

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Dr Moulay Tahar de Saida



Faculté des sciences
Département de chimie
Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de licence
Filière : Chimie
Spécialité : Gestion et valorisation des déchets
Thème

**VALORISATION DES POUSSIÈRES DE FARINE CRUE ISSUES DE
L'INDUSTRIE CIMENTIERE DANS LE TRAITEMENT DES EAUX
URBAINES**

Présenté par : Azzouz Walid Tewfik

: Rezig Mokhtaria

Soutenu le : 15/06/2014

Devant le jury composé de :

Encadreur : Mme O. BELARBI

Examineur : Mme F.ZAOUI

Examineur : Mme F.Z.Choumane

PRESIDENT : Y. Aimer

Promotion

2013 – 2014

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions Dieu tout puissant qui nous a donné la force de mener à terme ce travail.

Nous tenons très sincèrement à remercier notre enseignante, qui nous a encadré dans cette étude dans le cadre de la préparation du projet de fin d'études, Mme O. BELARBI ,

Sans ses encouragements et son aide, nous ne serons jamais arrivés à ce stade de notre formation. Elle a toujours su nous faire confiance et nous apporter l'aide nécessaire, tant sur le plan scientifique que moral. Nous souhaitons lui exprimer nos sincères et respectueuses reconnaissances.

Ce témoignage et ses remerciements vont aussi à tous les enseignants qui ont assuré notre formation dans la spécialité gestion et valorisation des déchets.

Nous rendons hommage aux efforts fournis par les responsables de maintenance des laboratoires du département de chimie pour mettre à notre disposition les moyens nécessaires pour notre travail pratique surtout Melle S. MEDAHI et Melle J. IKHOU

Nos vifs remerciements vont à tout le personnel de la cimenterie EL HASSASNA en particulier ceux du laboratoire de contrôle de qualité.

Que Mr M. KADARI responsable du laboratoire de la STEP Ain El Hadjar trouve ici l'expression de notre gratitude pour ses précieux conseils ainsi que les moyens qu'il a mis à notre disposition pour les différentes analyses effectuées au niveau de la STEP. Cette générosité témoigne de son large esprit scientifique.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.



Dédicace

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire

"Ya Allah "

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Djamilâ Farahi .

A mon père Bachir , écolé de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les gardes et les protège.

A mes adorables sœurs : Abir & Samira

A mes frères : Dr Mohamed amine & hichem

A mes ami(e)s : Zohra, Mokhtria , Sofiane , Habib , Amine Sadi , Sabrina , Bachir rezig

A tous ceux qui me sont chers.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

A la promo GVD

Je dédie ce travail.

Toufik walid

** Tifo uù **

Figure -1	schéma industriel du passage à contre courant gaz matière dans un four avec pré calcination et cheminée à l'appui	4
Figure-2	point de prélèvement de la poussière farine crue au niveau du filtre à manche	16
Figure-3	Filtre à manche	16
Figure -4	diffractogramme des poussières farine crue	18
Figure-5	point de prélèvement des eaux usées au niveau du déversoir	22
Figure-6	Jar-test de type ISCO	23
Figure-7	Evolution de l'abattement de la DCO en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite	26
Figure-8	Evolution de l'abattement de la MES en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite	27
Figure-9	Evolution de l'abattement de la Turbidité en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite	28
Figure -10	dispositif expérimental du traitement biologique par voie aérobie	33
Figure-11	Evolution du taux de DCO au cours du processus de traitement biologique aérobie	34
Figure -12	Evolution du taux de MES au cours du processus de traitement biologique aérobie	34
Figure-13	Evolution du taux de NH_4^+ au cours du processus de traitement biologique aérobie	35
Figure-14	Eau usée après traitement biologique aérobie	36
Figure-15	dispositif expérimental du traitement biologique par voie anaérobie	37
Figure -16	évolution de la DCO en fonction de la durée de traitement par voie anaérobie	38
Figure -17	l'évolution du taux de MES en fonction de la durée de traitement par voie anaérobie	39
Figure -18	Evolution de Turbidité en fonction de la durée de traitement par voie anaérobie	39

Figure-19	eau usée après traitement biologique par voie anaérobie	40
------------------	---	-----------

Tableau -1	Les caractéristiques moyennes des eaux résiduaires urbaines	8
Tableau-2	Composition chimique de poussières et farine crue	17
Tableau-3	La distribution granulométrique des poussières	19
Tableau-4	Acidité du lixiviat des poussières	20
Tableau-5	Humidité des poussières farine crue	20
Tableau-6	Caractéristiques physicochimiques des eaux usées de la commune Aïn El Hadjar	24
Tableau-7	Paramètres opératoires suivi dans le traitement coagulation floculation	26
Tableau-8	Evolution de l'abattement de la DCO en fonction de la quantité des poussières farine crue introduite	27
Tableau-9	Evolution de l'abattement de la MES en fonction de la quantité des poussières farine crue introduite	28
Tableau-10	Evolution de l'abattement de la Turbidité en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite	29
Tableau-11	Les conditions opératoires suivies dans l'Optimisation de la floculation	31
Tableau 13	composition du mélange nutritif	32
Tableau-14	Evolution des concentrations de DCO, MES et NH_4^+ au cours du processus de traitement biologique aérobie	33
Tableau-15	Evolution des grandeurs chimiques de la DCO, MES et de la turbidité au cours du processus de traitement biologique aérobie	38

Liste des figures	I
Liste des tableaux	II
Abréviations	III
INTRODUCTION GENERALE	1

Chapitre I : Technologie du ciment

I-1 La Fabrication du ciment	3
I-1.1 Introduction	3
I-1-2 Etapes de fabrication du ciment	3
I-1-2-1 L'extraction et la préparation des matières premières	3
I-1-2-2 Le séchage et le broyage	3
I-1-2-3 La cuisson	4
I-1-2-4 Le broyage du clinker	5
I-1-2-5 Les expéditions	5
I-2 Les poussières	5
I-2-1 Impact des poussières sur la végétation	6
I-2-2 Impact des poussières sur la sante	6

Chapitre II : les eaux usées urbaines

II-1 Introduction	7
II-2 Les eaux résiduaires urbaines	7
II-3 Nature et composition des eaux usées	7
II-4 Traitement des eaux usées	8
II-4-1 Les méthodes de traitements	8
II-4 -2 Traitements physico-chimiques	8
II-4-3 Traitements biologiques	9
II-5 Nouveaux traitements	10

Chapitre III : Méthodes d'investigation

III-1 Taux d'humidité	11
III-2 Acidité	11
III-3 Lessivage	11
III-4 Diffraction des rayons X	12
III-5 Spectrométrie de fluorescence des rayons X	12
III-6 perte au feu (PAF)	12
III-7Analyse granulométrique	1 3
III-8 Détermination du poids spécifique ou masse spécifique	13
III-9 Détermination de la surface spécifique Blaine	14

III-10 Turbidité	14
III-11 Conductivité	14
III-12 Matière en suspension (MES)	15
III-13 Demande chimique en oxygène (DCO)	15

Chapitre IV: caractérisation des poussières farine crue

IV-1Introduction	16
IV-2 Présentation de la cimenterie SCIS Saida	16
IV-3 Caractérisation des poussières	17
IV-3-1 composition chimique des poussières	17
IV-3-2 Composition minéralogique des poussières	18
IV-3-3 Masse volumique des poussières	18
IV-3-4 Surface spécifique de Blaine (SSB)	19
IV-3-5 Analyse granulométrique	19
IV-3-6Acidité du lixiviat des poussières	19
IV-3-7 Humidité	20

Chapitre V: Traitement physico-chimique

V-1 Introduction	21
V-2 Présentation de la STEP	21
V-2-1 Caractérisation des eaux urbaines de la commune Aïn El Hadjar	21
V-2-2 Prélèvement de l'échantillon	22
V-3 Traitement par coagulation floculation	23
V-4 Taux d'abattement	24
V-5 Optimisation de la quantité des poussières farine crue	24
V-5-1 Abattement de la DCO	25
V-5-2 Abattement de la matière en suspension MES	26
V-5-3 Abattement de la Turbidité	27
V-6 Optimisation de la floculation	28
V-7 Conclusion	29

Chapitre VI: Traitement biologique

VI-1 Introduction	30
VI .2 Traitement par voie aérobie	30
VI.2.1 Solutions nutritives préparées	30
VI .2.2 . Procédure	31

VI .2.3 Evolution de la demande chimique en oxygène DCO	33
VI .2.4 Evolution du taux de matières en suspension MES	33
VI .2.5 Evolution du taux de NH_4^+	34
VI .2 .6 conclusion	34
VI-3 Traitement par voie_anaérobie	34
VI-3-1 Procédure	36
VI-3-2 Evolution de la DCO	37
VI-3-3 Evolution du taux de MES	38
VI-3-4 Evolution de la Turbidité	38
VI-3-5 Conclusion	39
Conclusion Générale	40

INTRODUCTION GENERALE

Le ciment est une matière première irremplaçable. Sa fabrication est une industrie de base qui occupe une position dominante et conserve un fort potentiel de croissance. Cependant le processus de fabrication du ciment engendre des incidences environnementales comme les émissions de gaz (CO_2 , NO_x , SO_2) mais surtout les émissions de poussières à tous les niveaux de la production, dont la forte et longue concentration dans l'air provoque des maladies respiratoires [1]. Toutefois ce processus ne cesse d'être amélioré avec des technologies nouvelles afin de réduire ces impacts sur l'environnement

L'adoption des technologies de filtration de plus en plus efficaces telles que les filtres à manches pour capter les poussières générées ont permis aux cimentiers d'atteindre un niveau performant en qualité du produit et en protection de l'environnement conformément aux exigences des normes élaborées par la plus grande Organisation Internationale de la Normalisation (I.S.O) [2].

Les cimenteries algériennes sont de plus en plus certifiées aux normes de qualité ISO 9002 et en cours de certification aux normes environnementales ISO 14000. Elles ne sont donc pas appelée uniquement à améliorer la qualité de leurs ciments et à baisser leurs coûts, mais aussi à remédier aux problèmes de pollution causés par les rejets des poussières qu'elles dégagent à tous les niveaux de la fabrication du ciment. Leur granulométrie est un facteur important, les poussières fines restent en suspension dans l'atmosphère alors que les plus grosses se déposent sur le sol à différentes distances de la source selon leur taille. [1]

Ces particules fines déposées généralement sur des filtres à manches ont des effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement. [3]

Deux études récentes ont été réalisées afin d'étudier l'impact des poussières émises par les cimenteries sur l'environnement. La première étude menée par l'université de Constantine sur la cimenterie d'Ain Touta [1], a montré en utilisant les bacs de $0,0314 \text{ m}^2$ de surface que les échantillons de poussières déposées prélevés proviennent des gaz dégagés de la cimenterie et elle a recommandé l'utilisation des dépoussiéreurs appropriés. La seconde étude, réalisée par l'Agence Internationale pour le Développement de la Qualité et de l'Environnement sur la cimenterie de Chlef, a montré en utilisant l'analyseur néphélométrie, que les concentrations en poussières de taille inférieure à 10 micromètres déposées dépassent largement le seuil d'acceptabilité [4]. Cette étude a suggéré la rénovation de tous

INTRODUCTION GENERALE

les filtres par des filtres obéissant aux normes (15 mg/Nm^3) et la surveillance en continu des émissions de poussières par des opacimétries et des jauges Owen.[5]

Ces poussières ne peuvent être malheureusement recyclées dans le procédé de fabrication du ciment, d'où son accumulation comme déchet inerte dans les cimenteries.

Dans ce cadre et pour préserver notre environnement et contribuer au développement durable de la wilaya de Saida ; une wilaya connue sur le territoire national ainsi qu'à l'échelle internationale comme ville des sources d'eaux naturelles, nous proposons dans notre étude de valoriser les poussières issues du broyage du mélange cru dans le domaine de traitement des eaux usées en tant que coagulant floculant dans le procédé de traitement physicochimique et comme support de biomasse en traitement biologique

Ce mémoire est structuré en six chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la Technologie du ciment

Le second chapitre donne un aperçu sur les caractéristiques des eaux usées urbaines et leurs traitements

Dans le troisième chapitre, nous présentons les différentes méthodes d'investigations utilisées pour mener à bien notre étude.

Le quatrième chapitre est axé sur la caractérisation des poussières farine crue

Les propriétés physicochimiques des eaux usées urbaines de la STEP de Aïn El Hadjar ainsi que les résultats du traitement physico-chimique de ces eaux en présence des poussières de farine crue sont exposés dans le cinquième chapitre. Le traitement biologique par deux voies, aérobie et anaérobie et les résultats interprétés qui en résultent sont regroupés dans le sixième et le dernier chapitre.

Enfin, nous clôturons cette étude par une conclusion générale.

I-1 La fabrication du ciment

I-1-1 Introduction

Le ciment est un liant hydraulique: une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau.

Il est obtenu par broyage fin du clinker avec une quantité nécessaire de gypse et un / ou des ajout(s) minéraux actifs (ciment composé), faite simultanément ou par malaxage minutieux des mêmes matériaux broyés séparément.

I-1-2 Etapes de fabrication du ciment

La fabrication du ciment est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils et des techniques de production, des contrôles rigoureux et continus de la qualité. Ce procédé comporte les étapes de fabrication suivantes :

I-1-2-1 L'extraction et la préparation des matières premières

Les matières premières sont extraites des parois rocheuses d'une carrière à ciel ouvert. Pour produire des ciments de qualités constantes, les matières premières doivent être très soigneusement échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière dans le temps.

- Carbonate de calcium (CaCO_3)
- Silice (SiO_2):
- Alumine (Al_2O_3):
- Oxyde ferrique (Fe_2O_3)

Le mélange est ensuite réalisé dans un hall de pré homogénéisation où la matière est disposée en couches horizontales superposées puis reprise verticalement. Cette étape génère des émissions locales de la poussière. Dues à l'extraction à ciel ouvert, du transport et du stockage.

I-1-2-2 Le séchage et le broyage

Pour favoriser les réactions chimiques qui suivent, les matières premières doivent être séchées et broyées très finement (quelques microns) dans des broyeurs à boulets ou dans des broyeurs à meules verticaux afin d'obtenir un mélange homogène appelé « farine crue ». Cette étape engendre des poussières. Ces dernières sont piégées par des filtres disposés au niveau au de l'atelier cru. Le séchage s'effectue au moyen de l'air chaud qui vient du four à contre courant.

I-2-3 La cuisson

La cuisson se fait à une température voisine de 1450°C dans un four rotatif, légèrement incliné. La matière chemine lentement et préchauffée à environ 800°C dans une tour de préchauffage constituée de quatre cyclones avant d'être introduite dans le four.

Afin d'optimiser les réactions solide liquide dans le four, les gaz chauds circulent à contre courant avec les matières introduites. Ce flux de gaz entraîne avec lui des poussières. Avant de sortir, il est impératif de le filtrer au moyen d'un filtre à manche. Ainsi les gaz débarrassés des poussières trouvent issue par une cheminée (figure 1).

Tout au long de la cuisson, un ensemble de réactions physico-chimiques conduit à l'obtention du clinker

- la décarbonatation du carbonate de calcium (calcaire) donne de la chaux vive.
- l'argile se scinde en ses constituantes silices et alumine qui se combinent à la chaux pour former des silicates et aluminates de chaux. Ce phénomène progressif constitue la clinkérisation.

A la sortie du four, un refroidisseur à grille permet d'assurer la trempe des nodules incandescents et de les ramener à une température d'environ 100°C . Ces derniers constitueront la phase majeure du ciment appelé clinker. Les gaz chauds après refroidissement sont récupérés et acheminés vers l'extérieure

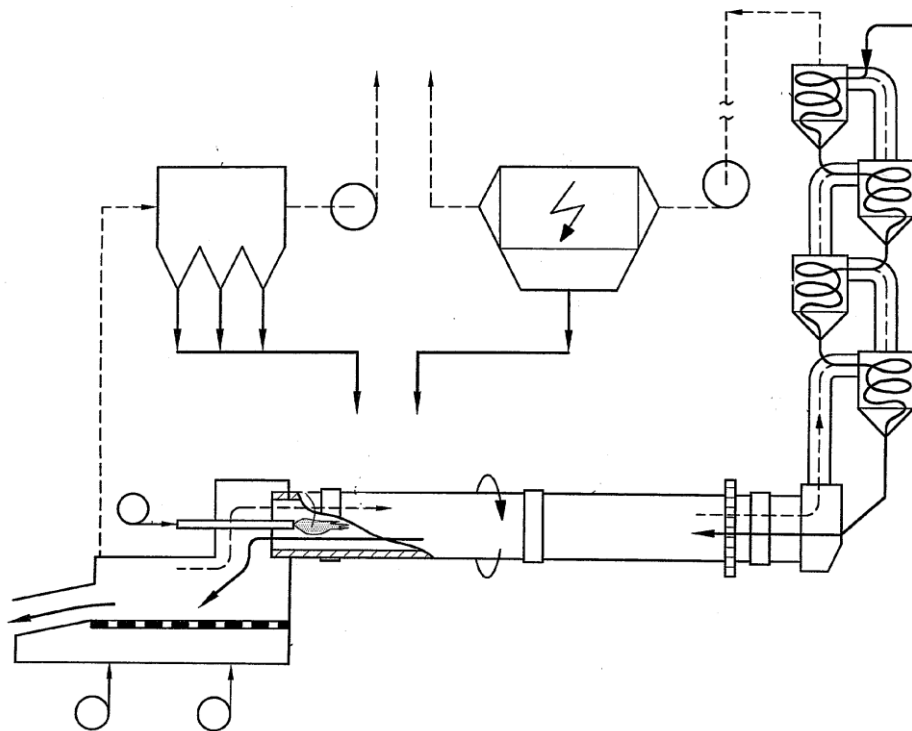


Figure 1 : schéma industriel du passage à contre courant gaz matière dans un four avec pré calcination et cheminée à l'appui.

I-2-4 Le broyage du clinker

Pour obtenir un ciment aux propriétés hydrauliques actives, le clinker doit être à son tour broyé très finement. Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets. Amènent progressivement le ciment à l'état de fine farine, ne comportant que très peu de grains supérieurs à 80 microns.

A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur.

C'est également lors du broyage que l'on ajoute au clinker le gypse (3 à 5%) indispensable à la régulation de prise du ciment. On obtient alors le ciment "Portland". Cette étape génère de la poussière qui est aspirée au dessus du broyeur par ventilateur

I-2-5 Les expéditions

Après le broyage, le ciment est sous sa forme définitive, tel que nous le connaissons sur les chantiers. Il est alors stocké dans des silos verticaux qu'il faut entretenir régulièrement.

. Le ciment est ensuite extrait de ces silos par un bec verseur. Ensuite, les ciments quittent l'usine en sacs ou en vrac.

I-2 les poussières

Représentent la forme de pollution la plus importante au niveau des cimenteries. Leur granulométrie est un facteur important. Les poussières fines restent en suspension dans l'atmosphère alors que les plus grosses se déposent sur le sol à différentes distances de la source selon leur taille. [6]

I-2-1 Impact des poussières sur la végétation

Les poussières déposées sur les plantes les empêchent de respirer et peuvent causer leur mort progressive. A la longue, cela provoque la disparition de toutes les espèces végétales avoisinantes. [7]

I-2-2 Impact des poussières sur la sante:[7]

Les effets des poussières sur la santé dépendent essentiellement de trois facteurs

- Le niveau de concentration auquel est exposé l'organisme (milieux professionnels).
- La durée d'exposition ou le temps durant lequel l'ouvrier ou l'habitant est exposé à ce milieu.
- L'effort physique qui s'accompagne d'une augmentation de la ventilation pulmonaire.

Les effets se ressentent à court et à long termes

I-2-3-1 A court terme

Le SO_2 provoque une irritation des muqueuses de la gorge et une inflammation des bronches.

Quand il est associé aux particules, il peut affecter tout l'appareil respiratoire jusqu'aux alvéoles.

Le CO se fixe sur les globules rouges du sang et empêche le transport de l'oxygène vers les cellules. A forte dose, il peut causer une asphyxie mortelle.

Le NO_2 est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Les poussières fines ($<1\mu$) atteignent les alvéoles et peuvent pénétrer dans le sang. Elles peuvent transporter d'autres polluants qui y sont adsorbés et causent des décès pour causes respiratoires et cardio-vasculaires

I-2-3-2 A long terme

Ces polluants peuvent provoquer des maladies respiratoires telles que l'asthme, les bronchites (SO_2 , poussières), allant jusqu'au cancer des poumons (NO_2 , particules).

II-1- Introduction

Les eaux usées appelées eaux polluées sont toutes les eaux qui sont de nature à contaminer les milieux dans les quelles elles sont déversées. Ces eaux sont en générales les sous produits d'une utilisation humaine [7]. L'eau usée domestique ou urbaine est un mélange complexe de matière organique et minérale; produits par les eaux de cuisine, les eaux de vannes et les eaux de lavage [8]. Dans ce chapitre nous énumérons les caractéristiques des eaux résiduaires urbaines et les différents traitements qui existent pour l'épurer.

II-2 Les eaux résiduaires urbaines

Les eaux résiduaires urbaines regroupent les eaux de ménagères et les eaux de ruissellement. La composition et les caractéristiques d'une eau résiduaire urbaine sont variables.

II-3 Nature et composition des eaux usées urbaines

Les matières polluantes contenues dans les eaux usées urbaines sont diverses suivant leur nature. Elles n'entraînent pas le même type de nuisance et nécessitent des traitements différents et appropriés [9].

La composition et la quantité des eaux usées sont liées à divers facteurs notamment au mode de vie ainsi qu'aux activités humaines et industrielles. La composition de ces eaux est étudiée par diverses techniques de mesures, physiques, chimiques et biologiques [4]. Les eaux usées quelle soient leur origine, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentent un réel pour danger les milieux récepteurs ou leur utilisateurs.

L'élimination de ces éléments toxiques exige de concevoir une chaine de traitement. Toute fois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, quantitativement et qualitativement [10]

Les caractéristiques moyennes des eaux résiduaires urbaines sont exposées dans le tableau -

Tableau -1 Les caractéristiques moyennes des eaux résiduaires urbaines [11]

Paramètres	variation Fraction	Décantable
pH	7.5 à 8.5	/
Extrait sec (mg/1)	1000 à 2000	10%
MES totales (mg/1)	150 à 500	50 à 60%
DBO ₅ (mg/1)	100 à 400	20 à 30%
DCO (mg/1)	300 à 1000	20 à 30%
Carbone Organique Total (mg/1)	100 à 300	/
NH ⁺ ₄ (mg/1)	20 à 80	0%
N-NO ⁻² (mg/1)	<1	0%
N-NH ⁻³ (mg/1)	<1	0%
Détergents (mg/1)	6 à 13	0%
P (mg/1)	10 à 25	10%

II-4 Traitement des eaux usées urbaines

II-4-1 Les méthodes de traitements

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires. On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les traitements primaires et de l'autre les traitements secondaires et tertiaires.

II-4-2 Traitements physico-chimiques : traitements primaires

Nous traiterons ici à la fois des prétraitements et des traitements primaires au sens strict. Les prétraitements sont une phase d'épuration grossière. On élimine tous les éléments solides volumineux et grossiers (sables, corps gras) qui pourraient d'ailleurs endommager les installations par la suite.

Notons qu'on retire alors environ 35% des éléments polluants [10]. Tout d'abord, on réalise :

Le dégrillage :

On fait passer l'eau à travers des grilles plus ou moins grossières pour récupérer tous les éléments solides plus gros que les espacements des grilles.

L'eau qui est issue de ce premier traitement subit ensuite le dessablage et le déshuilage-dégraissage.

Dessablage et le déshuilage-dégraissage :

La vitesse d'écoulement de l'eau est ralentie, des particules de taille alors plus petite vont sédimenter (boues primaires) et les graisses, moins denses vont remonter à la surface. On va alors retirer les sables par pompage et prélever l'écume.

La coagulation-floculation peut-être utilisée dans le processus de traitement physico-chimique de l'eau pour en diminuer la turbidité, le procédé de coagulation-floculation nécessite une élimination rigoureuse des floes et doit être couplé à de la décantation. Les réactifs doivent être précisément dosés pour ne pas avoir de matières résiduelles dans l'eau épuré.

Mais il reste alors dans l'eau tout ce qui y est dissous : éléments azotés, phosphatés, composés actifs et des particules fines. Se rajoutent ensuite les traitements secondaires voire tertiaires.

II-4-3 Traitements biologiques : traitements secondaires

Le traitement biologique le plus simple consiste à éliminer les composés organiques tels que sucres, graisses, protéines, etc. Ceux-ci sont nocifs pour l'environnement puisque leur dégradation implique la consommation de dioxygène dissous dans l'eau nécessaire à la survie des animaux aquatiques. La charge en polluants organiques est mesurée communément par la DBO5 (demande biologique (ou biochimique) en Oxygène sur 5 jours) ou la DCO (Demande Chimique en Oxygène). Les bactéries responsables de la dégradation des composés organiques sont hétérotrophes. Pour accélérer la dégradation des composés organiques, il faut apporter artificiellement de l'oxygène dans les eaux usées.

Le lagunage naturel

Les eaux usées sont stockées dans des plans d'eau peu profonds : les lagunes. L'activité microbienne se fait naturellement : échange avec l'atmosphère. Des aérateurs peuvent être utilisés pour brasser l'air et optimiser l'activité des bactéries. Ces processus induisent la formation de boues de lagunage au fond des bassins qui sont récupérées. [12]

Les boues activées

On force ici le mélange du dioxygène, des eaux usées et des bactéries dans des bassins. Les espèces sont sélectionnées selon ce que l'on souhaite éliminer : carbone, azote, phosphore. Les bactéries et leurs déchets du métabolisme forment, dans un bassin appelé clarificateur, des boues (boues secondaires) qui sont ensuite traitées et utilisées pour la fertilisation des sols par exemple. Une partie de ces boues retourne dans les bassins pour éviter une trop grande perte en bactéries. [10]

Les biofiltres et filtres bactériens

On peut également faire percoler l'eau à travers un matériau où se développent des bactéries. Cela peut être des galets ou des supports (lits bactériens) ou des argiles cuites, des schistes, des sables . . . (biofiltres). Ces traitements sont utilisés en plus du processus des boues activées, permettant d'éliminer une plus grande diversité de polluants. En effet, on va alors concentrer les bactéries et ainsi localiser leur action, la rendant plus efficace. [13]

De nombreuses stations d'épuration cumulent aujourd'hui les traitements primaires et secondaires. Certaines plus rares utilisent des traitements avancés ou tertiaires. En effet, à la fin des traitements secondaires, il reste encore dans l'eau des éléments dissous que les bactéries n'auront pas absorbés (azote, phosphore) et des éléments qu'elles ne sont de toute manière pas aptes à traiter.

II-5 Nouveaux traitements : traitements tertiaires

Ces traitements sont à la fois physico-chimiques et biologiques. On les réalise après les traitements primaires et secondaires afin d'éliminer des éléments nutritifs résiduels, des polluants organiques résistants, des métaux, des pigments. . . Par exemple, on peut utiliser des traitements biologiques avancés pour éliminer le phosphore par le Déplacement Nutritif Biologique (DNF). On fait passer l'eau par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions environnementales différentes (différence de concentration en dioxygène par exemple). On récupère ensuite les boues lors d'un nouveau passage dans un clarificateur. [10]

Un autre type de traitement que l'on pourrait classer comme tertiaire est le traitement aux UV (Désinfection des eaux usées par les UV). On dénature alors des molécules, comme les œstrogènes, sensibles à ces rayons. [10]

III-1 Taux d'humidité

L'humidité d'un solide est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans un matériau. Elle s'exprime en pourcentage de masse.

Procédure

Dans un verre à montre, on pèse 1 g de l'échantillon et on étuve à 105 °C pendant 2 heures.

L'humidité est donnée par :

$$H \% = (m_i - m_f) \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

m_i : masse initiale de l'échantillon avant séchage

m_f : masse de l'échantillon après étuvage

III-2 Acidité :

Le potentiel d'hydrogène pH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes en solution.

Procédure

Dans un bécher, on introduit 2 g de poussière farine crue dans 200 ml d'eau distillée que l'on met sous agitation au moyen d'un agitateur magnétique. On mesure le pH après 30 mn au moyen d'un pH-mètre type HANNA.

III-3 Lessivage

Le lessivage est une opération effectuée afin d'étudier le relargage possible des espèces d'un matériau mis en suspension dans une solution.

Procédure

Dans un bécher, on introduit 2 g de l'échantillon dans 200 ml d'eau distillée que l'on met sous agitation au moyen d'un agitateur magnétique pendant 48 h.

On mesure le pH après 24h et 48 h d'agitation au moyen d'un pH-mètre type HANNA.

III-4 Diffraction des rayons X

La méthode générale consiste à bombarder l'échantillon avec des rayons X, et à regarder l'intensité de rayons X qui est diffusée selon l'orientation dans l'espace. Les rayons X diffusés interfèrent entre eux, l'intensité présente donc des *maxima* dans certaines directions ; on parle de phénomène de «diffraction».

On enregistre l'intensité détectée en fonction de l'angle de déviation 2θ ("deux-thêta") du faisceau ; la courbe obtenue s'appelle le «diffractogramme»

Le diffractomètre RX utilisé est de type « panalytical x-pert pro »

III-5 Spectrométrie de fluorescence des rayons X :

Cette méthode sert à identifier et à doser tous les éléments chimiques dans leurs combinaisons les plus diverses. L'échantillon à analyser est irradié par des rayons X de haute intensité.

De ce fait les éléments contenus dans la préparation sont excités et émettent un rayonnement de fluorescence spécifique à chacun d'eux par réflexion sur un cristal analyseur.

Ce rayonnement sera décomposé en raies spectrales dont l'intensité mesurée sera le reflet de l'identité et de la concentration des éléments analysés.

Les analyses par spectrométrie de fluorescence X ont été effectuées au niveau de la cimenterie de Saida au moyen du spectromètre OXFORD MDX1000.

III-6 perte au feu (PAF) :

La perte au feu est déterminée par calcination. Le gaz carbonique et l'eau sont chassés et les éléments oxydables éventuellement présents sont oxydés

Procédure

Dans un creuset pré-calciné, on met 1g de poussière farine crue que l'on introduit au four pendant 30 min à 1000°C.

Une fois refroidi, le creuset est pesé.

La perte au feu est donnée par :

$$\% \text{ PAF} = (P_2 - P_1) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Où

P_1 : masse de creuset avec 1g de l'échantillon (g)

P_2 : masse du creuset refroidi (g)

III-7 Analyse granulométrique :

C'est une opération qui consiste à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...).

Procédure :

Le tamisage est effectué par voie humide. On pèse 1g de l'échantillon que l'on verse sur les tamis de 45µm et 63 µm et 90µm. On lave la matière avec de l'eau de robinet jusqu'à disparition complète de la poussière

Le tamis est ensuite séché dans une étuve à 100 °C pendant 30 mn puis le refus est pesé.

$$\text{Refus \%} = P_2 \times 100 \dots\dots (3)$$

P_2 : masse de la prise d'essai de l'échantillon (g)

III-8 Détermination du poids spécifique ou masse spécifique

On prélève un échantillon représentatif de la poudre de poussière environ 200 à 250 g dans une capsule. On étuve l'échantillon à la température de 80°C à 100°C pendant 02 heures minimum. Puis on refroidit l'échantillon dans un dessiccateur jusqu'à la température ambiante.

On prend un densimètre propre et sec. On le remplit avec le kérosène au trait de jauge.

On le plonge dans le bain thermostatique à la température $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ pendant environ 15 min. On Jauge le liquide jusqu'au trait marqué 0. On pèse avec précision 64g que l'on introduit dans le densimètre sans aucune perte.

Puis on fait dégager les bulles d'air entraînées par le ciment en agitant doucement le densimètre entre les mains. On replonge le densimètre dans le bain thermostatique à la température $T = (20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C})$ pendant environ 20 min.

Les particules de poussière ne doivent pas être fixées sur les parois internes du densimètre. Enfin, on lit le volume déplacé à des intervalles de temps, 3 fois quant celui-ci est stable, soit V (cm^3).

Le poids spécifique P_s est obtenu par:

$$P_s = \rho = \frac{M(g)}{V(\text{cm}^3)} \dots\dots\dots(4)$$

Où: V: volume lu

M: prise d'échantillon

ρ : est la masse volumique des grains de poussière en (g/cm^3).

III-9 Détermination de la surface spécifique (S.S.B)

On utilise la méthode Blaine. La finesse de poussière est mesurée sous forme de surface massique par perméabilité à l'air, en mesurant le temps de passage d'une quantité d'air donnée au travers d'un lit de poudre.

Cette méthode permet de déterminer la finesse du ciment ou la farine, par perméabilité à l'air,

Procédure

On mesure le temps de passage d'une quantité d'air donnée à travers un lit de poudre avec une prise de poussière farine crue de 2,67g

La mesure a été effectuée au moyen du perméabilimètre type « ACMEL BSA1 »

III-10 Turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent.

La turbidité a été mesurée au moyen d'un turbidimètre type HACH DR/2010

III-11 Conductivité :

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions.

Procédure

L'appareil servant à évaluer la conductivité spécifique de l'eau s'appelle un conductimètre. Le courant électrique mesuré est proportionnel à la concentration d'ions dans l'eau ; plus il est élevé, plus il y a d'ions dans l'eau. Le résultat se traduit en micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à une température normalisée de 25°C

Le turbidimètre utilisé est type INOLAB

III-12 Matière en suspension (MES) :

La notion de matière en suspension désigne l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes dans un liquide. Plus une eau en contient, plus elle est dite turbide.

Procédure

L'échantillon est filtré sous vide au moyen d'un papier filtre taré P1.

Ensuite on sèche le papier filtre dans une étuve à 105°C pendant 24h.

En fin, on pèse le filtre séché P2.

La matière en suspension MES est calculée comme suit :

$$\text{MES} = (P2 - P1) / V \times 1000 \quad (\text{mg/l}) \quad \dots (5)$$

Où :

P₁ : pesée de papier filtre

P₂ : pesée de papier filtre après séchage

V : volume de l'échantillon prise

III-13 demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

Procédure

On préchauffe le réacteur DCO type HACH à 150°C. On introduit dans un tube de réactif DCO contenant 86% de la solution d'acide sulfurique et 14% de sulfate de mercure, 2 ml d'échantillon, on doit bien homogénéiser. On place le tube hermétiquement bouché dans le réacteur préchauffé. On chauffe pendant 2 h à 150°C. On éteint le réacteur et on laisse refroidir le tube durant 20 minutes. On place les étalons dans un portoir de refroidissement et on laisse refroidir à température ambiante. On mesure la DCO par un spectrophotomètre de type HACH DR/2010.

IV-1 Introduction

Les poussières représentent la forme de pollution la plus importante au niveau des cimenteries. Elle est plus ressentie par la population pour des raisons physiologiques et psychologiques [15].

Dans cette étude, nous tachons de caractériser ces poussières afin de trouver un débouché de variolisation.

Ces poussières proviennent de la cimenterie de HASSASNA wilaya de Saida. C'est le résidu du broyage de la farine crue.

IV-2Présentation de la cimenterie SCIS Saida

La cimenterie de HASSASNA est située dans l'ouest algérien à 16 km de la wilaya de Saïda. Sa production annuelle est de 500,000 tonne par an de ciment type Ciment portland avec ajout (CPJ).

ECHANTILLONAGE

Nous avons prélevé une quantité de 1 Kg de poussières de farine crue le 05 /03/2014 à 12 :30 au niveau du filtre a manche du broyeur cru (figure-2) avec une pelle à main (figure -3) .

L'échantillon a été conservé dans une boîte de plastique.



Figure-2 Filtre à manche.



Figure-3 point de prélèvement au niveau du filtre à manche .

IV-3 Caractérisation des poussières

Les poussières prélevées ont été sujet à différentes analyses dans le but de déterminer leurs caractéristiques.

IV-3-1 composition chimique des poussières

La composition chimique des poussières a été déterminée par spectrométrie de fluorescence X. La perte au feu (PAF) a été déterminée par calcination à 1000°C

La composition chimique de la farine crue est aussi déterminée à titre de comparaison. Les résultats sont regroupés dans le Tableau -2

Tableau-2 Composition chimique des poussières et farine crue

Composition Chimique [%] Matière	SiO₂	K₂O	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	PAF
Poussière	11,39	0,901	3,91	1,94	45,35	0,84	36,49
Farine Crue	13,95	0,849	3,79	2,23	42,91	0,76	35,80

Nous remarquons que les poussières présentent une très forte teneur en Chaux CaO. La teneur en silice SiO₂ est assez élevée. Une présence de moyenne à faible teneur en alumine Al₂O₃ est observée. L'oxyde ferrique Fe₂O₃ et la magnésie MgO sont présents en faible quantité.

Si nous comparons les résultats obtenus à la composition de la farine crue utilisée comme matière première de fabrication du ciment, nous constatons que la composition chimique est la même. Il y a augmentation en taux de chaux et diminution en taux de Silice et d'Alumine. Aussi nous constatons que la quantité de perte au feu que représente la poussière farine crue est plus élevée que celle de la farine crue.

Donc, nous pouvons dire que les poussières farine crue ne peuvent être introduites dans le four car le dosage du cru sera élevé.

Aussi le taux de K₂O de la poussière est un peu élevé que celui de la farine crue.

Ce sont des alcalis qui peuvent abimer le four.

IV-3-2 Composition minéralogique des poussières

La composition minéralogique des poussières a été déterminée par diffraction des rayons X.

Le diffractogramme des poussières (figure-3) Montre la présence de la phase minérale calcite vu l'apparition du pic caractéristique à $2\theta = 29.^\circ$. Ce pic a l'intensité la plus élevée.

Nous constatons la présence des cristaux de Quartz justifiée par la présence du pic à $2\theta = 26^\circ$. Les phases illite et kaolinite sont les composés mineurs des poussières qui sont présents avec une intensité faible. Cette composition minéralogique reflète les constituants du mélange cru (argile).

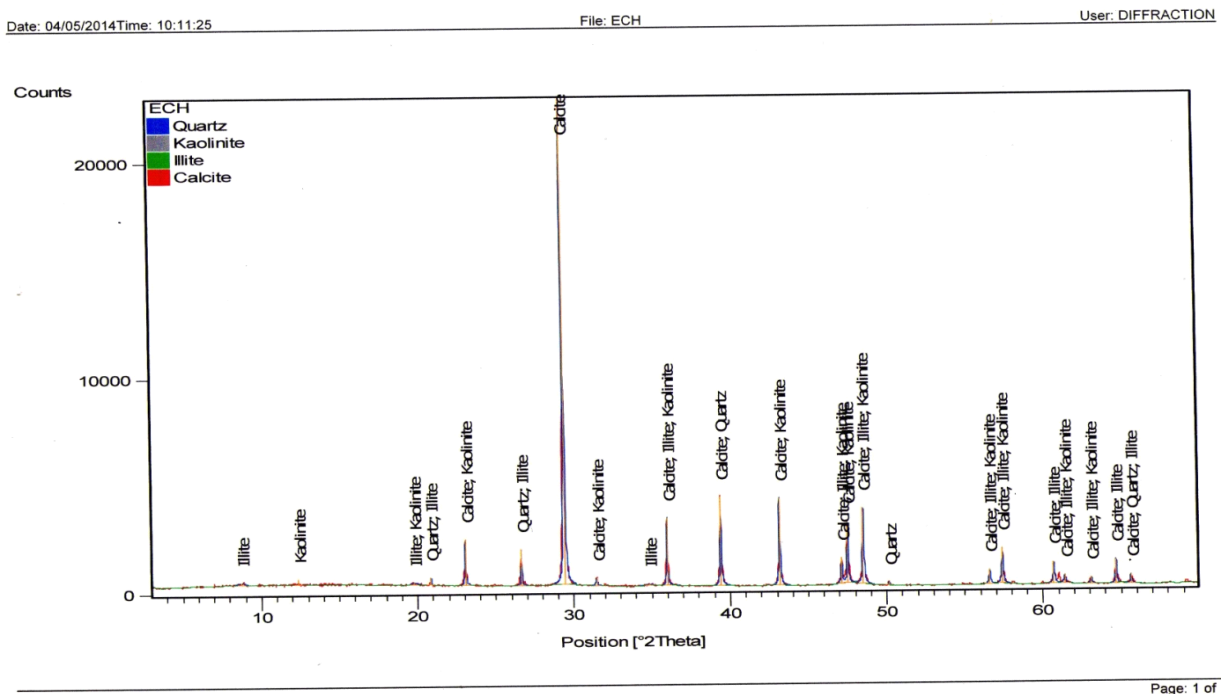


Figure -4 diffractogramme des poussières farine crue.

Nous pouvons conclure que la chaux présente dans les poussières est sous forme de CaO.

IV-3-3 Masse volumique des poussières

Nous avons déterminé la masse volumique des poussières évaluée à $2,4\text{g/cm}^3$.

Les poussières manifestent une masse volumique qui est proche à celle des composés minéralogiques estimée à $2,78\text{ g/cm}^3$ [16] dont la phase minéralogique majeure est la calcite. Cette phase a été aussi détectée sur le diffractogramme des poussières (figure -3).

IV-3-4 Surface spécifique de Blaine (SSB) :

La surface spécifique de Blaine nous renseigne sur la surface de contact des solides. Nous avons mesuré la SSB des poussières dont le résultat d'analyse est $9300 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Nous constatons que la surface spécifique des poussières est très élevée. Cette propriété physique valorise les poussières dans tous les domaines qui nécessitent une surface de contact élevée.

IV-3-5 Analyse granulométrique

La distribution granulométrique des poussières est donnée dans le Tableau-3.

Tableau-3- La distribution granulométrique des poussières

Analyse granulométrique	Refus tamis 45 (μm)	Refus tamis 63 (μm)	Refus tamis 90 (μm)
Poussières (%)	0,298	0	0
Farine crue (%)	21,020	15,602	10,774

A partir des résultats obtenus, nous observons que la majorité des grains de poussières (99,702 %) ont un diamètre inférieur à $45\mu\text{m}$.

Nous constatons que la finesse des grains de Poussières dépasse la finesse de la farine crue. Les poussières sont plus fines que la farine crue, ceci peut provoquer un colmatage au niveau du four si celles-ci sont recyclées dans le four de cimenterie.

IV-3-6 Acidité du lixiviat des poussières

L'acidité des poussières est donnée à partir de la mesure du pH des poussières mises en solution. Le résultat est exprimé dans le tableau (4)

Le pH du lixiviat des poussières est mesuré à 24h et à 48h après la mise en solution des poussières.

Tableau-4 Acidité du lixiviat des poussières

Chapitre IV: caractérisation des poussières farine crue

durée	30 min	24 h	48 h
pH poussières	9	8	8

Les résultats démontrent que le lixiviat des poussières est basique

Ceci peut être expliqué par la mise en solution des éléments présents dans la matrice poussières. Dès le contact des poussières avec l'eau, le pH du lixiviat est basique de l'ordre de **9**.

Nous remarquons par la suite une diminution du pH en fonction du temps ce qui est attribuable à une diminution de la disponibilité en ions OH^- .

IV-3-7 Humidité

L'humidité des poussières a été déterminée par différence de masse après séchage à 105°C . Le résultat obtenu est représenté dans le tableau(5) :

Tableau-5 Humidité des poussières farine crue

Durée (heure)	24	48
humidité (%)	0,96	0,77

A partir des résultats, nous pouvons dire que les poussières ont une nature hygroscopique ; ainsi on peut les réutiliser comme remblais.

V-1 Introduction

La coagulation-floculation-décantation, appelée communément sédimentation primaire assistée chimiquement (SPAC), est une technique qui semble avoir le potentiel en Algérie pour faire face à la demande évolutive de la protection de l'environnement.

Dans notre travail, nous avons étudié la possibilité d'utiliser cette technique de traitement pour les eaux usées urbaines de la ville Aïn El Hadjar

Dans ce contexte, notre étude a été focalisée dans l'évaluation des performances de la poussière farine crue de la cimenterie de HASASNA comme agent coagulant floculant. Par la suite, nous avons essayé d'optimiser les différents facteurs mis en jeu pour améliorer l'efficacité de cette méthode

V-2 Présentation de la STEP

La station d'épuration est implantée au niveau de la commune Aïn El Hadjar Wilaya de Saida dans une zone isolée 13 Hec est d'une capacité de 19 000 Eq/Hab, elle a commencé l'épuration en Mars 2004, est conçue pour traiter chaque jour 30 000 m³ d'eaux usées.

La filière de traitement envisagée est épuration biologique par boues activées à faible charge

V-2-1 Caractérisation des eaux urbaines de la commune Aïn El Hadjar

Les analyses physico-chimiques effectuées sur l'échantillon prélevé, ont été réalisées au niveau de la station d'épuration Aïn El Hadjar

Les différents traitements suivis par la STEP se résument comme suit :

a- Le traitement des eaux qui suit les étapes suivantes :

Traitement primaire : comportant les étapes de Dégrillage, Dessablage, Déshuilage

Traitement secondaire : constitué d'Aération prolongée et de Clarification

Traitement tertiaire : se résumant dans la Chloration

b- le traitement des boues : qui passe par l'Epaississement et le Séchage

V-2-2 Prélèvement de l'échantillon

Deux différents prélèvements des eaux usées ont été effectués à différentes journées à 11h.00 du matin, l'heure où le débit entrée des eaux usées est très élevé.

Nous avons prélevé 1 litre des eaux usées au niveau du déversoir au sein de la station d'épuration Aïn El Hadjar au moyen d'un pot de 1 litre de volume (Figure -5). L'échantillon a été conservé dans des bouteilles en plastique à une température de 4 °C jusqu'à son utilisation.



Figure-5 point de prélèvement de l'échantillon au niveau du déversoir

La température ainsi que le pH ont été mesurés sur place.

La couleur des eaux usées était grise foncée, avec une odeur nauséabonde.

Le Tableau -6 regroupe les résultats obtenus à partir des différentes analyses.

Tableau-6 caractéristiques physicochimiques des eaux usées de la commune Aïn El Hadjar

Date prélèvement	T (°C)	pH	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	Turbidité (NTU)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
20/3/2014	15	7,6	241	310	259	0,08	A
29/4/2014	15	8	86	341	A	0,4	67,75

A : mesure non effectuée

A partir des résultats obtenus, nous remarquons que, ces eaux présentent un taux de pollution très élevée

V-3 Dispositif expérimental

Les tests de coagulation floculation sont effectués au moyen d'un dispositif appelé Jar-test de marque ISCO (Figure-6). Ce dernier, comprend quatre postes munis d'agitateurs à palettes. La vitesse d'agitation peut varier de 10 à 300 tr/min. Le jar test est muni d'une série de 4 béciers de 1 litre Ce dispositif est spécialement conçu pour les essais de floculation et de formation de floc dans le domaine du traitement des eaux [4]



Figure-6 Jar-test de type ISCO

Procédure

Dans le JAR TEST, nous avons versé un volume de 600 ml d'eau usée brute dans chaque bécher, nous y ajoutons une quantité spécifique de poussière farine crue comme agent coagulant flocculant

Nous appliquons en premier lieu une agitation à vitesse rapide donnée pour simuler l'étape de coagulation pendant une période bien déterminée.

Une fois terminée, nous appliquons une agitation à vitesse faible pour stimuler l'étape de floculation maintenue pendant une durée fixée. Enfin nous laissons décanter le système pendant un temps limité.

V-4 Taux d'abattement

A fin de pouvoir suivre l'évolution des différents paramètres lors du traitement adopté nous avons calculé le taux d'abattement d'un paramètre X à partir de la relation :

$$\% \text{ abattement} = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100 \% \dots (6)$$

Où

C_i : concentration initiale de X dans l'eau usée avant traitement.

C_f : concentration finale de X dans l'eau usée après traitement.

V-5 Optimisation de la quantité des poussières farine crue

Nous avons suivi l'évolution des concentrations de la DCO, MES et de la turbidité des eaux traitées en fonction de la masse de poussières introduites soit : Les résultats dans le traitement de coagulation floculation tout en maintenant les autres paramètres constants (tableau-7). Nous avons étudié la capacité des poussières à coaguler et flocculer les matières en suspension et ainsi nous avons optimisé la quantité de ce nouvel agent coagulant flocculant.

Le pH de la poussière farine crue est basique de l'ordre de 9 ce qui donne un milieu prometteur pour le bon déroulement de la coagulation floculation

Tableau-7 Paramètres opératoires suivi dans le traitement coagulation floculation

paramètre	Vitesse rapide (tour/min)	Durée agitation rapide (min)	Vitesse lente (tour/min)	Durée agitation Lente (min)	Temps de décantation (min)
valeur	200	3	40	20	90

V-5-1 Abattement de la DCO

Les résultats obtenus (Tableau -8) montrent que la dose optimale du coagulant (poussière farine crue) qui correspond au taux d'abattement le plus élevé (50 %) est de 0,48g. soit la teneur de la concentration en matière oxydable a été réduite

Tableau-8 Evolution de l'abattement de la DCO en fonction de la quantité du coagulant (poussière farine crue)

Quantité de coagulant (poussière farine crue) (g)	0,0	0,24	0,36	0,48	0,60
Le taux de DCO (mg/l)	320	280	277	160	242
% Abattement	-	12,5	13,43	50	24,37

La figure-7. montre que la DCO diminue au fur et à mesure que nous augmentons la quantité de coagulant. Une fois que nous dépassons 0,48g, elle commence à augmenter

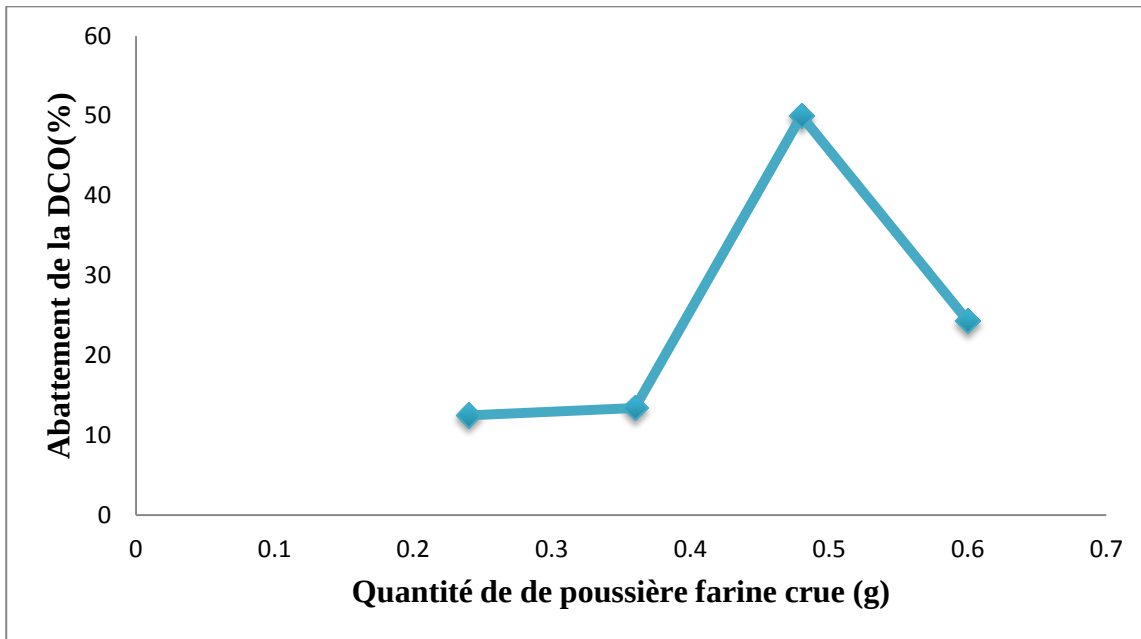


Figure-7 Evolution de l'abattement de la **DCO** en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite

V-5-2 Abattement de la matière en suspension MES

D'après le tableau-9, le traitement physico-chimique a entraîné la diminution du taux de MES

Tableau-9 MES en fonction de la quantité de coagulant (poussière farine crue)

Quantité de coagulant (poussière farine crue) (g)	0,0	0,24	0,36	0,48	0,60
M E S (mg/l)	241	128	110	97	120
Abattement %	-	46,88	54,35	59,75	50,20

La figure-8 montre que la MES diminue au fur et à mesure que nous augmentons la quantité de coagulant. Une fois que nous dépassons 0,48g, elle commence à augmenter

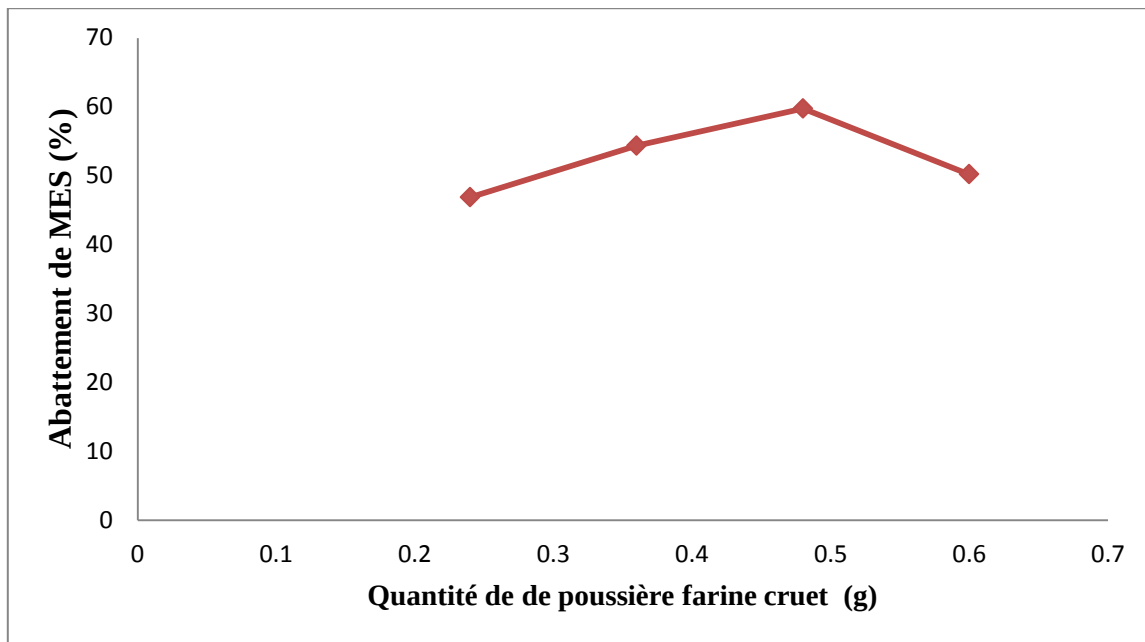


Figure-8 Evolution de l'abattement de la MES en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite

V-5-3 Abattement de la Turbidité

Nous constatons à partir du Tableau-10 que le traitement physico-chimique a entraîné la diminution du taux de Turbidité

Tableau-10 Evolution de l'abattement de la en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite

Quantité de coagulant (poussière farine crue) (g)	0	0,24	0,36	0,48	0,60
Turbidité (NTU)	259	165	138	132	170
% Abattement	-	36,29	46,71	49,03	34,36

La figure-9 montre que la MES diminue au fur et à mesure que nous augmentons la quantité de coagulant. Une fois que nous dépassons 0,48g, elle commence à augmenter.

Vu que la turbidité après traitement a diminué jusqu'à 132 NTU, nous concluons que la poussière de farine crue a un pouvoir clarifiant.

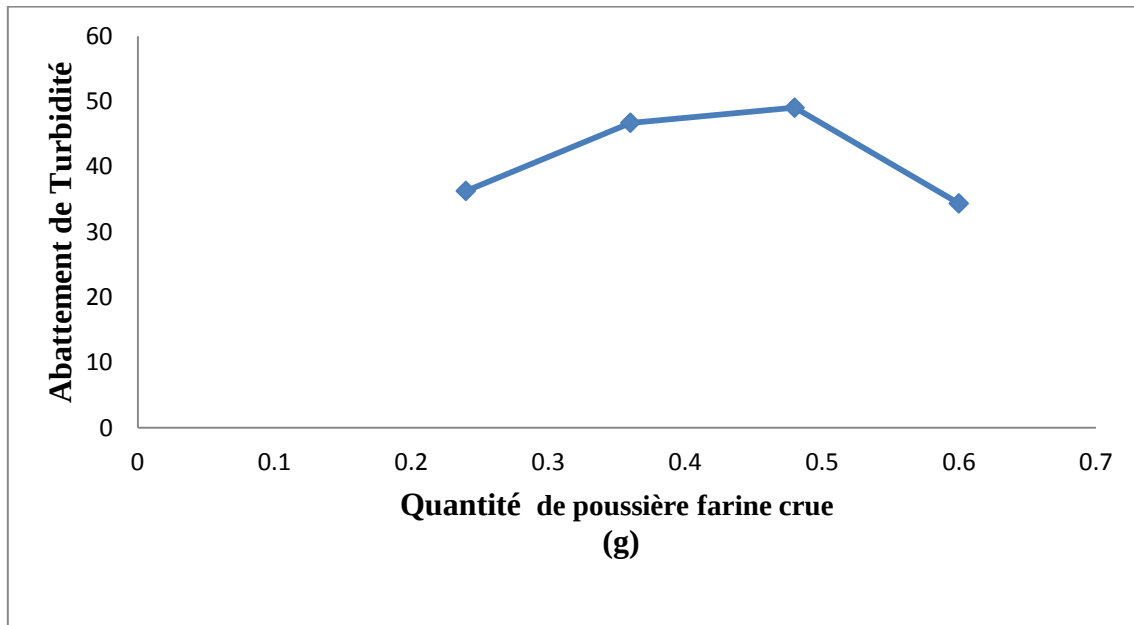


Figure-9 Evolution de l'abattement de la Turbidité en fonction de la quantité de poussière farine crue introduite

V-6 Optimisation de la floculation:

Après avoir optimisé la quantité de poussière farine crue utilisée, nous étudions dans cette partie l'influence de la durée d'agitation de la floculation (tableau 11)

Tableau -11 Les conditions opératoires suivies dans l'Optimisation de la floculation

paramètre	Vitesse rapide (tour/min)	Durée agitation rapide (min)	V. lente (tour/min)	Durée agitation (min)	Temps de décantation (min)
Valeur	200	3	40	20	90
Valeur	200	3	40	25	90

Evolution de la DCO

D'après le tableau 12, nous remarquons que la valeur de la DCO diminue lorsque la Durée de floculation diminue. En comparant les résultats obtenus, nous pouvons dire que la durée d'agitation Lente 20 min nous a donné un meilleur résultat que celle de 25 mn.

Tableau-12 Evolution de la DCO en fonction de Durée agitation Lente de floculation

Durée agitation Lente (min)	20	25
DCO (mg/l)	160	185

V-7 Conclusion

Nous pouvons d'après ces résultats dire que la poussière farine crue peut jouer le rôle de l'agent coagulant floculant. Aussi nous pouvons dire que, pour avoir une bonne épuration la quantité optimale de poussière ajoutée est de 0,48 g avec 3 min de temps de coagulation et une durée d'agitation lente 20 min pour la floculation. Le taux d'abattement reste pratiquement le même pour tous les paramètres étudiés (environ 50 %) avec des valeurs de DCO évaluée à 160 mg/l, MES de 97 mg/l et turbidité égalant à 132 NTU lorsque nous utilisons une quantité de 0,48g de poussières farine crue.

Ces paramètres environnementaux obtenus respectent les normes algériennes de rejet [16].

VI-1 Introduction

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Nous proposons dans notre travail, le traitement biologique des eaux urbaines de la commune Aïn El Hadjar en présence des poussières de farine crue. L'efficacité de ce nouveau concept est jugé en suivant l'évolution des concentrations en DCO, MES et NH_4^+ tout le long du traitement.

Ce traitement sera effectué en voie aérobie et anaérobie.

VI -2 Traitement par voie aérobie

Afin de mener à bien notre traitement biologique, nous devons respecter le rapport $\text{DCO/N/P} = 180/5/1$ [17].

La biodégradabilité est un processus qui s'effectue dans un milieu contenant des matières telles que le phosphate et l'azote et des micro-organismes. Ces dernières requièrent des sources de carbone et d'azote suffisants pour se reproduire. Le rapport carbone/azote optimal est voisin de 35.

L'épuration biologique nécessite la présence de nutriments tels que le magnésium qui active les enzymes, le fer et le calcium, pour favoriser la croissance bactérienne [18].

Dans notre cas, les eaux urbaines contiennent des micro-organismes. Nous rajoutons une solution nutritive à base de fer, de magnésium et de calcium. Enfin, Nous corrigerons éventuellement les carences en azote et en phosphore.

VI-2-1 Solutions nutritives préparées

La matière nutritive est contenue dans les solutions que nous avons préparées, soit

Solution de sulfate de magnésium :

$$m(\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,4095 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ ml}$$

Solution de chlorure de calcium :

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,3311 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ ml.}$$

Solution de chlorure féérique

$$m(\text{FeCl}_3) = 2,77 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ ml}$$

Les carences en azote et phosphore ont été corrigées par les solutions préparées suivantes :

Solution de phosphates :

$$m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,6775 \text{ g}$$

$$m(\text{KH}_2\text{HPO}_4) = 0,278 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ ml}$$

Solution de chlorure d'ammonium :

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,2 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ ml.}$$

Notre eau usée correspond après avoir déterminé la DCO à un rapport 341/67,75/0,4.

Un volume de 2,2 ml du milieu nutritif a été déversé.

La composition du milieu nutritif ajouté est exposée dans le Tableau -11

Tableau -13 composition du mélange nutritif

Solution	Mg SO ₄	CaCl ₃	Fe Cl ₃
Volume (ml)	1	1	0,2

Le traitement biologique que nous proposons se base sur l'ajout d'un matériau qui jouera le rôle d'un support de biofilm.

Pour cela, nous avons choisi la poussière de farine crue comme matrice spécifique.

Le traitement que nous proposons est un traitement biologique en présence de Poussière farine crue par voie aérobie

VI -2-2 Procédure

Dans un b cher de 1 litre, un volume de 800 ml des eaux résiduaires ainsi que 3,2g de poussières de farine crue sont aérés au moyen d'une pompe d'aquarium munie d'un fritté afin d'avoir une bonne dispersion des bulles d'air (figure -10). L'oxygène est pompé chaque jour pendant 5 minutes.

Le système est mis sous agitation magnétique moyenne à température ambiante.

La durée du traitement est de 7jours.

La matière en suspension MES, la DCO ainsi que NH_4^+ sont mesurées lors du 4^{ème} jour et le 7^{ème} jour du traitement

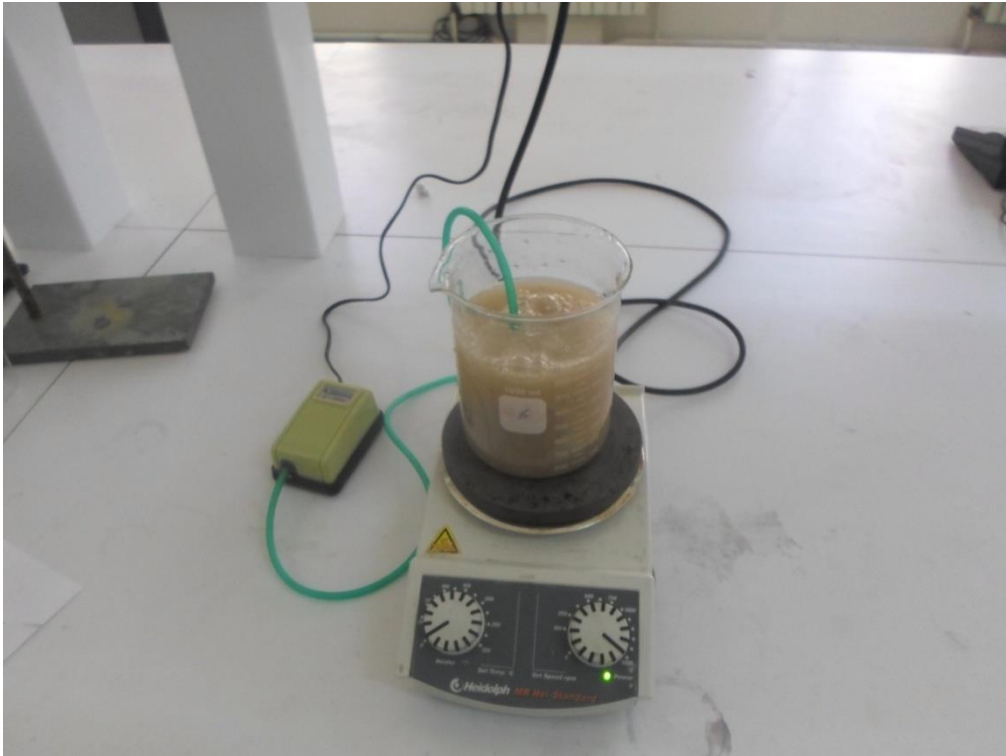


Figure-10 Dispositif expérimental du traitement biologique par voie aérobie

Les résultats obtenus sont exposés dans le Tableau -12

Tableau -14 Evolution des concentrations de DCO, MES et NH_4^+ au cours du processus de traitement biologique aérobie

Temps (jour)	0	4	7
DCO (mg/l)	341	105	30
MES (mg/l)	86	74	30
NH_4^+ (mg/l)	67,75	40,75	11,75

VI -2-3 Evolution de la demande chimique en oxygène DCO:

La figure-11 nous renseigne sur l'évolution de la DCO en fonction du temps.

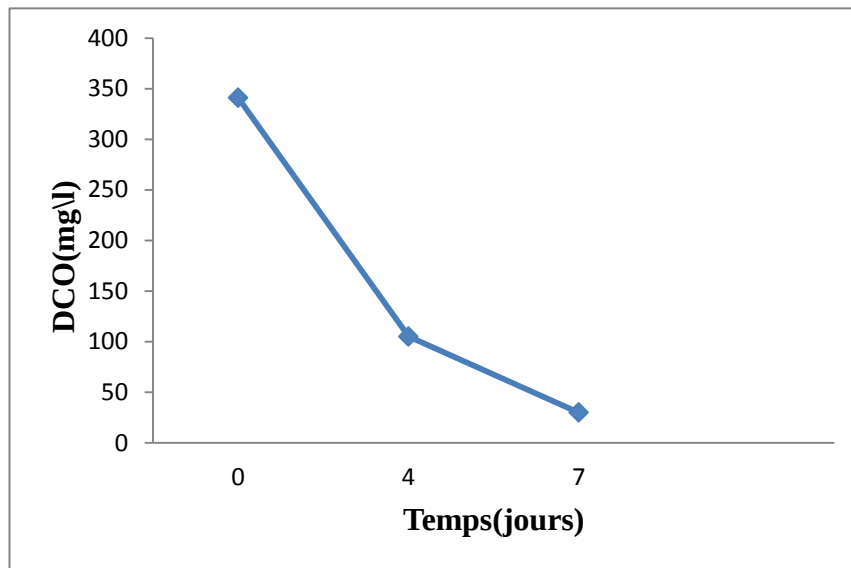


Figure -11 Evolution du taux de DCO au cours du processus de traitement biologique aérobie

Nous remarquons une diminution importante de la DCO. Cela nous pousse à dire qu'il y a une dégradation de la matière organique grâce au développement des micro-organismes sur les poussières.

La réduction de la DCO a été faite par digestion aérobie des solutions.

VI -2-4 Evolution du taux de matières en suspension MES

D'après les résultats obtenus (figure-12), nous remarquons que le taux de MES connaît une baisse notable après le 4ème jour

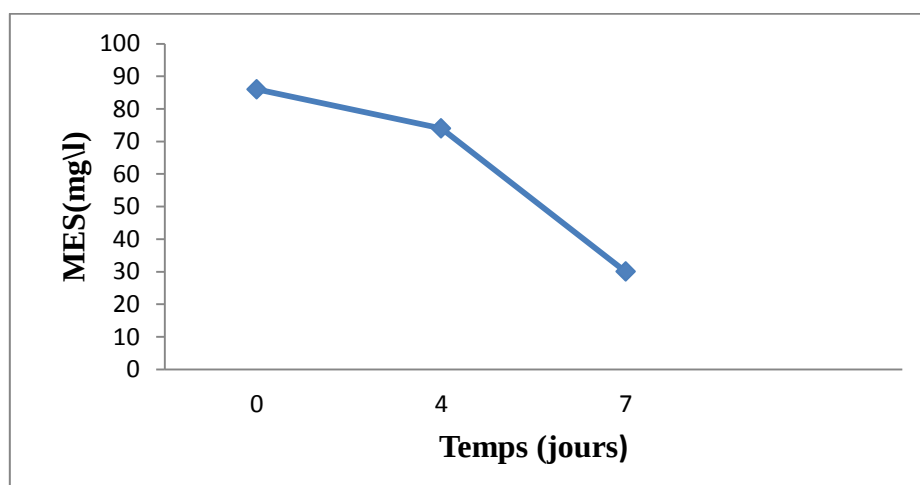


Figure-12 Evolution du taux de MES au cours du processus de traitement biologique aérobie

L'abattement des MES peut être dû à la présence des poussières de farine crue

Nous pouvons avancer que notre matrice contribue à l'élimination de la pollution carbonée

VI -2-5 Evolution du taux de NH_4^+ :

D'après les résultats obtenus (Figure-13), nous remarquons qu'il ya une décroissance de NH_4^+ au cours du traitement.

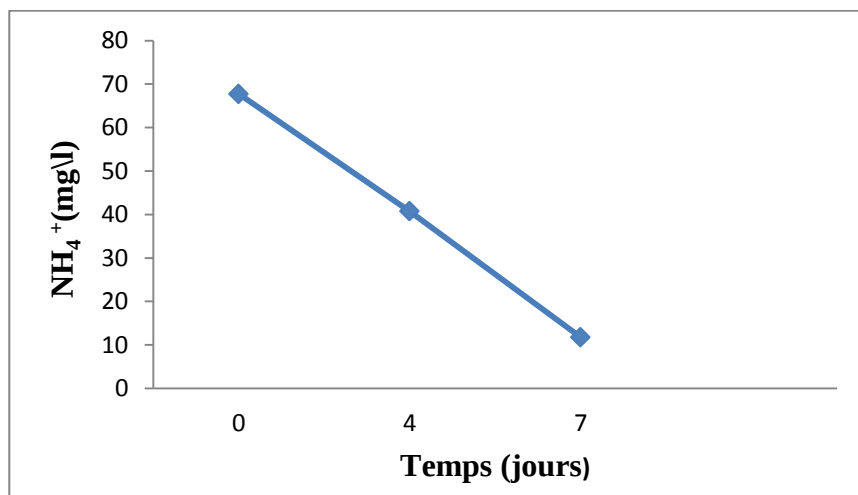


Figure -13 Evolution du taux de NH_4^+ au cours du processus de traitement biologique aérobie

L'azote se trouve sous la forme organique d'ammonium (NH_4^+) et de nitrate (NO_3^-) mais ce dernier se trouve dans de faibles proportions dans les eaux usées. Les différentes réactions qui conduisent à l'élimination de l'azote dans un milieu aquatique sont dépendantes de l'état d'oxydation du milieu et de la disponibilité en oxygène dissous.

Le milieu de notre culture est bien oxygéné (En raison d'une baisse de la proportion de NH_4^+).

La matrice poussière n'est pas toxique pour la nitrification.

VI -2-6 Conclusion

Les résultats obtenus sont très prometteurs. Nous avons pu diminuer le taux de demande en oxygène qui interprète la dégradation des matières organiques.

La diminution de la quantité de matières en suspension dans les eaux usées montre une meilleure décantation en présence des poussières de farine crue.

On peut conclure que le traitement par voie aérobie en présence d'un film biologique sur les poussières farine crue est efficace dans le traitement des eaux résiduaires communales

Ce traitement présente une très bonne épuration comparée à celui suivi par la STEP de Ain Hdjar dont les eaux traitées déversées vers le milieu récepteur ont pour charge 50 mg/l de DCO, 30 mg/l de MES et 20 mg/l de NH_4^+ .

Chapitre VI-Traitement biologique

La présence des poussières permet d'éliminer une grande quantité des MES dans la première semaine de culture (figure-14).

Donc les poussières ne sont pas nocives pour les micro-organismes.



Figure-14 Eau usée après traitement biologique aérobie

VI-2 Traitement par voie anaérobie

La digestion anaérobie (ou fermentation méthanique) est la transformation de la matière organique en méthane et gaz carbonique par un écosystème microbien en anaérobiose complexe.

Nous avons effectué le traitement biologique des eaux urbaines de par voie anaérobie en présence des poussières farine crue.

VI-2-1 Procédure

Dans un bécher de 1 litre, un volume de 800 ml des eaux résiduaires ainsi que 3,2.g de poussières de farine crue sont mis sous agitation magnétique à température ambiante.

(Figure-15)

La durée du traitement est de 7 jours.

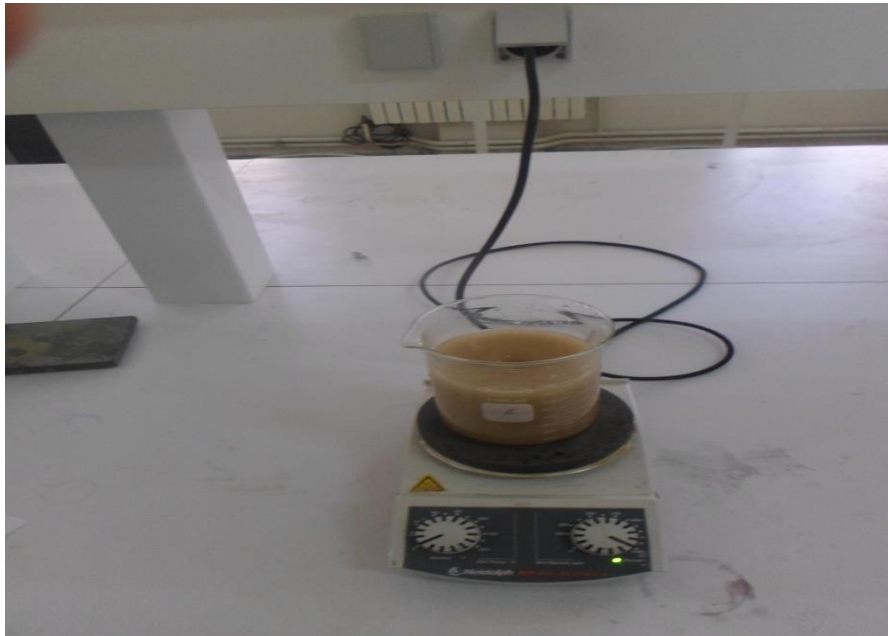


Figure-15 Dispositif expérimental du traitement biologique par voie anaérobie

La matière en suspension MES, la DCO ainsi que la turbidité sont mesurées à la fin du processus après une période de décantation de 36 heures. Les résultats obtenus sont exposés dans le tableau -13:

Tableau-15 Evolution des grandeurs chimiques de la DCO, MES et la turbidité au cours du processus de traitement biologique aérobie

Temps (jour)	0	7
DCO (mg/l)	310	111
MES (mg/l)	241	20
Turbidité (NTU)	259	18

VI-2-2 Evolution de la DCO

La figure-16 nous renseigne sur l'évolution de la DCO en fonction du temps.

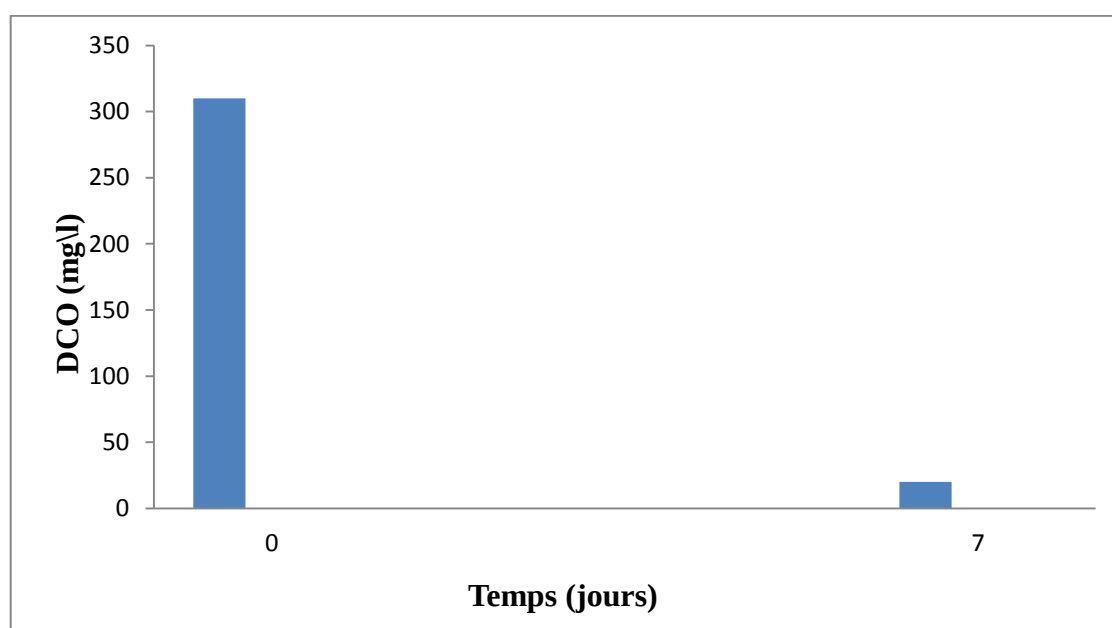


Figure -16 évolution de la DCO en fonction de la durée de traitement par voie anaérobie

Nous remarquons la réduction importante de la DCO par digestion anaérobie. Cela nous pousse à dire qu'il y a une dégradation de la matière organique en présence des poussières. Donc la présence de poussières n'est pas toxique pour les microorganismes.

VI-2-3 Evolution du taux de MES

D'après les résultats obtenus (**Figure-17**), nous remarquons qu'il y a une diminution importante du taux de MES après une semaine

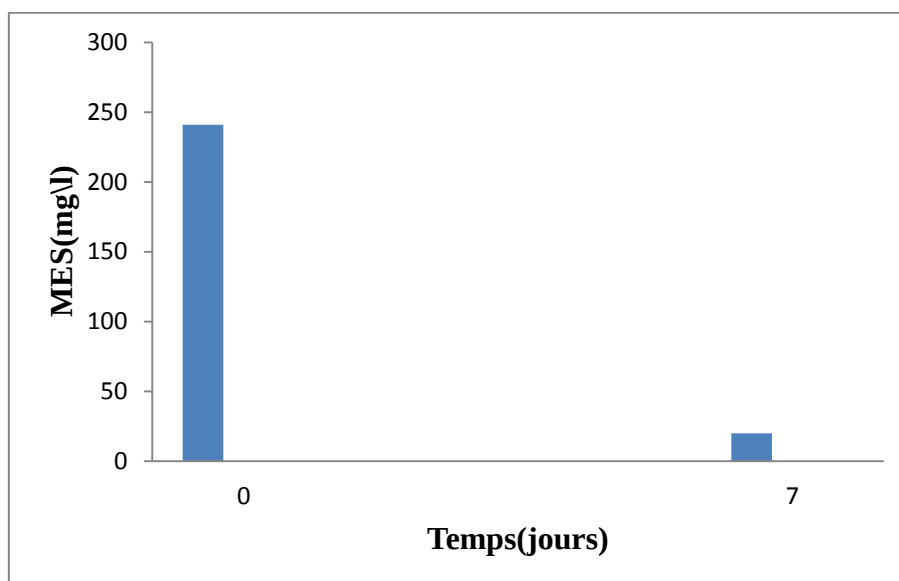


Figure -17 l'évolution du taux de MES en fonction de la durée de traitement par voie anaérobie

L'activité épuratoire des microorganismes en présence des poussières est plus efficace sur la dégradation des matières organiques

VI-2-4 Evolution de la Turbidité

D'après les résultats obtenus (Figure-18), nous remarquons que la Turbidité connaît une baisse notable après le 7ème jour

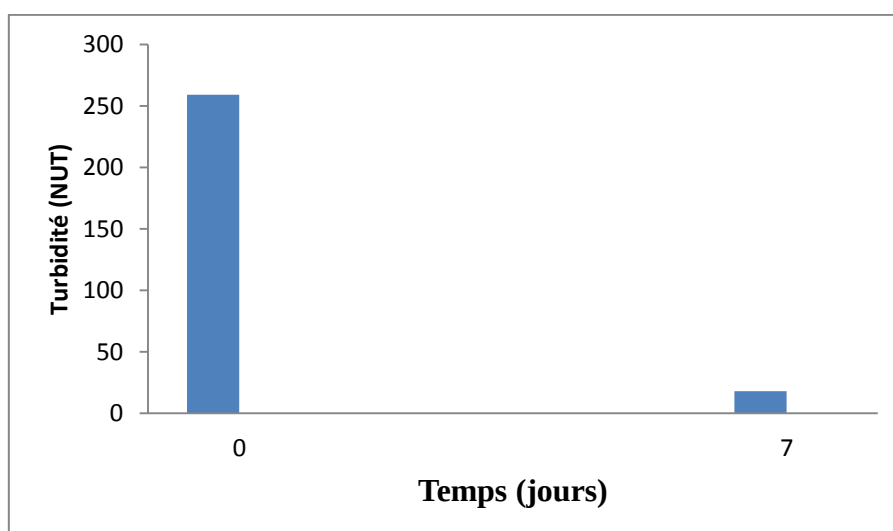


Figure -18 Evolution de Turbidité de la durée de traitement par voie anaérobie

La figure-16 montre bien que l'eau obtenue après digestion anaérobie en présence de la poussière farine crue n'est pas trouble. Ce qui conforte les résultats de la DCO et de MES.

Après cette digestion nous remarquons que notre eau est épurée et sans odeur

L'aspect de notre eau après traitement biologique est visuellement limpide (figure -19)

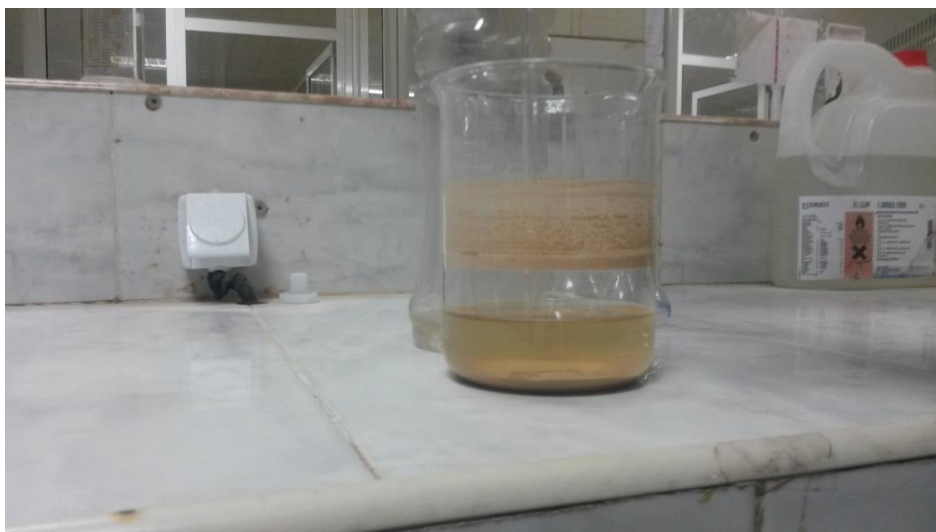


Figure-19 Eau usée après traitement biologique traitement biologique par voie anaérobie

VI-2-5 Conclusion

Nous pouvons avancer que la présence de la poussière farine crue dans le traitement biologique catalyse le traitement de l'eau usée. Les microorganismes ont une activité poussée en présence des poussières.

Un séjour de 7 jours permet aux micro-organismes de s'acclimater au milieu nutritif en présence de poussière et de dégrader la matière organique

La concentration en DCO diminue de 341 (mg/l) à 30 (mg/l) dans le procédé aérobie et de 310(mg/l) à 20 (mg/l) dans le procédé anaérobie.

En utilisant le traitement biologique, les valeurs obtenues correspondent aux normes algériennes. **[18]**

La révolution industrielle a apporté de nombreux polluants métalliques ainsi que des produits chimiques toxiques tels que les nonylphénols retrouvés dans l'industrie de la papeterie [17]. Les polluants que l'on découvre aujourd'hui sont des composés actifs tels que les détergents, les médicaments, les œstrogènes et des perturbateurs endocriniens [18].. Leur présence est à relier directement à leur utilisation quotidienne dans la population. Ces nouveaux polluants sont autant de défis à relever et autant de nouvelles technologies à créer pour y répondre.

Le niveau d'empoussièrément de l'industrie cimentière est très élevé. A titre d'exemple, en France la quantité de poussières rejetées dans l'air varie entre 35 et 123 mg/m² par jour [18]

Cette quantité importante est captée par des filtres à manche mais ne trouvent pas de débouchés d'utilisation.

Ce sont des déchets inertes non exploitables

Les résultats de caractérisation des poussières de farine crue rejetées par la cimenterie de El HASSASNA nous montrent que leur surface spécifique est très élevée

Leur composition chimique montre qu'elles sont riches en chaux Le pH de leur mise en suspension dans un milieu aqueux est basique La phase minéralogique majoritaire dans ces particules fines est la calcite

Nous avons étudié la possibilité d'utiliser ce matériau dans le traitement des eaux usées

Nous avons fait un traitement Par coagulation floculation En présence des poussières comme coagulant et floculant des eaux usées recueillies par la STEP Leur taux de DCO a baissé à 160 mg /l ainsi que 97 mg/l de MES pour une quantité de poussières ajoutée de 0,48g pour un volume de 600 ml d'eau usée.

Les résultats sont optimisés pour une durée de 23 min

Le traitement biologique par voie aérobie et anaérobie adonné de meilleurs résultats avec la présence des poussières de matière en suspension.

Une épuration très poussée a été obtenue après 7 jours évaluée par le taux de DCO dont la valeur abaissée à 30 mg/l.

CONCLUSION GENERALE

L'utilisation poussière farine crue , peut être sérieusement envisagée dans le domaine de traitement des eaux usées sans avoir recours à des techniques très coûteuses et qui nécessitent des moyens de gestion et de maintenance très importantes.

Le dispositif expérimental que nous avons ainsi proposé, a donné des résultats satisfaisants. Ces derniers ont montré une efficacité d'élimination de la matière organique, comparée à la technique utilisée dans la STEP de Ain El Hadjar.

Bibliographiques

[1] Khadidja Henni-Chebra, Abdelkader Bougara, El-Hadj Kadri << Détermination du niveau d'empoussièrement engendrée par la fabrication du ciment>>.XXIXe Rencontres Universitaires de Génie Civil. Tlemcen, Mai 2011.

[2] Kelifa R et al. « Impact des cimenteries sur l'environnement : le cas de la cimenterie de Ain touta » XXIII Rencontre de génie civil- Risque et Environnement, 2005.

[3] Gonzague P, Cenoble E., Zein K. « Tableau de bord méso – économique des coûts et bénéfices environnementaux de l'industrie du ciment en Algérie » Résultats et guide méthodologique. DDC (Coopération suisse) – MATE/PEIA, Alger et Berne, Rapport décembre 2002.

[4] AIDEQ, Etude d'impact de la cimenterie de l'E.C.D.E: Rapport d'expertise de l'Agence internationale pour le développement de la qualité et l'environnement, p.110, 2005.

[5] M. Khelifa , S. Bada ,M.Al-Mukhtar « les cimenteries et l'environnement Cas de la cimenterie d'ain-touta » ENSET Oran(Algérie) -Octobre 12-14, 2009.

[6] CETIM (Centre d'Etudes et de services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de construction), Cimenterie de Ain-Touta : Audit environnemental, SCIMAT,. 2008

[7] Bouziani M.: « L'eau de la pénurie aux maladies », Edition Ibn-Khaldoun, Algérie, 2000.

[8] FNDAE (Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau), Document technique n°5 Bis, Stations d'épuration – Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, Office International de l'Eau – SNIDE, 1ere édition 1992, actualisé en 2002.

[9] AGENCES DE L'EAU & MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, L'assainissement des agglomérations : « Techniques d'épuration actuelles et évolutions » - Etude interbassins n°27, France, 1994.

[10] Fondation de l'Eau Potable Sûre. Traitement des eaux usées. <http://safewater.org/>

[11] K . nassima, « Traitement des eaux usées de Touggourt par l'argile de Bildet Omar, Mémoire Master Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie 2013.

[12] Diard P., « Etude de la biosorption du plomb et du cuivre par des boues de la station d'épuration-mise en œuvre d'un procédé de biosorption à contre-courant ». Thèse de doctorat, science et technique du déchet. Institut national des sciences appliquées de Lyon, France 1996

[13] ADEME. : Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration. France,2000

[14] Gunnerson, C.G.,Stuckey, D.C.World Bank, Technical Paper Washington, D.C, 49 1986.

[15] Grady, C.P.L. et Lim, H.C. Biological Wastewaters Treatment: Theory and Application, Marcel Dekker Inc., New-York, 1980.

Bibliographiques

[16] La loi n° 05 - 12 du 04 août 2005, relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60- année 2005).

[17]. Rowsell and al. Removal of steroid estrogens from wastewater using granular activated carbon: comparison between virgin and reactivated carbon. Water Environment Research Vol.81 No. 4, 2009.

[18] INRA. Devenir des œstrogènes dans les stations d'épuration ,<http://www.inra.fr/>

[19] ORAMIP, (Observatoire Régional de l'Air en Midi – Pyrénées) « Etude 2004 – 018 bilan annuel 2003 suivi des retombées de poussières en Midi –Pyrénées » France, 2004.

Abréviation	Signification
STEP	Station d'épuration
DCO	Demande Chimique En Oxygène
MES	Matière En Suspension
pH	Potentiel d'Hydrogène
T°	Température
SSB	Surface spécifique de Blaine
PAF	Perte au feu

Résumé

Cette étude se résume en la valorisation des poussières de farine crue issues des cimenteries dans le domaine du traitement des eaux usées urbaines.

La poussière a été utilisée en premier temps comme coagulant floculant. Le dosage optimal des poussières pour baisser le taux de DCO à 160 mg/l ainsi que le taux de MES à 97 mg/l, est de 0,48g

Dans le traitement biologique, les poussières ont été utilisées comme support de biofilm. Par voie aérobie, les résultats ont été prometteurs après le septième jour de traitement, nous avons pu obtenir une eau moins polluée dont le taux de DCO a diminué jusqu'à 30 mg /l et le taux de MES à 30 mg/l .

Alors que par voie anaérobie, le taux de DCO a été dégradé jusqu'à la valeur de 20 mg/l

Les résultats obtenus par traitement biologique sont conformes aux normes algériennes des rejets des eaux urbaines.

Mots clefs :

Coagulation, floculation , traitement, biofilm , DCO , MES , aérobie , anaérobie , eaux usées ,poussières, cimenterie.

ملخص

في هذه الدراسة قمنا بتقويم نفاية التي هي عبارة عن غبار ناتج من طحين خام لصناعة الاسمنت في معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية

الفريو كيميائية ثم المعالجة البيولوجية في وجود وغياب أكسجين في البداية استعملنا هذا نوع من الغبار في المعالجة

النتائج المتحصل عليها بفضل المعالجة البيولوجية تتفق مع المعايير الجزائرية لمعالجة مياه الصرف الحضرية

الكلمات الرئيسية

مياه الصرف الصحي الغبار، الأسمنت، المعالجة البيولوجية