicatement l'étalon 0.1 NTU et l'essuyer sans agiter ;
- Veiller à ce que le chiffon ou le papier utilisé ne laisse aucune pluche sur la paroi du tube de verre.

b) Etalonnage

Ouvrir la chambre noire et y placer l'étalon ;

- Coiffer la chambre noire ;
- Placer le commutateur de sélection sur la position 10 (10 constitue la limite supérieure de lecture, soit 10 NTU) ;
- Ajuster l'affichage à la valeur de l'étalon, soit 0,1 dans ce cas, à l'aide du bouton de tarage ;
- Ouvrir la chambre noire ;

- Retirer l'étalon et le stocker verticalement.
- L'appareil peut alors être utilisé pour un échantillon dont la turbidité est < 10 NTU.

C) Mesure d'une turbidité

- Remplir le tube de mesure avec l'échantillon ;
- Essuyer le tube de mesure ;
- Introduire le tube de mesure dans la chambre ;
- Fermer la chambre ;
- Lire directement le résultat.

d) Travail à effectuer

- Pour chacun des échantillons proposés :
- Etalonner l'appareil ;
- Mesurer la turbidité.



Figure 14 : Turbidimètre TL 31 CIFEC utilisé pour nos manipulations

II-8-7. Oxygène dissout

Le système de mesure de l'oxygène dissout consiste en un instrument de mesure et d'une sonde polar graphique. La sonde constitue la pièce la plus importante et délicate du système. Cette sonde comprend une anode d'argent (Ag) enveloppée d'un fil de platine (Pt) qui agit comme cathode. Ceux-ci sont insérés dans une cartouche remplie d'une solution électrolytique de chlorure de potassium (KCl). L'extrémité de la cartouche comporte une membrane en téflon, matériau perméable au gaz, qui permet uniquement le passage de l'oxygène présent dans la solution. Par l'application de potentiel de 790 mV, l'oxygène présent dans la cellule est réduit en ion d'hydroxyde (OH) dans la cathode, et le chlorure d'argent (AgCl) est déposé sur l'anode. Cette réaction provoque un flux de courant dont l'intensité est proportionnelle à la quantité d'oxygène. Convertit le courant en concentration, correspondant à la teneur d'oxygène dissous.

II-8-7-1 Mode opératoire

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité. L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche ; allumer l'instrument en poussant le bouton ON/Off. Lorsque l'afficheur indique zéro, l'instrument est prêt pour la mesure de l'oxygène dissous [48].



Figure II-15 : Oxymétrie portatif (oxy 92).

III-1 Introduction :

Cette étude a pour but de déterminer les conditions optimale nécessaires pour une réduction maximale de MES, de DCO, de DBO5, de turbidité

III-2 Etude expérimentale de la coagulation- floculation et décantation :

III-2-1 Etude de l'influence de la masse de coagulant (chaux) :

Pour déterminer la masse optimale de coagulant, nous avons réalisé deux essais jar test sur une eau turbide avec des masses de chaux croissantes ; avec la masse fluant 2g, la vitesse forte 150tr/min, la vitesse lente 30tr/min, la durée d'agitation 20min et le temps de décantation 40min.

Les résultats obtenus par les essais jar test ainsi que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau à traiter en laboratoire sont représentés dans le tableau N°5, N°6 et sur la figure N°16

Tableau 5 : Valeur des paramètres des eaux usées avant le traitement :

Essai	Turb (NTU)	pH	Cond (ms/cm)
1	451	8.44	1.2
2	372	5.71	1.5

Tableau 6 : Influence de la masse de la chaux sur les paramètres de pollutions

Masse de la chaux (g)	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	1	1.2	1.4
Echantillon 1								
pH	9.30	10.32	11.09	11.59	11.69	11.84	11.95	12.05
Turbidité	310	233	8.13	3.19	7.55	8.04	12	14.8
Cond	1.1	0.9	1.1	1.5	1.7	1.8	2.6	3.1
Echantillon2								
pH	6.70	8.93	10.50	11.49	11.79	11.80	11.90	12.05
Turbidité	241	46.8	10.9	3.51	7.85	8.70	9.37	14.1
Cond	1.6	1.4	1.3	1.1	1.6	2.3	3.2	3.6

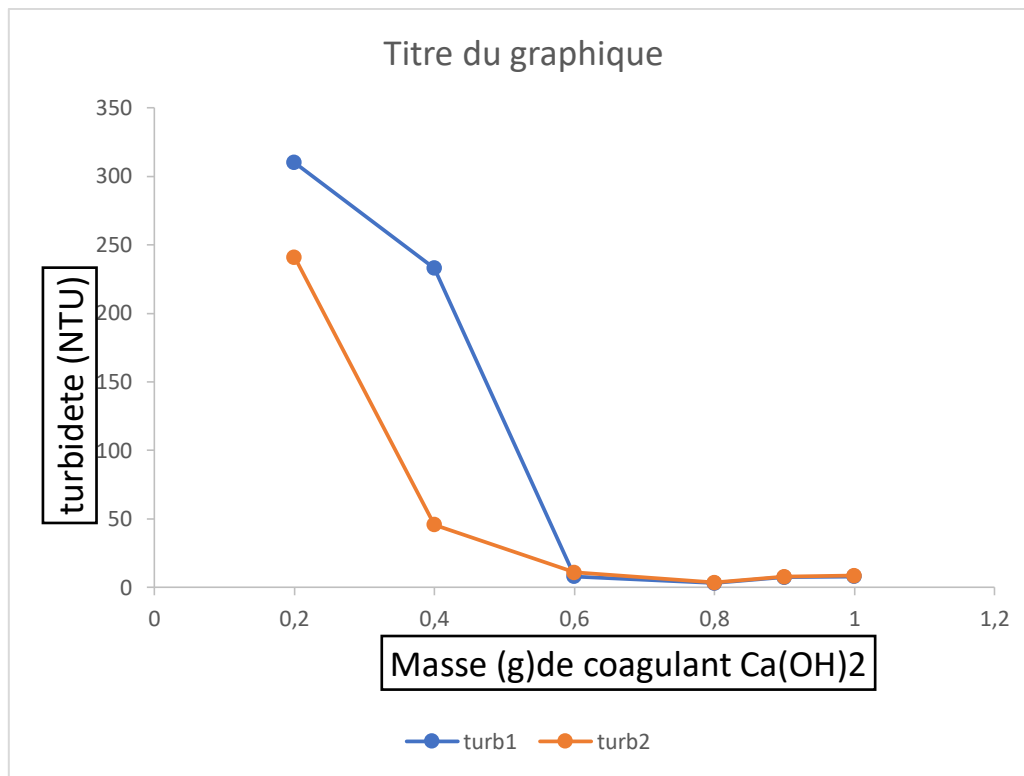


Figure 16 : Influence de la masse de la chaux sur la turbidité.

D'après les résultats obtenus dans le tableau N°5, N°6 et la figure N°16, lors des essais de coagulation, on remarque une diminution de la turbidité avec l'augmentation de la masse du coagulant jusqu'à une masse de 0.8 g cela est dû au fait que les particules du coagulant déstabilisent les colloïdes négativement chargés présents dans l'eau à traiter, en neutralisant les charge électriques des particules qui grossissent par agglomération et sédimentent. Au-delà de 0.8 g, on observe une augmentation de la turbidité. Cela peut être expliqué par la rentabilisation des particules colloïdales, provoquée par le surdosage du coagulant, qui se trouvant en excès, joue un rôle inverse, en neutralisant toutes les particules. Ces dernières se retrouvent chargées positivement et les forces de répulsion sont une autre fois exercées entre elles. On aura donc une eau très chargée en coagulant avec une mauvaise clarification [49].

III-2-2 Etude de l'influence de la masse du flocculant (*bentonite*) :

A partir de la masse optimale de coagulant déterminée précédemment (0.8g), deux séries d'essais avec des masses croissantes de flocculant ont été réalisées avec une vitesse forte 150tr/min, vitesse lente 30tr/min, durée d'agitation 20min et temps de décantation 40min . Ces deux séries d'essais sont effectuées pour approcher la masse optimale avec une masse en coagulant de 0.8g. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux7 et 8 et la figure 17.

Tableau 7 : Les valeurs des permettre des eaux usées avant le traitement :

N° essai	Turb(NTU)	pH	Cond (ms/cm)
1	67	6.72	0.9
2	85	6.98	0.9

Tableau 8 : Influence de la masse du flocculant sur les paramètres d'analyse.

Masse de chaux	0.5	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5
Echantillon 1								
pH	11.80	11.86	11.77	11.75	11.87	11.68	12.06	12.80
Turbidité	10.1	3.23	8.59	9.04	18.63	28.9	48.92	55.3
Cond	2.3	2.3	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7
Echantillon2								
PH	11.82	11.88	11.95	11.98	11.90	11.87	11.80	11.78
Turbidité	9	3.63	10.53	11.1	18	25.2	38.4	42.5
Cond	1.9	2.3	2.3	2.3	2.2	2.1	2	1.9

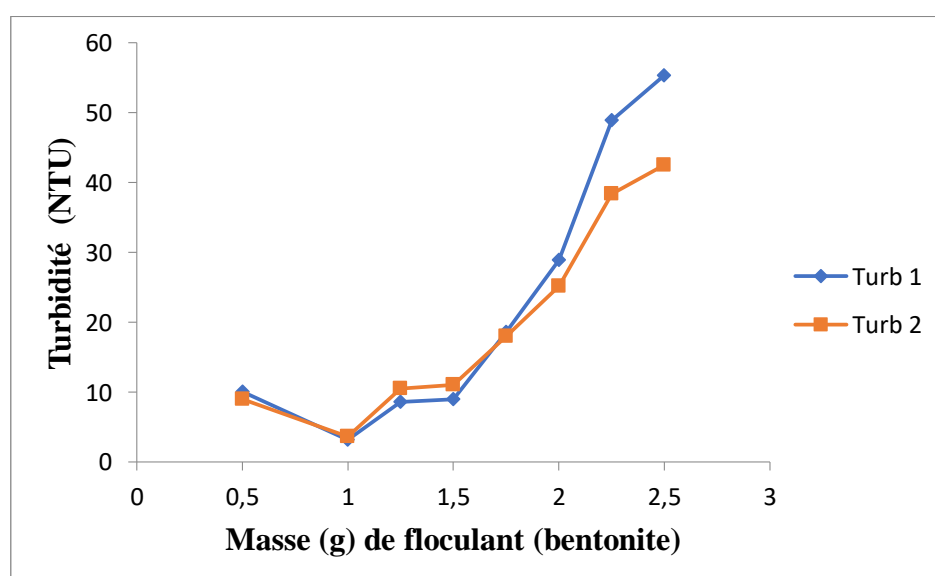


Figure 17 : Influence de la masse de bentonite sur la turbidité

D'après les résultats obtenus dans le tableau N°7, N° 8 et de la figure N °17, lors des essais de flocculant, le dosage du flocculant a beaucoup d'importance. En effet, la turbidité présente un minimum pour la masse de flocculant de 1g. Une fois cette masse dépassée, la turbidité augmente à nouveau. Il faut donc éviter des surdoses de bentonite. Autrement, il n'y aurait plus suffisamment de sites disponibles pour le pontage, ce qui diminue l'efficacité du processus de floculation [50].

III-2-3 Influence de la vitesse d'agitation rapide sur la coagulation floculation :

Les expériences ont été réalisées sur jar-test pour des masses optimale de coagulant et flocculant déterminées précédemment. Deux séries d'essais d'agitation rapide ont été réalisés.

Ces deux séries d'essais sont effectuée pour approcher la vitesse d'agitation rapide optimale avec une masse fixe en coagulant de 0.8 g et de flocculant de 1g, la vitesse forte variable, la vitesse lente 30tr/min la durée d'agitation 20min et le temps de décantation 40min.

Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux 9, 10 et la figure 18.

Tableau 9 : Les valeurs des paramètre des eaux usées avant le traitement :

N°essaie	pH	turbidité	Cond
1	7.10	65	0.6
2	3.04	45.5	2

Tableau10 : Résultat de l'influence de la vitesse d'agitation rapide sur les paramètres d'analyse :

Vitesse forte (tour/min)	80	120	150	180	200
Echantillon1					
pH	11.60	11.93	11.96	11.98	12.01
Turbé	45	27.2	15.6	20	28
Cond	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

Echantillon 2					
pH	11.87	11.32	11.40	11.41	11.65
Turbidité	40.6	11.2	6.33	18.2	19
Cond	1.9	2.2	2.2	2.3	2.4

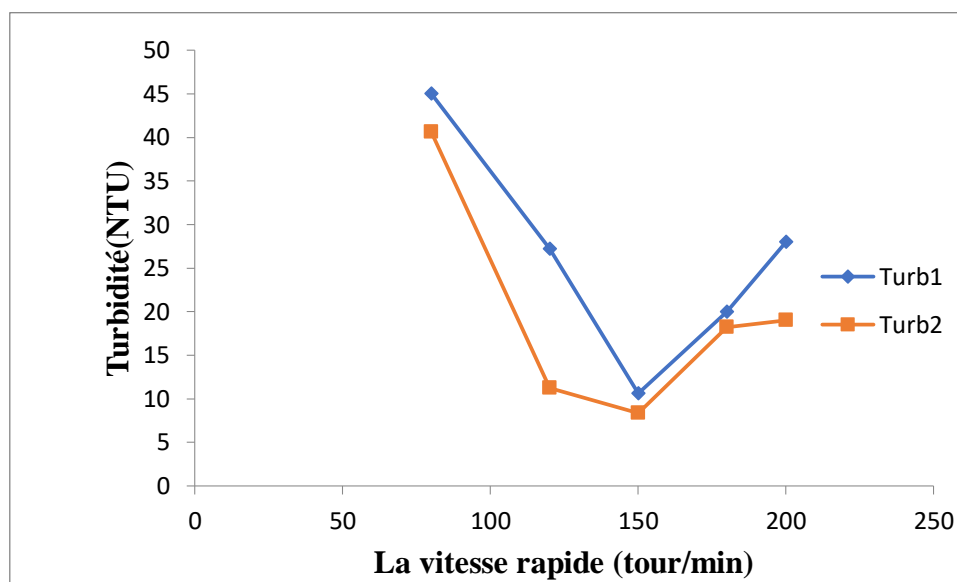


Figure 18 : L'influence de vitesse rapide sur la turbidité.

•**Interprétation** : D'après des résultats obtenus, on observe une diminution de la turbidité en augmentant la vitesse d'agitation rapide jusqu'à une vitesse optimale de 150 tr/min, puis une augmentation de la turbidité pour la vitesse dépassant cette optimum, ceci s'explique par un bris des floccs formés suite à l'augmentation de la vitesse d'agitation rapide. D'après les résultats de la figure 18 et du tableau 10, on peut fixer la vitesse optimale de coagulation à 150 tr/min.

La vitesse d'agitation a une grande influence sur la coagulation, cette vitesse de coagulation doit être adéquate pour augmenter la probabilité de contact entre les particules colloïdales. Elle ne doit pas être trop rapide pour éviter de briser les floccs formés.

III-2-4 Influence de la vitesse d'agitation lente sur la coagulation floculation :

Les expériences ont été réalisées sur jar-test après avoir fixé la masse de la chaux à 0.8 g, une masse de bentonite à 1g et une vitesse d'agitation rapide à 150 tr/min. En ajoutant la quantité de coagulant et de floculant fixées préalablement on varie la vitesse d'agitation lente

dans l'intervalle compris entre 20 et 40 tours/min. Les résultats sont regroupés dans le tableau 11, 12 et la figure 19

Chapitre III: RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 11 : valeurs des paramètres de pollution des eaux usées avant le traitement :

N'essaie	pH	Turbidité	Cond
1	10.56	113	1.2
2	10.72	155	1.2

Tableau 12 : Résultat de l'influence de la vitesse d'agitation lente sur les paramètres d'analyse

Vitesse lente	20	25	30	35	40
Echantillon 1					
pH	11.69	11.74	11.85	11.95	11.73
Turbidité	73.8	42	36.5	22.7	103
Cond	1.9	1.7	1.9	2.1	2.2
Echantillon 2					
pH	11.70	11.81	11.90	11.97	11.60
Turbidité	100	60	36.3	32.1	60
Cond	1.8	1.8	1.7	2.1	2.2

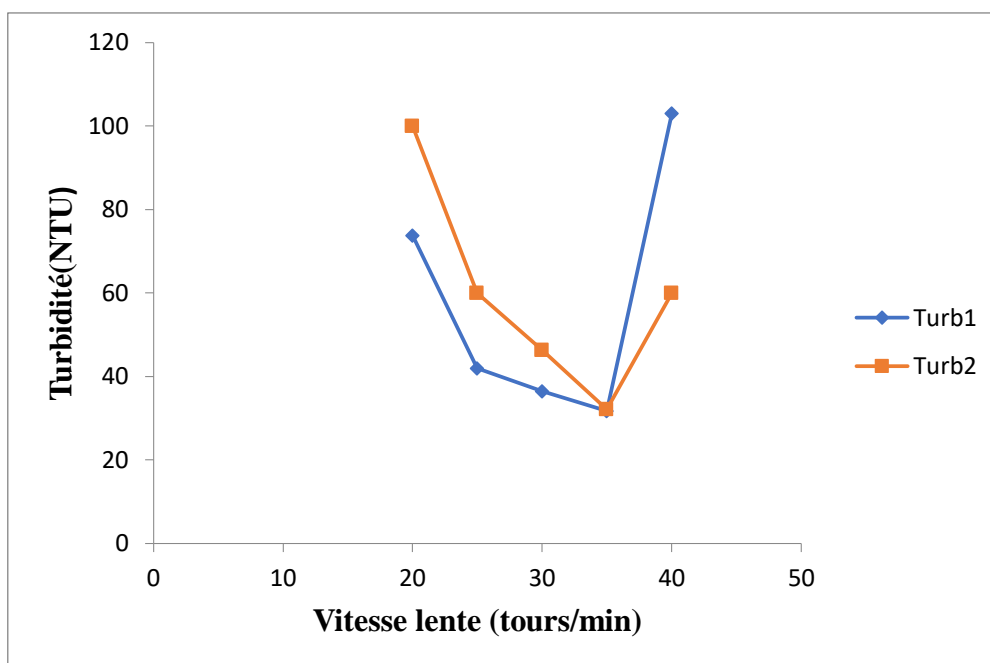


Figure 19 : L'influence de vitesse lente sur la turbidité.

•**Interprétation** : d'après les résultats obtenus, il y a une diminution de la turbidité avec l'augmentation de la vitesse d'agitation jusqu'à une valeur fixe optimale de 35 tours/min.

La vitesse d'agitation lente durant la floculation est importante. En effet, à cette étape, il faut modérer la vitesse pour permettre l'adhérence des micros floes déjà formés lors de la coagulation, afin qu'ils soient plus volumineux et éviter ainsi leur destruction. En effet, une vitesse trop élevée ne serait pas adéquate à l'agitation contrairement à l'étape de coagulation et nous constatons que plus la vitesse augmente, plus le volume des floes est dans un mauvais état. Donc, pour une meilleure réduction de la turbidité, la vitesse lente optimale durant la coagulation-floculation a été fixée à 35 tr/min.

III-2-5 Optimisation de la durée d'agitation sur la coagulation floculation :

Les expériences ont été réalisées sur jar- test pour une masse fixe de 0.8g de chaux et 1g de bentonite une vitesse forte de 150 tr/min et une vitesse lente de 35 tr/min. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux 13 et 14 et la figure 20.

Tableau 13 : Valeurs des paramètres des eaux usées avant le traitement :

N° essai	Turb (NTU)	pH	Cond (ms/cm)
1	65.9	2.23	3.7
2	48	2.16	4.1

Tableau 14 : Résultat de l'influence du temps d'agitation sur les paramètres d'analyse

Durée d'agitation (min)	15	18	20	25	30	35
Echantillon 1						
pH	9.36	10.82	10.85	10.81	10.95	11.05
Turbidité	47.3	7.85	7.40	6.31	6.81	11.56
Cond	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2
Echantillon 2						
pH	9.12	9.99	9.89	10.41	10.81	10.86
Turbidité	3.6	25.5	23.02	7.6	23.4	27.4
Cond	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.6

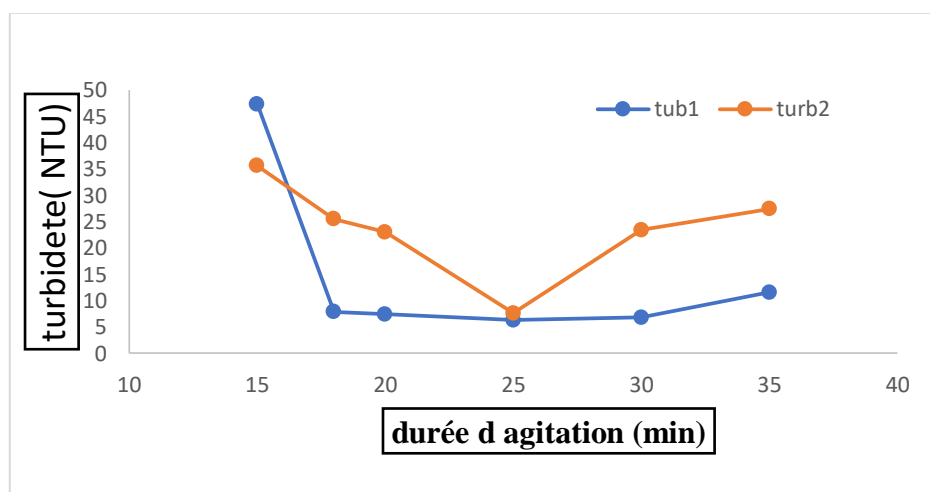


Figure 20 : L'influence de temps d'agitation sur la turbidité.

•**Interprétation** : d'après les résultats obtenus, il y a une diminution de la turbidité avec l'augmentation de durée d'agitation jusqu'à une durée optimale de 25 min, ceci s'explique par un bris des floccs formés suite à l'augmentation de la durée d'agitation.

D'après la figure 20 et le tableau 13 et 14 la durée optimale à fixer pour la suite de notre travail est de l'ordre de 25 tr/ min.

La durée d'agitation a une grande influence sur la coagulation –floculation, cette durée doit être adéquate pour augmenter la probabilité des contacts entre les entités colloïdales, et ne doit pas être trop lente pour ne pas briser les floes formés [51].

III-2-6 Influence de temps de décantation sur la coagulation - floculation :

Les expériences ont été réalisées par jar-test pour une masse de coagulant fixée de 0.8 g et une masse de flocculant de 1g. Les vitesses de l'étape rapide et lente sont fixées à 150 et 35 tr/min respectivement alors que la durée d'agitation de l'étape lente est fixée à 25 min. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 15, 16 et la figure 21.

Tableau 15 : Les valeurs des paramètres analyse des eaux usées avant le traitement :

N'essai	pH	Turbidité (NTU)	Cond
1	10.30	63.7	1.5
2	2.24	45.2	4.1

Tableau 16 : Résultat de l'influence de la durée décantation

Durée décantation (min)	15	20	25	30	35	40
Echantillon 1						
pH	11.70	11.76	11.95	11.60	11.80	12.07
Turbidité	31.8	27.9	22.8	37.1	40.52	37.1
Cond	2.3	2.5	2.1	2.2	2.1	2.55
Echantillon 2						
pH	11.70	11.89	11.80	9.35	9.80	10.40
Turbidité	29.4	32.5	23.37	28.8	30.1	33.2
Cond	2.1	2.3	2.3	2.4	2.3	2.49

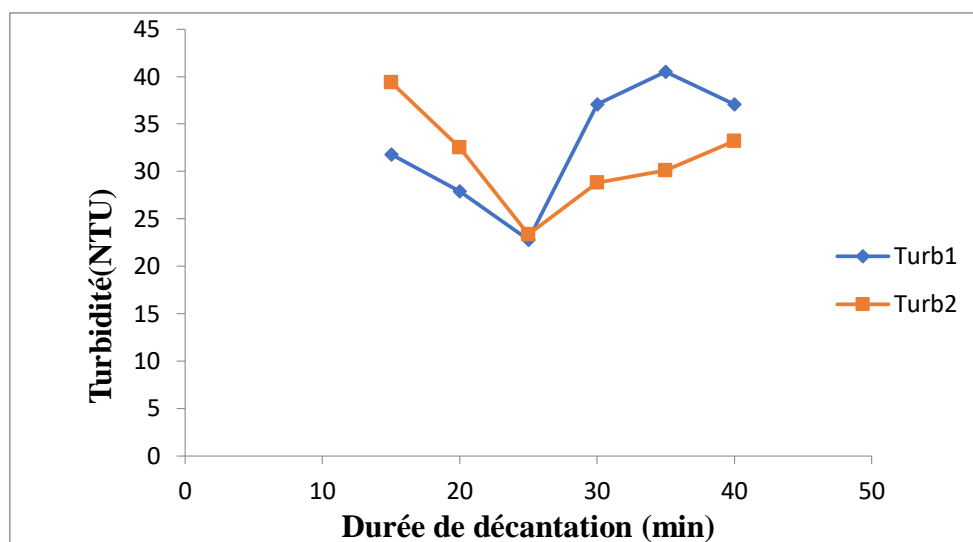


Figure 21: Influence de la durée de décantation sur la turbidité.

•**Interprétation** : d'après les résultats obtenus dans le tableau 16 et les tracés de la figure 21, on observe que le durée de décantation exerce une influence sur la turbidité. En effet, il y a une diminution de la turbidité jusqu'à une durée de décantation optimale de 25 min. Les particules décantent librement conformément à la loi de Stokes avec chacune une vitesse de chute constante. Les particules selon leur poids ont des tailles et des vitesses de décantation variable. Les particules s'agglomèrent après contact, les unes aux autres et leur poids augmente. Ce qui influe sur leur vitesse de chute, donc sur le temps de décantation [52]. Dans notre cas, le temps de décantation optimum relatif à une faible turbidité est de 25 min.

III-3 Paramètres de pollution particulaire

Dans cette partie de notre travail, les expériences ont été réalisées par jar-test pour une masse de coagulant fixée de 0.8 g et une masse de floculant de 1g. Les vitesses de l'étape rapide et lente sont fixées à 150 et 35 tr/min respectivement alors que la durée d'agitation de l'étape lente est fixée à 25 min. La durée de décantation est fixée à 25 min. Ces valeurs représentent toutes des valeurs optimales obtenues précédemment. La coagulation-floculation menée à ces valeurs optimales nous a permis d'analyser les autres paramètres de pollution les plus importants. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Résultats d'analyses physico-chimiques des paramètres de pollution

Paramètres	Eau usée	Eau traité	Norme
pH	5.86	8.20	6.5-8.5
Cond ms/cm	2.1	1.1	/
Turbidité NTU	32.6	12.9	/
MES mg/l	140	10	35
DCO mg/l	440	60	120
DBO mg/l	360	4	35
O ₂ dissout	3.6	0.7	/

III-3 -1 Matières en suspension(MES) :

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable [53]. Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante de MES de l'eau usée après traitement. D'après les résultats figurants dans le tableau 17, on observe qu'une grande quantité de MES a été éliminé après le traitement avec la chaux et la bentonite ; sa valeur diminue de 140 mg/l (eau usée) à 10 mg/l.

Une grande partie des matières en suspension a été éliminé par addition de la chaux et de bentonite, donc on peut dire que le procédé de coagulation –floculation est efficace pour l'élimination de MES.

III-3 -2 La demande chimique en oxygène(DCO)

Dans le domaine des eaux usées, pour déterminer la pollution d'une eau, on utilise très souvent des paramètres globaux, qui décrivent la somme des pollutions provoquées par des polluants appartenant à un groupe déterminé de composés. L'un de ces paramètres est la demande chimique en oxygène DCO, qui est la quantité de substance organique chimiquement oxydables, présente dans l'eau [54]. D'après les résultats obtenus (tableau 17), nous avons enregistré une valeur de l'ordre de 440 mg/l pour les eaux brutes et 60mg/l pour les eaux traitées, la valeur de DCO de l'eau brute est élevée par rapport à la norme Algérienne des rejets liquides (120 mg/l) [55]. Ceci peut être expliqué par la quantité importante de matières oxydables présentes dans ces eaux. Après le traitement, nous remarquons une diminution de la valeur de DCO de l'eau traitée. La réduction de la demande chimique en oxygène peut être expliquée par la diminution de la matière organique complète par oxydation

chimique des matières Oxydables contenues dans l'eau. Ce qui montre l'efficacité du traitement utilisé.

III-3 -3La demande biochimique en oxygène(DBO)

La DBO₅ est une expression de la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques décomposables par des processus biochimique. D'après les résultats obtenus (tableau 17), on remarque que la valeur de DBO₅ des eaux brutes (360 mg/l) est supérieure à celles des eaux traité (4.mg/l), Cette valeur de DBO₅ répond aux normes de rejets recommandées par les normes l'Algériens (35 mg/l) [51]. Cette diminution de la valeur de DBO₅ indique que le traitement choisi est efficace pour l'abattement de la DBO₅.

Par ailleurs, il faut retenir que dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO₅ peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs, d'où l'intérêt de ne pas considérer la DBO₅ comme unique critère d'estimation de la qualité d'une eau [56].

III-3 -4 La turbidité :

On remarque bien que l'addition de 0.8 g du coagulant a provoqué la diminution

De la valeur de la turbidité de 32.6 à 12.9 NTU. D'après les travaux de la littérature [57, 58,59 ,60], cette diminution et due à la dégradation des matières organiques contenue dans l'eau brute.

III-3 -5 Conductivité électrique

La valeur de la conductivité électrique de l'eau brute est de 2.1 ms/cm, (Tableau 17) et pour l'eau traitée elle est de 1.1 ms/cm. Ces valeurs sont relatives à la minéralisation naturelle de l'eau potable et des sels accompagnât le process de fabrication de la laiterie. Il faut noter que les traitements physicochimiques de coagulation floculation n'ont qu'une faible incidence sur ce paramètre et que sa valeur varie peu entre l'eau brute et l'eau traitée [61].

III-3-6 Potentiel hydrogène (pH)

L'addition progressive de la chaux a entraîné l'augmentation du pH de 5.86 à 8.200. D'où l'intérêt de réajuster le pH de l'eau après chaulage, pour le maintenir à une valeur conforme à la norme ou très proche à la norme algériennes [55].

III-3-7 Oxygène dissous

Pour l'oxygène dissous les valeurs obtenues montrent une fluctuation allant de 0.7 mg/l pour les eaux brutes à 3.6 mg/l pour les eaux traitées. D'après le tableau 17, les teneurs en O₂ dissout de l'eau traité sont nettement supérieures à celles de l'eau brute, ce qui montre l'efficacité de traitement utilisé. En effet Le faible taux d'O₂ dissout enregistré dans l'eau brute, caractérise une arrivée d'eau usée riche en matières organiques et inorganiques

dissoutes ainsi que la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface due à la présence des graisses, des détergents, etc.).[62]

Conclusion Générale

A partir des analyse que on a effectué sur les eaux de rejets Candia ou laboratoire gène des procédé on a trouvé des valeurs conforme aux normes de rejets et pour amélioré le procédé de dépollution on a utilisé la technique de coagulation floculation.

Dans ce travail, nous avons étudié plus particulièrement l'élimination des matières en suspension, des matière colloïdale et macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une *turbidité* ou une *couleur* indésirables. Pour réaliser cette étude, on a recours au procédé traitement traditionnel connus, la coagulation floculation chimique effectuée par l'ajout des réactifs chimiques appelés : coagulants (la chaux) et un floculant (bentonite).

L'étude expérimentale que nous avons menée a été consacrée à l'élimination de MES et des colloïdes existants dans les rejets d'eau brute.

On a effectuées plusieurs essais par la méthode jar-test, afin d'optimiser les conditions opératoires permettant un abattement des paramètres de pollution les plus importants, et delà minimiser la pollution générée par ces rejets toxiques de la laiterie.

Les résultats obtenus montrent que le traitement choisi a permis un abattement des paramètres suivants :

- Diminution de la turbidité de **32.6 à 12.9** NTU et des matières en suspensions (MES de **140 à 10** mg/l).
- La détermination de la masse de coagulant est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des colloïdes. La masse optimale du coagulant (chaux) 0.8 g donne le meilleure élimination de MES, de la DCO et de la turbidité. Une surdose de l'argile produit inévitablement une déstabilisation des particules colloïdales qui sont susceptibles de changer la charge de surface.

L'optimisation des paramètres de coagulation -floculation les plus influent montre que la vitesse de l'agitation forte est de 150 tr/m, la vitesse d'agitation lente de 35 tr/min, la durée d'agitation fixe de 25 min et un temps de décantation égal à 25 min.

En effet les techniques adaptées par coagulation floculation s'avère efficace et a permis une diminution de MES, de DCO et de DBO5. Les eaux rejetée par la laiterie CANDIA peuvent être traité par la méthode à la chaux et les résultats obtenus montrent que les paramètres indicateur de pollution sont conformes aux normes imposées (Journal officiel de la république Algérienne JORA N°36 du 21/06/2009

Références bibliographiques

- [1] **MEINOK F, STOOFF H, KOHLSCHÜTTER H** (1977). Les eaux résiduaires industrielles. Edition MASSON, Paris, 2^{ème} édition.
- [2] **P.E.P CAPRIN** –Pôle Expérience et Progrès caprin (2000). La gestion de l'effluente fromagerie fermière. FNADT, Rhône-Alpes, p 2.
- [3] **MASSCHELEIN W.J** (1997). Processus unitaires de traitement de l'eau potable. Edition Cebedoc Editeur. Technique et Doc, Lavoisier.
- [4] **DEMERS A. (2007)**.Les eaux usées : une pollution encor et toujours à la une. PhD et Edith Locroix, biol. M. SC. Comité de la recherche et de la sensibilisation, coalition québécoise pour une gestion responsable de l'eau.
- [5] **DRIRE (2006a)**.Direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement(DRIRE) de Rhône –Alpes. L'industrie en Rhône- Alpes. ED.2004.Disponible sur [http://www.rhone-alpes.drire.gouv.fr/\(consulté](http://www.rhone-alpes.drire.gouv.fr/(consulté) en oct.2006).
- [6] **DRIRE (2006 b)**.Direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement(DRIRE).Le Bilan de l'environnement industriel en Rhône –Alpes. Edition 2004,129 p. Disponible sur <http://www.rhone-alpes.drire.gouv.fr/> (consulté en fév. 2006).
- [7]**BOEGLIN, J -C. (1999)**, la pollution industrielle de l'eau, caractérisation, classification, mesure(G1210) Edition technique de l'ingénieur paris.
- [8] **Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A**, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS.
- [9] **LECLERC H, IZARD D, HUSSON M.O, WATTRE P, JAKUBCZK E.** Microbiologie générale. Doin éditeurs, Paris, 1883, p : 368.
- [10] **Chevalier, p. (1996)**. Technologie d'assainissement et prévention de la pollution .Ste – Foy(Québec), Edition Télé –Université ,439p.
- [11]**DUPUIS Ch., TARDIF R, VERGE J, DRAPEAU R, HEBERT J., 2002** Hygiène et salubrité dans l'industrie laitier (527-573) in : Sciences et Technologie du lait : Transformation du lait. – Montréal : Presse internationale Polytechnique. –600p.

- [12] **FRANCE République**, 1997 Arrêté du 29 septembre 1997 fixant les conditions d'hygiène applicables dans Les établissements de restauration à caractère sociale. Paris, JO de la République Française.
- [13] **SENE B., 1996.** Nettoyage et désinfection dans les industries de traitement de poisson
Thèse : Méd. Vet. : Dakar : 19.
- [14] **SO\V N. K., 2003.** Efficacité de nettoyage et de la désinfection du matériel et des surfaces de production dans l'industrie de traitement de poisson : cas de Sénégal pêche.
Mémoire D.E.A. en Productions Animales : Dakar ; 6.
- [15] **THIOUBM.B., 2004.** Mise en place de l'évaluation de l'efficacité d'un protocole de nettoyage
Mémoire D.E.A. en Productions Animales : Dakar ; 04
- [16] **LEPINE et DUGA., 1986.** Plan de nettoyage et de désinfection RTVA,(104) : 25-27.
- [17] **ROME. F.A.O.** 1996. Assurance qualité des produits de la mer. – Rome : F.A.O.
- [18] **ROME. F.A.O.,** Principes généraux d'hygiène alimentaire. Source électronique :
<http://www.F.A.O.org/docrep/w6419f/w6419fo3.htm>.
- [19] **SCHILD J., 1986.** La désinfection : les produits RTVA, (3) ; 24-28p.
- [20] **CARLIER V., 1986.** Souillures et contaminations RTVA, (1) :13-1 8p.
- [21] **BELLOIN JC.,1993.** L'hygiène dans les industries alimentaires : les produits et l'application de l'hygiène. - Rome : Fau.- (Production et santé animale.
- [22] **KARR R., 1995.** Principes généraux de la désinfection Rev. SC Off. Int. Epiz. ; 21-30.
- [23] **Hecini L., Achour S. (2008),** Elimination des composés organiques phénoliques par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium, Larhyss Journal, 07, 47-57
- [24] **Adamczyk Z.** Particle adsorption and deposition: role of electrostatic interactions.
Advances in Colloid and Interface Science, (2003) 100-102, 267-347.
- [25] **H. RICARDO HERNANEDEZ ;** supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable ; thèse de docteur de l'institut National des sciences Appliquées de Toulouse 2006.
- [26] **Bernard legube.** Mai 2015(DUNOD) :(production d'eau potable)

- [27] **Hernandez De León H.R., 2006** : supervision et diagnostic des procédés de production de l'eau potable, Thèse pour l'obtention de diplôme de docteur de l'Institut National de science appliqué de Toulouse.
- [28] **LENNTECH** ; water treatment-purification Holding B.V.solutions de traitement de l'eau pour tout type d'application ; équipement domestique.
<http://www.lenntech.fr/colloide.htm>.consulté le (22/03/2013)
- [29] **J.Bottero ,A, Masion ,B Lartige ,F Thomas,D.Tchoubar,et..al** Hydrolysis and flocculation ; a structural approche through Small-angle X-ray scattering. Journal de physique IV colloque 1993,(C8),ppc8-211-c8 218.et par Adsorption sur des Hydroxydes d'aluminium.
- [30] **DESJARDINS, R.** Le traitement des eaux. Éditions de l'école Polytechnique de Montréal, 2ème édition revue et améliorée. (1997).
- [31] **BoursaliI. A** , Etude expérimental de la coagulation-floculation par sulfate ferrique et le chlorure ferrique des matières en suspension. Mémoire d'ingénieur d'état en géologie ; Département des sciences de la terre et de l'univers ; Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen, Juin 2011.
- [32] : **Degremont (1989)**, Mémento technique de l'eau, 9eme édition, Ed. Lavoisier. Paris, Tome1, 575-581.
- [33] : **Jean Paul. BEADRY**: « Traitement des eaux. Les éditions le griffon d'argile ». Québec. Canada, 1984.
- [34] **ABDELWAHAB. C., AIT AMAR.H, OBRETENOV.T. Z., GAID A. (1988)** physico-chemical and Structural characteristic of some bentonitic clay for north-western Algeria, Analysis, 16, 292-299
- [35] <http://www.technique-ingénieur.fr/> search.html ?level=1& query=jar+test. Consulté le 23/12/2011
- [36] **Colin L et all ; 2008** : Évaluation d'un procédé de coagulation-floculation au Chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles universités du Québec ; Ecole de technologie supérieur.

- [37] **Colin L et all ; 2008** : Évaluation d'un procédé de coagulation-floculation au Chitosan pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles universités du Québec ; Ecole de technologie supérieur.
- [38] **DESJARDINS, R.** Le traitement des eaux. Éditions de l'école Polytechnique de Montréal, 2^e édition revue et améliorée. (1997) 304.
- [39] **Gaid A. 1984**, « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », édition OPU, Alger.
- [40] **Bourier, R., (2008)**. Les réseaux d'assainissement, 5^{ème} édition Lavoisier, édition TEC&DOC paris, 1013p.
- [41] **Franck Rejsek**. Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, lycée de borda.
- [42] **RODIER J.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de Mer, 7^{ème} édition 1996.
- [43] **Khelifi, T et Mouffok, N, 2008**, « étude expérimentale de la filtration sur sable dans le procédé d'épuration à boues activées » ; mémoire d'ingénieur en hydraulique université de Tlemcen.
- [44] **BEAUDRY Jean-Paul**. Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, 1984.
- [45] **TARDAT-HENRY M, BEAURY J.P.** Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, 1984.
- [46] **Alberta Environmental Protection**. Standards and Guidelines for Municipal Waterworks, Wastewater and Storm Drainage.
- [47] Contrôle est suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physique –chimique et bactériologique. Edition centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible cout. Centre collaborant de l'OMS, janvier 2007.
- [48] **ONA**, fiche technique de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Maghnia.
- [49] **M.SEFRAOUI**, Etude comparative sur le prétraitement des eaux de mer par ultrafiltration et coagulation floculation, université de Tlemcen ,2011
- [50] **Mottot, Y.** Coagulants et flocculant, Texte de la 279^e conférence de l'Université de tous les savoirs, 2000.
- [51] **Ezziane S., 2007** : Traitement des eaux de rejets de l'unité de CERMTIT <<TENES>>.Mémoire de Magister, Département de génie des procédés, Faculté des

- sciences et science de l'ingénieur ; Université Hassiba Ben Bouali,Chlef.<http://www.ing-dz.com>.
- [52] **Degrement ; 2005** : Mémento technique de l'eau, Tome I, Lavoisier, Paris.
- [53] **FAO. (2003)**. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, pp 73.
- [54] **BLIEFERT C, PERRAUD R. (2001)**-Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de Boeck, pp 317 à 477.
- [55] **JORA, 2006.-** Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Journal officiel de la république algérienne N° 26. 23p.
- [56] **RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODIL., 2005.-** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Ed, DUNOD Paris, 1350 p
- [57] **GAGNON C., GRANJEAN B., THIBAUT J.,** Modelling of coagulant dosage in a water treatment plant. Artificial Intelligence in Engineering. (1997), 401-404.
- [58] **LAMRINI B., BENHAMMOU A., LE LANN M-V., KARAMA A.,** A neural software sensor for on-line prediction of coagulant dosage in a drinking water treatment plant. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 2005.
- [59] **Waissman-Vilanova J.,** Construction d'un modèle comportemental pour la supervision de procédés : application à une station de traitement des eaux. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 2000.
- [60] **BAXTER C.W., STANLEY S.J., ZHANG Q., SMITH D.W.** Developing artificial neural network process models of water treatment process: a guide for utilities (2002) 201-211.
- [61] **FRANCK.R. (2002)**-Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.
- [62] **HAZOURLI S., BOUDIBA L., ZIATI M. (2007)**-Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjar, Annaba. Larhyss Journal, ISSN 1112- 3680, n° 06, pp. 45-55.

Résumé

La production de lait ainsi que les différents dérivés laitiers génèrent une pollution sous forme d'eaux usées. La laiterie Candia conduit nécessairement à la production de quantités importantes d'eaux résiduaires. Ces effluents sont rejetés directement dans l'oued de Soummam pour terminer leur parcours dans la mer.

L'objectif de ce travail consiste en un traitement physico-chimique des eaux de rejets de la laiterie, par la technique de coagulation floculation en utilisant la chaux comme coagulant chimique. Cette méthode s'inscrit parmi les techniques de traitement appropriées pour réduire la pollution des eaux usagées. Ainsi, de nombreux essais de JAR test ont été effectués afin de déterminer les conditions optimales (masse de coagulant et floculant, vitesse rapide et lente, temps d'agitation et décantations) qui permettent de réduire les matières en suspension. Le traitement a permis une diminution très importante de la turbidité après la décantation des matières en suspension contenues dans les eaux usées.

Ce travail a permis une étude comparative entre les paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées telles que la Demande Biologique en Oxygène (DBO5), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les Matières En Suspension (MES) et l'oxygène dissous O₂. Ce qui nous a permis d'apprécier leurs propriétés et leur degré de pollution.

Mot clé : coagulation floculation, jar test, chaux, turbidité, matières en suspension, bentonite, colloïdes.

Abstract

Milk production, as well as various dairy derivatives generate in the form of sewage pollution. The Candia dairy necessarily leads to the production of significant amounts of waste water. These effluents are released directly in the Soummam River to complete their journey into the sea.

The objective of this work is a physical-chemical treatment of water releases from the dairy, by the technique of coagulation flocculation using lime as coagulant chemical. This method is one of the treatment techniques appropriate to reduce pollution of the sewage. For example, many trials of JAR test was carried out to determine the optimal conditions (mass of coagulant and flocculant, fast and slow speed, shaking time and Filtrations) that can reduce suspended solids. The treatment has allowed a very significant decrease in turbidity after the settling of suspended solids contained in wastewater.

This work enabled a comparative study between physicochemical parameters of raw and treated sewage such as the biological demand in oxygen (BOD₅), the chemical demand in oxygen (DCO) and the materials in Suspension (MES) and dissolved oxygen O₂. This enabled us to enjoy their properties and their degree of pollution.

Keyword : coagulation flocculation jar test, lime, turbidity, materials in suspension, bentonite colloids.