

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : des sciences

DEPARTEMENT : de chimie

N° :...../2020



DOMAINE : Sciences de la matière

FILIERE : Chimie

OPTION : Chimie de l'environnement

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : Djeghaba Mounir, Benhelima souhila et Belouadah Hanane

Intitulé :

**Valorisation et élimination de la boue
Des eaux usées de l'usine
Lafarge ciment de M'sila (LCM)**

Soutenu le 27/09/2020 devant le jury composé de :

Dr. N. DEGHFEL

Université de M'sila

Président

Dr. A. REFFAS

Université de M'sila

Examineur

Dr. A. BEN YAHIA

Université de M'sila

Rapporteur

Année universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué aux services qualité et utilités de l'usine Lafarge ciment de m'sila à sedik, meftah, Ali, hamza T, faïçal Z Fateh l et le soutien de Idir A ,aymen B, le directeur d'usine hamza mekhfi et l'encadrement de la direction de commerce

Remerciements spéciale à l'encadrement du département de la chimie l'encadreur DR Benyahia Azzeddine et le chef de département Pr Dakhouche Achour et DR Hakim Khenich pour leurs encouragement, soutien et support durant l'année.

Nos plus vifs remerciements vont également au Dr deghefel N et Dr reffas pour leur temps alloué entant que membres de juré de ce mémoire.

A la fin nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mounir D, Souhila B et hanane B

DEDICACES

Grâce à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement :

A l'honneur de mon père, mon fils Ahmed et ma nièce Malak sans oublier zoulikha et ayoub

Ma petite et grande à mon petit garçon Ayhem tadjeddine à ma mère

À ma femme, À Mes très chers frères Kamel, Abderrazak, Youcef et l'ami frère Khaled

À Leurs familles A mes très chères sœurs avec ma profonde gratitude et grand amour, Pour lesquels j'exprime ma sincère reconnaissance pour leurs soutien moral et leurs encouragements de mes études même dans les moments difficiles, ils ont toujours été présents lorsque j'ai eu besoin d'eux, que dieu les protège, je leur serai éternellement reconnaissant,

Sans oublier A tous mes enseignants et mes très chers amis(es) et tous les amis, Brikat F, Akrib M, lakhdar B, Ghadbane F, Rachid B, Hamid D, Ghadbane M, bensaadi A et djamel D

A tous ceux qui me sont chers et à ceux qui ont contribué à ce travail

Et à tous ceux que j'ai oubliés Et à tous ceux que j'aime

Djeghaba Mounir

DEDICACES

Grâce à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement :

*Ma famille avec ma profonde gratitude et grand amour,
Mes très chers parents, pour lesquels j'exprime ma sincère reconnaissance pour leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de mes études même dans les moments difficiles, ils ont toujours été présents lorsque j'ai eu besoin d'eux, que dieu les protège, je leur serai éternellement reconnaissant,*

*Mes très chers frères Mes très chères sœurs
Sans oublier A tous mes enseignants et mes très chers amis(es) et tous les collègues de la section Master option : chimie de l'environnement*

A tous ceux qui me sont chers et à ceux qui ont contribué à ma formation.

Et à tous ceux que j'ai oubliés Et à tous ceux que j'aime

Benhalima souhila

Dédicace

Grâce à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement :

A mes très chers parents, tout mon respect et affection en témoignage de leur soutien, sacrifice, patience, ainsi que pour leurs conseils et orientations dans ma vie.

*A mes enfants tacher, farah et lea et à mon marie.
A toute ma famille et mes très chers frères et mes sœurs spécialement TAHA.*

A tous mes enseignants et à ma promotion de chimie de l'environnement

A tous mes amis

A tous ceux qui me sont chers et à ceux qui ont contribué à ma formation.

Belouadah Hanane

SOUMMER

Résumé

INTRODUCTION GENERALE	1
I. 1-Introduction	4
I. 2-Pollution des eaux	4
I. 2 . 1-Définition de la pollution des eaux	4
I.2.2. Types de pollution des eaux	4
a). Pollution physique	4
b). Pollution chimique.....	4
c). Pollution microbiologique	4
d). Pollution par le phosphore	4
e). Pollution par l'azote.....	4
I. 3. Définition des eaux usées	5
I. 4. Origine des eaux usées	5
I. 5. Caractéristiques des eaux usées	5
I. 5.1. Les paramètres organoleptiques	5
I. 5. 1.1. La couleur	5
I. 5.1.2. Odeur	5
I. 5. 2. Les paramètres physico-chimiques.....	6
I. 5. 2.1. La température	6
I. 5.2.2. Potentiel hydrogène (pH).....	6
I. 5.2.3. La turbidité.....	6
I. 5.2.4. Les matières en suspension (MES).....	6
I. 5.2.5. La conductivité électrique (CE).....	6
I. 5. 2. 6. Oxygène dissous (OD)	6
I. 5.2.7. Résidu Sec (RS).....	7
I. 5. 2. 8. Salinité	7
I. 5.3. Les paramètres de pollution	7
I. 5.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	7

I. 5.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO5)	7
I.5.3.3. L'azote	7
I.5.3.4. Phosphore total (PT)	8
I.5.4. Les paramètres microbiologiques	9
I.5.4.1. Les coliformes totaux et fécaux	9
I.5.4.2. Les streptocoques fécaux (SF)	9
I.5.4.3. Les virus	9
I.5.4.4. Les bactéries	10
I.5.4.6. Helminthes	10
I.6. L'équivalent habitant (EH)	10
I.7. Normes internationales	10
Tableau.I.1. Tableau des normes physico-chimiques de rejets de l'OMS	
I.8. Normes Algériennes	11
II.1. Introduction	13
II.2. Stations d'épuration d'eaux usées urbains en Algérie	13
II.3. Nécessité et objectif de l'épuration	14
II.4. Caractères réglementaires d'une eau épurée	14
II.6. Les différents procédés utilisés	14
II.7. Les différentes étapes de traitement des eaux usées	15
II.7.1. Traitement préliminaire (prétraitement)	15
II.3.Traitement primaire	16
II.7.3. Traitement secondaire	16
II.7.4. Traitement tertiaire	16
II.8. Généralité sur les boues	16
II.8.1. Définition et origine des boues.....	16
II.8.2. Production des boues des stations d'épurations.....	17
II. 8.3. Caractérisation des boues	17
II. 8.4 -Différents types des boues	17
II. 8.4.1-Les boues primaires.....	17
II. 8.4.2-Les boues secondaires	18
II. 8.4.3. Les boues physico-chimiques	18

II.8.4.4. Les boues mixtes	19
II.8.5. Les différentes voies de valorisations et d'élimination des boues	19
II. 8.6. Les caractéristiques des boues	21
A). Les caractéristiques chimiques des boues	21
1. Les matières en suspension	21
2. Les matières volatiles sèches.....	21
3. Les matières minérales.....	21
4. Fraction volatile (en pourcent des matières sèches)	21
5. La siccité	21
6. Le volume de décantation.....	21
B). Les caractéristiques biologiques des boues	21
1.Les bactéries	21
2. Les virus	22
3. Les parasites	22
4. Les micropolluants	22
5.La Composition des matières organiques	22
6. La Composition des matières minérales	22
C). Les caractéristiques physiques des boues:	22
1. La viscosité	22
2. Le pouvoir calorifique.....	22
3. Le pouvoir calorifique inférieur	22
III.1. Introduction sur le Groupe lafargeholcim Algérie :	24
III.1.1. Les valeurs du Groupe	24
a) La Santé et la Sécurité : sont les socles des valeurs CRISP (Clients	24
Résultats Intégrité Stable Personnel).	24
b) Clients	24
c) Résultats	25
d) Intégrité.....	25
III.1.2. Stratégie :	25
III.1.3. Filières du Groupe Lafargeholcim Algérie	25
1.Granulats	25

2.Béton :	26
3.Ciment :	26
3.1. Unité de production LCM lafare ciment de 'sila	26
3.2. Unité de production LCO lafarge ciment oggaz a mascara	26
3.3. Unité de production CILAS ciment lafarge souakri à Biskra	26
4 .Laboratoire de développement de la construction(CDL)	26
05. Plâtre	27
III.2. Lafarge ciment de M'sila LCM	27
III.2.1. Situation géographique	27
III.3. Les Principaux étapes de la production ciment à LCM :	27
III.3.1. Extraction de la matière première	28
III.3.2. Broyage et stockage de la matière cru.	28
III.3.3 La production du clinker.	29
III.3.4. Broyage ciment	29
III.3.5. Atelier d'ensachage et expédition	29
III.3.6. Laboratoire du contrôle de la Qualité	30
IV.01. Introduction.	32
IV.02. Choix du point de l'addition de la boue des eaux usées LCM.	32
IV.3. Calcule de la perte de feu.	33
IV.3.1. Principe	33
IV.3.2. Outils et appareillage utilisés	33
IV.3.3 : Mode opératoire.	34
IV.4. Résultats et discussion.	35
IV.4.1. analyse minéralogique DRX:	35
IV.4.2. Analyse des compositions chimiques par fluorescence X	35
IV.5. La Simulation d'analyse par Quarry master et optimix	35
IV.5.1. Résultats des analyses Quarry Master	36
IV.5.2. Résultats des analyses Optimix	36
V. Conclusion :	38
REFERENCES ET	39
BIBLIOGRAPHIQUE	39

Liste des abréviations

CE	La conductivité électrique
CEE	Communauté Economique Européenne
CEN	le Comité Européen de Normalisation
CF	Coliformes Fécaux
COT	Carbone Organique Totale
CT	Coliformes Totaux
DBO5	La Demande Biologique en Oxygène pendant Cinq Jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DRX	diffraction des rayons x
EDTA	Ethylène Diamine Tétraacétique
EH	Equivalent Habitant
ERU	Eau Résiduaire Urbaine
EU	Eaux Usées
FX	Fluorescence X
MES	Matières En Suspension
MMS	Matières Minérale en Suspension
MS	Matières Seche
MVS	Matières Volatiles en Suspension
OD	Oxygène Dissout
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONA	Office National D'Assainissement
PH	Le Potentiel d'Hydrogène
PT	Phosphore Totale
RS	Résidu Sec
Sc	Siccité
SF	Streptocoques Fécaux
STEP	Station d'épuration
T°C	Température
µS	Micro-Siemens

Liste des tableaux

Tableau I.1. Tableau des normes physico-chimiques de rejets de l'OMS.....	10
Tableau I.2. Les valeurs limite des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.....	11
Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.	
Tableau II.1. Les différents traitements d'une station d'épurations	16
Tableau IV.1. Résultats d'analyse Quarry Master LCM du mélange matière première –Boue	36
des eaux usées	
Tableau IV.2. Suivi des résultats des analyses du mix-Boue avec	37
les seuils et normes qualité du clinker	
Tableau IV.3. Comparaison entres les analyses du mélange	37
Qui contient la boue et les seilles de la qualité demandé	
Tableau IV.4. Comparaison entres les analyses du mélange	38
Qui contient la boue et les seuils de la qualité demandé	

Liste des figures

Figure.1. Principe général d'une station d'épuration.....	14
Figure.2. Schéma des différents procédés d'épuration des eaux usées	15
Figure.3. Schéma de traitement préliminaire de station d'épuration.....	15
Figure.4. Boue primaire	18
Figure.5. Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boue active.....	18
Figure.6. Boue physico-chimique.....	18
Figure.7. Boues Biologique	19
Figure.8. Les voies d'éliminations et de valorisations des boues	20
Figure.9. Vue Globale de nuit de l'usine lafarge ciment de m'sila LCM	27
Figure.10. La situation géographique de l'usine lafarge ciment de m'sila LCM.....	27
Figure.11. Concasseur à marteau et le transport vers le hall de stockage de la matière cru.....	28
Figure.12. Broyeur ATOX de la matière cru	28
Figure.13. Four rotatif et tour de préchauffage.....	29
Figure.14. Expédition de ciment.....	29
Figure.15. Système du contrôle de qualité LCM.....	30
Figure.16. Point d'addition de la boue des eaux usées dans le circuit de la matière première ...	33
Dans la carrière	
Figure.17. Perleuse de marque VULCAN FLUXANA.....	33
Figure.18. Calcinateur de marque CARBOLIT.....	34
Figure.18. Appareil d'analyse Diffractométrie Rayon X (DRX) et l'appareil d'analyse fuorissance X (FX).....	34
Figure.19. Histogramme Des analyses minéralogique DRX de la boue des eaux usées LCM ...	35
Figure.20. Histogramme Des analyses Chimique FX de la boue des eaux usées LCM.....	36

Résumé

Les boues des eaux usées sont riches en matière organique, en éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) et en oligo-éléments (Zinc, Fer, Cuivre, Manganèse)(I.R.N.A 1980). L'utilisation des boues résiduelles des stations d'épuration urbaines en sylviculture semble a priori, poser moins de problèmes qu'en agriculture, en effet, les risques de toxicité vis à vis de l'homme par exemple, par passage de métaux lourds dans la chaîne alimentaire n'existe pas mais elle peut provoquer la pollution de sole [2].

La valorisation mondiale des boues des eaux usées se basent par l'utilisation agriculture en plus de 70% environ de 25% sont en stocke soit dans les zone où se trouvent les stations d'épuration ou dans les CET et 04% sont incinéré malgré que cette dernière parmi la meilleur destination d'élimination tous les particules des polluant mais ça pose des impacts financière vu le coût du transport ou l'incinération elle-même par rapport à l'utilisation agriculture

C'est dans cet objectif que s'inscrit notre travail sur la contribution de la valorisation des boues résiduelles de la STEP. Notre travail consiste à étudier les caractéristiques et les analyse de boues issues de la station d'épuration (STEP) des eaux usées générer par l'usine de Lafarge de M'sila et la faisabilité de les traiter en interne par incinération rapport à l'autre procédure de traitement vu la chaine de production contient d'un four rotatif travail sous 1500°C qui peut assurer la destruction des micro polluant de la boue d'autre part l'impact financière à ce traitement presque négligeable ou nul et l'impact environnementale de ce traitement est nul.

Abstract

The use of residual sludge from urban wastewater treatment plants in forestry seems a priori to pose fewer problems than in agriculture, in fact, the risks of toxicity to humans, for example, by passage of heavy metals through the food chain does not exist but it can cause sole pollution.

The global recovery of sludge from wastewater is based on agricultural use at 70% 26% is stored either in the areas where the treatment plants are located or in the CET and 4% is incinerated despite the latter among the best disposal destination for all pollutant particles but this poses financial impacts given the cost of transport or incineration itself compared to agricultural use

It is in this objective that our work on the contribution of the recovery of wastewater sludge from the STEP falls. Our work consists of studying the characteristics and analysis of sludge from the wastewater treatment plant (STEP) generated by the Lafarge plant in M'sila and the feasibility of treating them internally by incineration compared to the other treatment procedure given the production line contains a rotary kiln working at 1500 ° C where the financial impact of this treatment is almost negligible or zero and the environmental impact of this treatment is zero.



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La pollution, également appelée pollution de l'environnement, l'ajout de toute substance (solide, liquide ou gazeuse) ou de toute forme d'énergie (comme la chaleur, le son ou la radioactivité) dans l'environnement à un rythme plus rapide qu'il ne peut être dispersé, dilué, décomposé, recyclé ou stocké sous une forme inoffensive. Les principaux types de pollution, généralement classés par environnement, sont la pollution de l'air, la pollution de l'eau et la pollution des sols. La société moderne est également préoccupée par des types spécifiques de polluants, tels que la pollution sonore, la pollution lumineuse et la pollution plastique. Les pollutions de toutes sortes peuvent avoir des effets négatifs sur l'environnement et la faune et ont souvent un impact sur la santé et le bien-être humains.

La pollution de l'air, provoquée par des polluants dits atmosphériques : rejet, dépôts, d'échappement, des usines

- La pollution du sol souvent d'origine industrielle ou agricole : utilisation d'engrais, de pesticides ...
- La pollution de l'eau qui peut résulter de la contamination des eaux usées, des rejets de produits (les produits phytosanitaires, ceux présents dans les engrais, les hydrocarbures...)
- La pollution par type ou agents polluants : pollution industrielle, radioactive, électromagnétique, thermique, lumineuse, spatiale, etc. [1].

L'homme rejette beaucoup de déchets sous forme solide, liquide ou gazeuse. Par ailleurs, l'industrialisation galopante, l'élévation du niveau de vie, les déficits pluviométriques enregistrés au cours des dernières décennies, la demande en eau de qualité qui est de plus en plus grande, fait que les rejets d'eaux augmentent aussi.

L'Algérie a consenti un effort considérable en matière de traitement des eaux usées ; il existe actuellement plus d'une centaine de stations d'épuration. Les eaux usées issues des diverses activités urbaines ne peuvent être rejetées telles quelles dans l'environnement, car elles contiennent divers polluants organiques et minéraux [2].

Elles doivent donc subir, avant leur rejet dans le milieu naturel, un traitement d'épuration qui conduit à la production des boues résiduaires. A l'échelle nationale, leur production s'élève à moins d'un million de tonnes par an [3].

La production des boues, augmente avec le développement des stations d'épurations. Un problème majeur consiste à trouver une solution pour éliminer ces résidus dans les conditions les plus économiques tout en respectant les contraintes liées à la protection de l'environnement et l'hygiène publique.

INTRODUCTION GENERALE

Il est à noter que l'élimination et le traitement des boues résiduelles importe jusqu'à 50% des coûts de fonctionnement d'une usine d'épuration des eaux[4], et représente l'un des plus grands problèmes auxquels les ingénieurs sanitaires doivent faire face. Cependant, voici quelques solutions qui peuvent être qualifiées de finales pour éliminer les boues d'épuration. Au Royaume Uni, 67 % des boues produites sont épandues sur les terres (2/3, en valorisation agricole et 1/3 en revalorisation des cités et en remplissage), 29% sont larguées en mer, et 4 % incinérées. Le largage en mer représente à la fois un déplacement des problèmes de pollution, et une perte de matériel potentiellement réutilisable ou recyclé. La mise en décharge a les mêmes inconvénients, quant à l'incinération, les coûts du combustible nécessaires remettent en question ce mode d'élimination des boues. aujourd'hui [5].

Enfin, et à cet effet, on a pensé à les valoriser, car le recyclage par épandage est en général le plus économique que l'élimination, en effet les boues doivent être considérées comme une matière première qui peut être réutilisée. En l'utilisant comme fertilisant forestier par exemple, et à la production de matière ligneuse.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris dans un premier temps, des analyses chimiques et minéralogiques.

Les procédés de traitement des boues existants au niveau des stations d'épuration dépendent de l'origine et de la nature des boues produites par ces stations [6].

- Le traitement des boues conduit à la réduction de la teneur en eau basé sur des procédés d'épaississement ou/et de déshydratation après conditionnement des boues, et des traitements complémentaires ou post-traitement qui permettent une meilleure stabilisation de la boue ce qui facilite sa manipulation : compostage [7].

Notre travail consiste à étudier les caractéristiques et les analyses de boues issues de la station d'épuration (STEP) des eaux usées générées par l'usine de Lafarge de M'sila et la faisabilité de les traiter en interne.

Cette étude permet de donner des résultats sur les boues résiduelles pour choisir la principale voie d'élimination des boues des STEP. Dans le laboratoire de l'usine on a fait des analyses sur les boues produites pour définir l'impact de l'injection de la boue des eaux usées sur la fabrication du ciment à travers les différents composants des deux matières (ciment-boue) soit dans la première injection à la carrière avec la matière première et dans le circuit de la farine matière première avant de passer au four afin d'assurer une élimination finale sans avoir des impacts à la chimie de fabrication du clinker.



CHAPITRE I
GENERALITE SUR LES EAUX USEES

I. 1-Introduction :

Les eaux de surface constituent un écosystème où règne une communauté d'êtres vivants qui établissent des relations et interactions entre eux et leur milieu. Dans ce fragile équilibre, un seul facteur de l'écosystème est modifié, et c'est l'équilibre qui est perturbé. C'est ainsi que la présence ou la sur abondance d'un élément dans un écosystème dont il est normalement absent constitue une pollution. Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants. Ces polluants s'ils se retrouvent directement dans les milieux naturels perturbent les écosystèmes. Les eaux usées nécessitent d'être traitées avant leur évacuation dans le milieu récepteur, la protection de l'environnement en dépend [8].

I. 2-Pollution des eaux :**I. 2 . 1-Définition de la pollution des eaux**

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

Selon leurs natures, on distingue divers types de pollution [9].

I.2.2. Types de pollution des eaux:**a). Pollution physique :**

Elle est due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [8].

b). Pollution chimique:

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements de polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines [10].

c). Pollution microbiologique:

Les eaux usées contiennent tous 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 [11].

d). Pollution par le phosphore:

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire [12].

Le phosphore est un élément nutritif, Sa présence en abondance dans les milieux hydrauliques superficiels est une problématique, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [13].

e). Pollution par l'azote:

L'élément azote existe principalement sous forme ionique (ammonium NH_4^+ , nitrite NO_2^- et nitrate NO_3^-) ainsi que sous forme gazeuse (N_2). L'origine de ces polluants est par ordre décroissant : L'utilisation massive des engrais, le développement industriel et le rejet des eaux résiduaires urbaines. Nos eaux usées contiennent de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Ces ions se transforment en milieu acide faible en ions nitrites qui sont toxiques

pour l'organisme humain, puis en nitrates qui constituent aussi un agent fertilisant susceptible de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique [14].

I. 3. Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées en matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique. L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'elles ne causent pas la pollution de ces autres sources. Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considérés comme une eau usée.

Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées. [8]

I. 4. Origine des eaux usées :

Définition :

La pollution des eaux usées est due à l'introduction de substances indésirables capables de modifier les caractéristiques physico-chimiques d'une eau, cette dernière est un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution, notamment celle qui est issue des activités quotidiennes domestiques, industrielles et agricoles [8].

Suivant l'origine et la qualité des substances polluante, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

- **Les eaux usées domestiques:** produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères.
- **Les eaux usées industrielles:** qui proviennent de locaux utilisés à des fins industriels, commerciales, and artisanales ou des services.
- **Les eaux pluviales:** qui proviennent des précipitations atmosphériques, elles sont chargées des matières minérales en suspension.
- **Les pollutions d'origine agricoles:** qui proviennent des terres cultivées après lessivages et ruissèlement, ces eaux sont riches en éléments fertilisent [9].

I. 5. Caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique, ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyse. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes [15].

I. 5.1. Les paramètres organoleptiques :

I. 5.1.1. La couleur:

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement [16]. La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [17].

I. 5.1.2. Odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en

décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances [18].

I. 5. 2. Les paramètres physico-chimiques :

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico- chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels.

I. 5. 2.1. La température :

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C [17].

I. 5.2.2. Potentiel hydrogène (pH):

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution bio disponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien.

I. 5.2.3. La turbidité :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [19].

I. 5.2.4. Les matières en suspension (MES) :

Ce sont des particules solides très fines qu'on peut voir à l'œil nu. Théoriquement, elles déterminent la turbidité de l'eau et limitent la pénétration de la lumière diminuant ainsi la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique [20].

MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} \quad (\text{Eq 1.1})$$

I. 5.2.5. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous (salinité de l'eau). Elle s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$ et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm/cm . La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [21].

I. 5. 2. 6. Oxygène dissous (OD) :

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l [20].

I. 5.2.7. Résidu Sec (RS) :

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l [22].

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé [23].

I. 5. 2. 8. Salinité .

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin

possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner [24].

I. 5.3. Les paramètres de pollution .**I. 5.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO) :**

Elle correspond effectivement à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné. L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le permanganate de potassium à chaud en milieu acide). La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO [25].

I. 5.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO5) :

La demande biochimique en oxygène (DBO) est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après incubation durant 5 jours, à 20°C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solutionensemencée ou non [26].

Le rapport DCO/DBO₅ est l'indice de la biodégradabilité d'une eau.

La biodégradabilité traduit d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient k tel que [27]: $k = \text{DCO} / \text{DBO}_5$ (Eq 1.2)

Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ;

Si $1,5 < k < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

Si $2,5 < k < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

Si $k > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient k très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures, etc.

La valeur du coefficient k détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique

I.5.3.3. L'azote :

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique

est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral, il constitue la majeure partie de l'azote total [19]. Les différentes formes de l'azote qui existent dans les eaux usées sont :

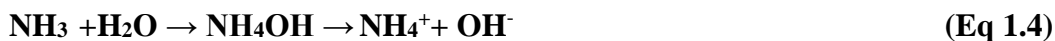
a) L'azote de Kjeldahl :

L'azote de Kjeldahl comprend l'azote sous les formes organiques et ammoniacales (NH_4^+), à l'exclusion des formes nitrites et nitrates. La présence d'azote organique est un signe de pollution des eaux usées

$\text{NTK (Azote Kjeldahl)} = \text{N organique} + \text{N ammoniacal (NH}_4^+)$ (Eq 1.3)

b) L'azote ammoniacal :

La présence d'ammoniaque en quantités importante est l'indice de contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce. La proportion de NH_3 augmente en fonction croissante du pH et de la température [16].



c) Les nitrates NO_3^- :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs stimule le développement de la faune aquatique.

Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates [15,28].

d) Les nitrites NO_2^- :

Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates. Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température [28].

I.5.3.4. Phosphore total (PT) :

Le phosphore se trouve dans les ERI sous formes:

- D'orthophosphate, soluble PO_4H_2 .
- De polyphosphate qui a tendance à s'hydrolyser en orthophosphate.
- De phosphore non dissous.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie [13, 15].

Les phosphates PO_4^{3-} sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration [17].

I.5.4. Les paramètres microbiologiques :

La présence des bactéries (coliformes fécaux, coliformes totaux,..) indiquent une contamination de l'eau par des matières fécales.

L'eau ne doit contenir ni microbe, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie.

Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries, c'est-à-dire se développant en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatique [29].

I.5.4.1. Les coliformes totaux et fécaux :

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

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme «coliforme" correspond à des organismes en Bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement Anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C.

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance.

Les coliformes fécaux sont appelés aussi les coliformes thermo-tolérants, ce sont des coliformes qui fermentent le lactose mais à 44°C. Le germe *Escherichia coli* est le type de coliformes fécaux d'habitat fécal exclusif, sa recherche est donc extrêmement importante[30,31].

I.5.4.2. Les streptocoques fécaux (SF) :

Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, sont des cocci généralement disposées en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif.

Les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. Il faudra tenir compte de cette différence des concentrations (que l'on peut évaluer à un rapport de 1 à 2 ou 4) dans le choix des prises d'essai [31].

I.5.4.3. Les virus :

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement.

L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation [32].

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10³ et 10⁴ particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A [33].

I.5.4.4. Les bactéries :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries par 100 ml. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les *salmonella* responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux [34].

I.5.4.5. Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées [10].

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire [33].

[33].

I.5.4.6. Helminthes :

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréments des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée [35].

La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10^3 œufs par litre. On peut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuristrichuria*, *Tænia saginata* [36].

I.6. L'équivalent habitant (EH) :

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu.

Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml [19].

I.7. 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, un décret de loi.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau 1 [37] :

Tableau.I.1. Tableau des normes physico-chimiques de rejets de l'OMS [38].

Paramètres	Normes utilisées (OMS)	Unité
T	30	°C
pH	6.5-8.5	-
O ₂	05	mg/l
DB0 ₅	30	mg/l
DCO	90	mg/l
MES	30	mg/l
Zinc	02	mg/l
Chrome	0.1	mg/l
Azote total	50	mg/l

Phosphates	2	mg/l
Hydrocarbures	10	mg/l
Détergents	01	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l

I.8. Normes Algériennes :

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le

Tableau.I.2. les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur [39].

Les paramètres	Les valeurs maximales	Unités
Températures	30	C°
pH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg/l
DBO ₅	35	Mg/l
DCO	120	mg/l
Azote Kjeldahl	30	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0.1	mg/l
Aluminium	0.3	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Fer	03	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercure total	0.01	mg/l
Plomb total	0.5	mg/l
Cuivre total	0.5	mg/l
Zinc total	03	mg/l
Huiles et Graisses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	10	mg/l
Fluor et composes	15	mg/l
Étain total	02	mg/l
Composés organiques Chlorés	05	mg/l

CHAPITRE II
GENERALITE SUR LA BOUE
DES EAUX USEES

II.1. Introduction :

Les stations d'épuration des eaux usées (STEP) sont des installations qui ont pour objectif de dépolluer les eaux usées. Cette dépollution est nécessaire pour protéger l'environnement ainsi que la santé publique. Avec la pénurie d'eau dans certaines régions, ainsi que la croissance de la population et des activités économiques, les eaux usées traitées des STEP sont considérées actuellement comme une source importante d'eau et pourront être utilisées dans l'agriculture ou d'autres applications convenables. Cependant, le traitement induit la production d'une quantité importante de boue dont la gestion constitue une problématique pour les STEP.

Le séchage des boues issues des opérations d'épuration des eaux usées peut se faire par plusieurs méthodes : lits de séchage, presses mécaniques... où les résultats peuvent être différents. Cependant, la production à grande échelle limite l'utilisation du séchage à air libre sous exposition solaire connu comme la méthode traditionnelle du séchage[40].

Les eaux usées proviennent de trois sources majeures : les ménages, les industries et le système naturel.

La composition des eaux usées des ménages est variable en fonction de trois facteurs :

1. la qualité de l'eau utilisée (ex : eau potable ou eau de citerne)
2. L'utilisation faite par les ménages et l'intégration potentielle de polluants (ex : aspersion d'herbicides sur les pelouses)
3. la pollution par les fèces et urines des ménages.

Ce dernier type de pollution (matière organique) est la composante majoritaire des eaux usées domestiques [41].

Les industries sont elles aussi responsables de la pollution de l'eau par les divers procédés de production utilisés. Deux grandes catégories d'industries (et par conséquent de type de pollution) peuvent être distinguées :

les agro industries et les papeteries polluent majoritairement en charge organique

les autres industries qui polluent essentiellement en éléments toxiques [41].

Alors que la composition des eaux usées issues de l'industrie est très diverse, celle des eaux usées issue des ménages est relativement similaire. Lorsque les industries sont susceptibles de libérer des eaux trop « polluées » pour la station, les industries doivent mettre en place un système de prétraitement afin de diminuer la charge polluante des eaux .

Les eaux de ruissellement se chargent en polluants anthropogéniques, tels que des hydrocarbures et des engrais, et sont déversées dans les bassins hydrographiques [41],[42].

II.2. Stations d'épuration d'eaux usées urbains en Algérie :

De par sa vocation, sa raison d'être une station d'épuration existe pour protéger le milieu environnant notamment la ressource hydrique. On a souvent tendance à confondre entre le rôle principal et les rôles secondaires d'une station d'épuration.

Nous insistons pour dire que la protection de la ressource hydrique est le rôle principal de la station à savoir eau souterraine, eau de surface, eau de baignade (zone côtière).

Les rôles secondaires restent bien entendu la réutilisation des eaux épurées en agriculture et à usage industriel ainsi que la valorisation des boues produites en agriculture. Les eaux épurées peuvent aussi être utilisées pour l'entretien des places publics et l'arrosage des espaces verts [43].

Le rôle d'une station d'épuration est de traiter les eaux usées acheminées via un réseau d'égouts. Deux sous-produits aboutissent à l'issue du traitement : l'eau épurée, et des déchets

dont les boues. Alors que l'eau épurée sera rejetée dans les cours d'eau afin qu'elle poursuive son cycle naturel, le devenir des boues ainsi que les techniques de valorisation sont divers.

En général, pour l'eau, trois traitements sont assurés par une station d'épuration : les traitements primaire, secondaire et tertiaire. Le quatrième traitement est habituellement ajusté à la qualité de l'eau souhaitée, particulièrement pour les zones de baignades. A l'issue du traitement tertiaire les experts considèrent que l'eau épurée est sans danger pour les écosystèmes [44].

II.3. Nécessité et objectif de l'épuration :

L'épuration des eaux résiduaires est devenue une nécessité pour les raisons sanitaires, des raisons économiques et législatives et même pour préserver l'environnement.

Pour raison, l'homme a créé des procédés d'épuration dont le but essentiel est l'élimination des matières organiques en solution et sous formes colloïdales et la réduction ou l'élimination des charges microbiennes et en particulier les micro-organismes pathogènes [45].

II.4. Caractères réglementaires d'une eau épurée :

Le traitement d'une eau usée donne un effluent qui n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène publique ; il ne doit pas porter atteinte aux intérêts et activités telles que l'alimentation en eau des hommes, des animaux et des plantes, les intérêts piscicoles ayant notamment une valeur de tes à l'égard des pollutions [40].

Une eau épurée doit répondre à certains critères fondamentaux, en pratique, on s'assurera en outre que :

- Température de l'eau ne doit pas dépasser 30°C
- Sa couleur ne doit pas provoquer une coloration visible dans le milieu récepteur
- PH doit être de la neutralité

II.5. Traitement des eaux :

Le traitement des eaux se déroule selon le schéma de la Figure II.1:

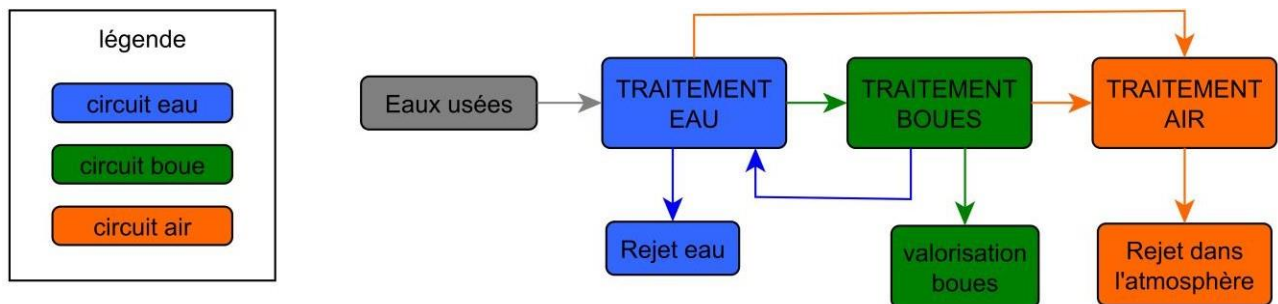


Figure.1: Principe général d'une station d'épuration [46].

II.6. Les différents procédés utilisés :

Les différents procédés utilisés peuvent être classés en fonction des conditions d'aération et de mise en œuvre des micro-organismes. Ainsi, on distingue différents procédés :

- Aérobies à cultures libres (boues activées) ou à cultures fixées Lit bactériennes;
- Anaérobies à cultures libres ou à cultures fixées.

- les cultures libres, où les bactéries évoluent librement dans l'eau, par exemple les boues activées ou le lagunage.
- les cultures fixes, où les bactéries sont fixées sur un support, par exemple les disques biologiques, les filtres à sable ou les lits bactériens. Dans les lits bactériens, les pores de la pouzzolane servent de refuges aux bactéries épuratrices. Il y a aussi des cultures fixées sur des supports fins, par exemple les filtres à sable biologiques.

II.7. Les différentes étapes de traitement des eaux usées :

La station d'épuration des eaux d'une agglomération urbaine importante comporte une chaîne de traitement dont la complexité dépend des degrés d'épuration jugée nécessaire, cette chaîne comprend [47].

1. Traitement préliminaire (prétraitement)
2. Traitement primaire
3. Traitement secondaire
4. Traitement tertiaire.

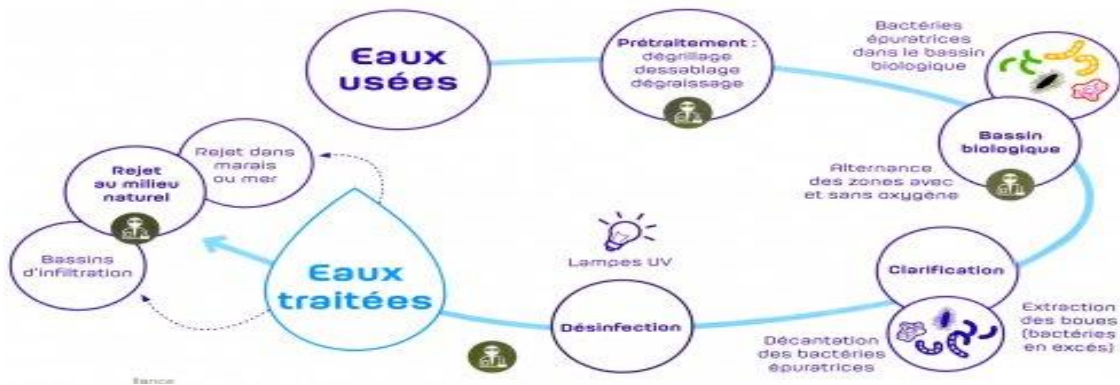


Figure.2. Schéma des différents procédés d'épuration des eaux usées [47].

II.7.1. Traitement préliminaire (prétraitement) :

Les eaux brutes subissent à l'arrivée dans une station d'épuration un certain nombre d'opération mécanique ou physique destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour un traitement ultérieur. Ces opérations sont : le dégrillage, le tamisage, le dessablage, le déshuilage et dégraissage [47].

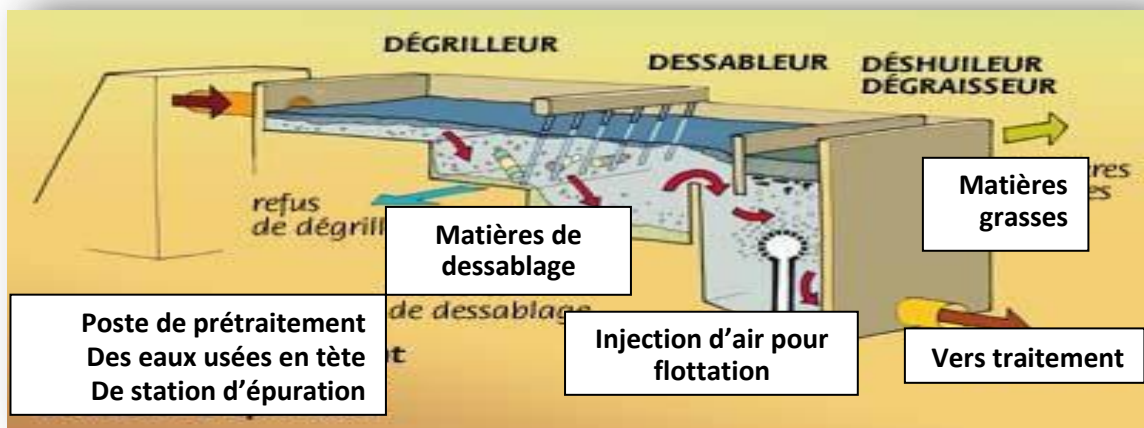


Figure.3. Schéma d'un traitement préliminaire d'une station d'épuration.

II.3. Traitement primaire :

Le traitement est un traitement physico-chimique qui consiste à éliminer [48] :

- Matière décan tables par une simple décantation
- Turbidité qui est traité par la coagulation-floculation
- Certaines matières en solution par la précipitation chimique

II.7.3. Traitement secondaire:

Pendant ce traitement s'effectue principalement la dégradation de la matière organique. Des procédés biologique (aérobie, anaérobie) et physico-chimique (coagulation /floculation) peuvent être mis en place. Le principe de procédés biologiques est de faire dégrader les substances organiques présentent dans l'eau par les microorganismes qu'elle contient. [49].

II.7.4. Traitement tertiaire :

L'expression (traitement tertiaire) peut designer plusieurs types de traitement ou différents fonctions en vue d'atteindre un niveau de traitement de qualité supérieure à ce que l'on pourrait normalement atteindre d'un traitement secondaire. Le traitement tertiaire peut viser un enlèvement plus poussé pour des paramètres conventionnels comme les matières en suspension ou encore certains paramètres pour lequel il y a peu d'élimination dans un traitement secondaire comme le phosphore, les nitrates...etc. Parmi les étapes qu'on peut trouver dans un traitement tertiaire La déphosphoration, La désinfection et La dénitrification [50].

Tableau II.1. Les différents traitements des stations d'épurations [5].

Traitement	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Quaternaire
Principe	Décantation des matières solides en suspension	Traitement biologique à l'aide de bactéries	Epuration chimique via addition de coagulants	Epuration des agents pathogènes via chloration ou ozonation
Résultat	Boues de matières en suspension & eau chargée en pollution Dissoluble	Boue de matières éliminée via bactéries & eau chargée en élément	Sédimentation des matières résiduares & eau épurée	Eau répondant aux normes pour la baignade

II.8. Généralité sur les boues :**II.8.1. Définition et origine des boues:**

Les boues sont des résidus de traitement provenant de stations d'épuration des eaux ménagères ou des eaux d'égouts communaux. Aussi résidu de curage de fosse septique. Plus généralement, tous résidu de traitement d'eau.

Le terme « boues de station d'épuration des eaux usées » est le terme générique pour les différentes matières issues des processus d'épuration des eaux dans les stations d'épuration. Ces boues proviennent du traitement d'eaux ménagères, urbaines et industrielles rejetées dans

les égouts publics.

Dans les stations, divers autres déchets sont à prendre en compte : déchets flottant entraînés par les eaux, sable, etc. [52].

II.8.2. Production des boues des stations d'épurations:

On appelle boues d'épuration les sédiments résiduels issus du traitement des eaux usées. Les boues d'épuration urbaines résultent de différent traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité humaines et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir subis un prétraitement obligatoire.

Les eaux usées sont collectées puis acheminées vers les stations d'épuration ou elle sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée vers le milieu naturel et il reste les boues résiduels qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques.

II. 8.3. Caractérisation des boues :

Ces boues sont caractérisées par un certain nombre de critères définissant leur composition physique et chimique :

- Leur siccité, c'est-à-dire leur taux de matière sèche. La concentration en matières sèches est exprimée en grammes de matière par litre de boues (ou en pourcentage pour la siccité).
- Leur teneur en matière volatile ou matière organique, par opposition aux matières minérales. La teneur en matière volatiles s'exprime en pourcentage du poids des matières sèches. Elle permet d'évaluer le degré de stabilisation des boues et leur aptitude à subir divers traitements (digestion, incinération,...).
- Leur teneur en matière minérale : différence entre matière sèche et matière volatile.
- Leur pouvoir calorifique inférieur qui permet d'évaluer leur aptitude à l'incinération. Il correspond à la quantité de chaleur pouvant être dégagée par une certaine masse de boue.

Leur composition en matières fertilisantes (carbone organique, phosphore, azote, oligo-éléments), en éléments indésirables (traces métalliques et en composés traces organiques) et en micro-organismes.

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement appliqué. Les boues sont très riches en matière organique (50 à 70 % de la matière sèche), ce qui favorise la prolifération des microorganismes qui se multiplient et décomposent la matière organique. En absence d'une aération suffisante, la décomposition libère des composés organiques nauséabonds, ainsi que le gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane,...). La décomposition des boues d'épuration libère également de grandes quantités d'azote (principalement sous forme de nitrate) et de phosphore.

Les métaux lourds représentent, en moyenne, moins de 0,15 % de la matière sèche. La réglementation évolue avec l'efficacité croissante de la gestion des déchets et les avancées techniques de leur traitement.

II. 8.4 -Différents types des boues:

II. 8.4.1-Les boues primaires:

Récupérées par simple décantation des eaux usées n'ayant pas subit de traitement, elles sont très hétérogènes, riches en matières minérales (micro- sables, terres) et contiennent de 65 % à 70 % de matières organiques putrescibles et susceptibles d'évolution [53]. Elles sont riches en eau ; environ 90 à 95 %, et présentent une odeur fétide. [54]

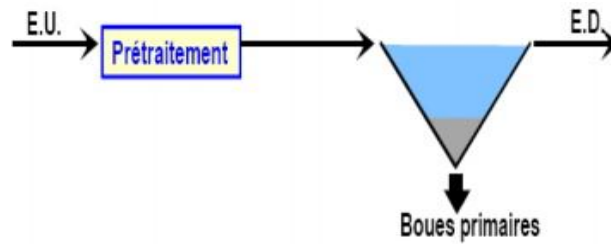


Figure.4. Boues primaire.

II. 8.4.2-Les boues secondaires:

Ce sont les boues issues des clarificateurs ou décanteurs après traitement biologique que se soit en culture libre (boues activées) ou en culture fixées (lits bactériens disque biologiques). Elles sont donc constituées essentiellement de corps bactériens et de leurs sécrétions, elles sont de couleur sombre, très organiques (75 %) plus homogènes que les boues primaires et ont moins d'odeur que les précédentes [55].

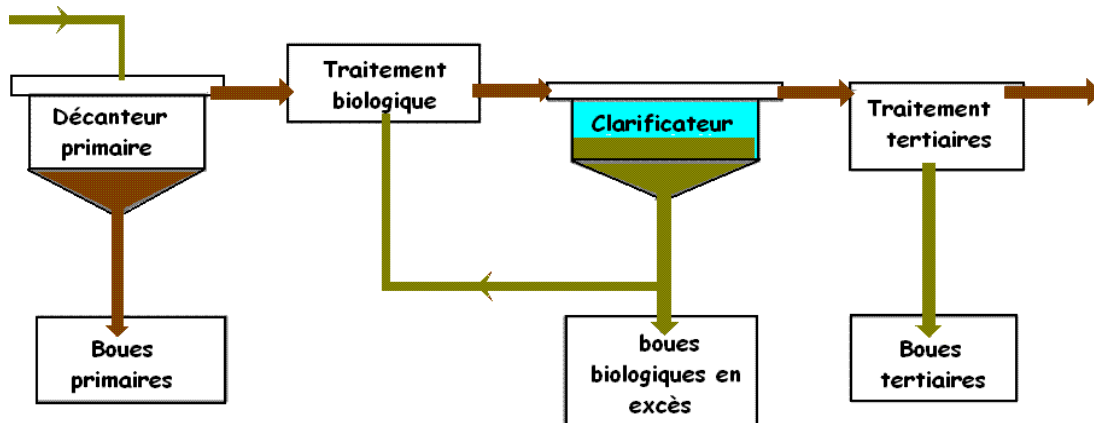


Figure.5. Schéma des différents types de boues dans un procédé de traitement par boues active.

II. 8.4.3. Les boues physico-chimiques :

Variante des boues primaires sont obtenues par adjonction de réactifs (sels de fer, d'aluminium) visant à coaguler la fraction colloïdale des matières contenues dans les eaux usées. Présentent des concentrations assez élevées, elles nécessitent une stabilisation et posent des problèmes spécifiques de destination finale du fait des ajouts de réactifs, et plus particulièrement de sels métalliques [53].

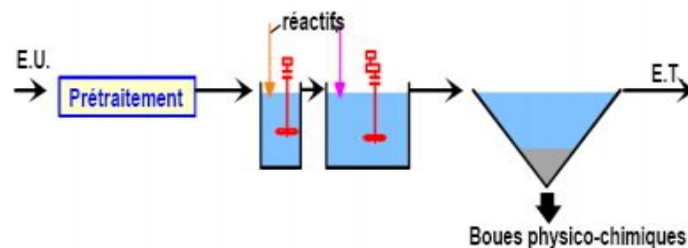


Figure. 6. Boues physico-chimique.

II.8.4.4. Les boues mixtes :

Telle est l'appellation du mélange des boues secondaires avec les boues primaires. Les boues mixtes sont celles qui sont issues de la quasi-totalité des filières de traitement complètes.

Les boues font l'objet de diverses phases de traitement visant à réduire leur volume, à les stabiliser et à les rendre facilement manutentionnaires pour les évacuer de la station d'épuration. Avant ces traitements, elles portent le nom de boues fraîches, terme qui recouvre généralement l'association boues primaires – boues secondaires. [56]

En fonction de la qualité de l'eau à épurer, et du mode de traitement adopté, on distingue deux grandes familles :

- Les boues à caractère minéral.
- Les boues à caractère organique.

La stabilisation conduit aux boues digérées soit aérobies soit anaérobies, [56].

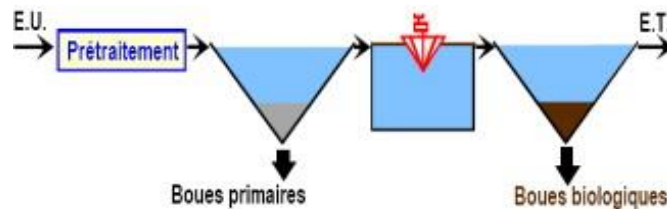


Figure.7. Boue biologique.

II.8.5. Les différentes voies de valorisations et d'élimination des boues :

Après avoir subi les différents traitements, les boues peuvent être traitées de différentes façons.

- Valorisation agricole: l'épandage et le compostage.
- Valorisation énergétique: la méthanisation.
- Elimination des boues: incinération et mise en décharge.



Figure .8. les voies d'éliminations et de valorisations des boues [57].

II. 8.6. Les caractéristiques des boues:

La boue à des plusieurs caractéristiques selon les composants soit chimiques ou physiques.

A). Les caractéristiques chimiques des boues:

1. Les matières en suspension:

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules organiques ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel [58].

2. Les matières volatiles sèches:

Elles représentent la fraction organique des matières sèches et sont obtenues par calcination de ces matières sèches à 525 °C/2 h, la différence de poids entre les matières sèches à 105 °C et les matières sèches à 525 °C donne la (perte au feu) et correspondant à la teneur en matières volatiles sèches en (mg /l) d'une eau [58].

3. Les matières minérales:

Elle représente le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son (extrait sec) constituée à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matière organiques consommatrices d'oxygène [58].

4. Fraction volatile (en pourcent des matières sèches):

C'est le rapport des matières volatiles (en g/l) sur les matières sèches (en g/l). Elle donne une précieuse indication sur le degré de stabilisation de la boue et son aptitude à divers traitements (déshydratation, incinération....) [59].

5. La siccité:

Les boues sont constituées d'eau et de matière sèche. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90%.

- Boues liquide : siccité de 0-10%.
- Boues pâteuses: siccité de 10 -25%.
- Boues solides : siccité de 25 -85%.
- Boues sèches : siccité supérieure à 85% [60].

6. Le volume de décantation:

Le volume décanté pendant 30 min, doit impérativement être inférieur à 300 ml, au-delà, y a nécessité d'opérer une dilution des boues par de l'eau avant la réalisation du test [61].

B). Les caractéristiques biologiques des boues:

Les boues résiduaires contiennent une grande quantité de microorganismes (virus, bactéries et parasites), ils sont éliminés de l'eau avec les boues qui décantent. La concentration de pathogènes peut être réduite significativement par les procédés de traitement des boues, comme la digestion anaérobie, aérobie et compostage [62].

1. Les bactéries

Dénombrer de différents types de bactéries dans les boues, une partie de celle-ci est d'origine fécale et certaines sont porteuses de germe, elles peuvent donc être pathogènes.

Les classer en quatre types:

- aérobies strictes qu'elles développent qu'en présence d'air, elles sont nombreuses dans les boues activées.
- Aérobie facultatives qui peut se développer en anaérobiose par consommation de l'oxygène contenue dans la matière organique (aéromonase).
- Anaérobies facultatives qui peuvent supporter la présence de l'air mais ne se développent que grâce à des processus anaérobies (lactobacillus).
- Anaérobies strictes dont le développement ne s'effectue qu'en anaérobiose (Clostridium) [62].

2. Les virus

Trouve des entérovirus, des adénovirus adsorbés sur la matière organique solide des boues dans une proportion non négligeable environ 30% des échantillons de boues. Leur élimination n'est pas facile à mener à bien mais selon l'utilisation ultérieure des boues, il faut s'en préoccuper [62].

3. Les parasites

Trouve de très nombreux parasites dans les boues d'origine fécale ou tellurique. Les cas les plus fréquents sont les œufs d'ascaris [62].

4. Les micropolluants

Les boues contiennent, en faible quantité de nombreux produits qui peuvent être soit toxique pour les plantes, présentent des inconvénients ou même des dangers pour l'homme par l'intermédiaire des plantes [63].

5. La Composition des matières organiques

Les boues sont constituées de matières organiques complexes non dégradées. Ces dernières sont principalement constituées de quatre grandes familles : les protéines. Les lipides, et les carbohydrates (glucose) et les acides gras [63].

6. La Composition des matières minérales

Il s'agit essentiellement de ce qui nomme des métaux lourds, qui ont été très largement étudié en laboratoire et sur le terrain pour leur rôle dans le développement des cultures irriguées par des boues liquides ou solide [64].

C). Les caractéristiques physiques des boues:

1. La viscosité

Les boues ne sont pas des liquides newtonien, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, cette viscosité permet de définir leur caractères thixotropes qui est important pour leur transport [65].

2. Le pouvoir calorifique

Les teneurs en matières organiques des boues leur donne une aptitude à la combustion non négligeable qui permet de l'incinérer [66].

3. Le pouvoir calorifique inférieur

Son importance est primordiale en incinération, généralement exprime par rapport aux MV, il est relié au C, H, N, O, S, par écriture de la stœchiométrie de combustion [67].

CHAPITRE III
PRESENTATION DE L'USINE
LAFARGE CIMENT DE M'SILA (LCM)

III.1. Introduction sur le Groupe LafargeHolcim Algérie :

LafargeHolcim Algérie est l'entreprise leader sur le marché des matériaux de construction. Nous sommes présents sur toute la chaîne de valeur des matériaux de construction : Agrégats, Ciments, Mortiers, Granulats, Bétons, Plâtres, Sacs, Logistique et Distribution. Nous possédons deux cimenteries [M'Sila et Oggaz] et la cimenterie Cilas à Biskra en partenariat avec le Groupe Souakri pour une capacité totale de production de 11.5 Mt/an. L'activité Béton Prêt à l'Emploi opère 19 centrales à travers le pays pour une capacité de 1 million de ton/an.

LafargeHolcim Algérie emploie 4500 collaborateurs et est fortement engagée dans le développement économique, social et environnemental en Algérie [71].

III.1.1. Les valeurs du Groupe

Nos valeurs sont bien plus que de simples mots sur une page : elles nous aident à façonner le type d'entreprise que nous souhaitons devenir. Nous veillons à intégrer la Santé et la Sécurité dans chacune de nos valeurs, en les gérant avec sens des responsabilités, courage et transparence [71].

a) La Santé et la Sécurité : sont les socles des valeurs CRISP (Clients Résultats Intégrité Stable Personnel).

LafargeHolcim convaincus de l'importance d'un leadership visible et d'un degré élevé de responsabilité personnelle en Santé et Sécurité à tous les échelons, partout dans le Groupe. S'approprier les règles de Santé et de Sécurité est une condition pour travailler dans le Groupe.

b) Clients

- Savoir qui sont nos clients, nos utilisateurs finaux et nos influenceurs, les écouter pour comprendre ce qui est important pour eux, ce qui guide leur activité et à quoi ils attachent le plus de valeur.
- Avoir une image claire des facteurs qui créent de la valeur pour nos clients, puis innover, nous différencier et tenir nos promesses, en adoptant un état d'esprit créatif et en restant curieux.
- Coopérer avec les autres collaborateurs du Groupe pour répondre aux besoins du client [71].

c) Résultats

Lafargeholcim engage à atteindre nos objectifs sans porter préjudice à quiconque tout en exécutant rigoureusement nos plans

- Cherche à innover et à remettre en question le statut pour nous améliorer en permanence et engendrer une valeur durable pour les actionnaires.
- Lafargeholcim agisse aujourd'hui de façon à obtenir d'importantes recettes et des résultats encore meilleurs demain [71].

d) Intégrité

- Crée un environnement propice à l'honnêteté, à la confiance et à la responsabilité, où chacun s'engage durablement à respecter les règles de conformité et à faire ce qui est juste.
- Le courage de prendre les bonnes décisions, qui respectent nos principes éthiques, et de nous y tenir, même sous la pression.
- Application du Code de conduite, la législation locale et les principes éthiques dans toutes les situations [71].

III.1.2. Stratégie :

Leur stratégie conjugue savoir-faire industriel avec des critères essentiels :

1. Performance :
2. Création de valeurs
3. Respect des collaborateurs
4. Respect des cultures locales
5. Protection de l'environnement
6. Conservation des ressources naturelles et de l'énergie [71].

III.1.3. Filières du Groupe Lafargeholcim Algérie

Le groupe Lafargeholcim Algérie c'est groupe de filière polyvalente en termes de domaine d'exploitation telle que granulats, béton, Ciment, laboratoire des matériaux de construction et le plâtre [71]

1. Granulats

Les granulats sont des morceaux de roches naturelles utilisés pour la réalisation de routes, autoroutes, bâtiments, ponts, chemins de fer, ...

Ils peuvent être utilisés à l'état brut « sable, graviers, enrochements, ... » ou transformés « béton prêt à l'emploi par ajout de ciment et d'eau ».

Après l'air et l'eau, les granulats sont la matière première la plus consommée en Algérie.

Chaque Algérien en « consomme » environ 11 kilos par jour, soit 4 tonnes par an.

300 millions de tonnes sont nécessaires chaque année pour répondre aux besoins de logements, routes, voies ferrées, etc.

2. Béton :

S'il est impossible d'évoquer tous les bétons de notre gamme, certains produits particulièrement innovants méritent d'être mentionnés car ils illustrent les possibilités offertes par nos spécialités. Lafarge Béton Algérie emploie plus de 700 personnes dans plus de 30 Centres de production de béton répartis sur le territoire algérien. Afin de répondre de manière optimale aux besoins et aux exigences de nos clients en matière de service, nous disposons d'une flotte composée de 20 pompes à béton et plus de 150 camions malaxeurs [71].

3. Ciment :

Lafargeholcim Algérie à trois unités de production de ciment :

3.1. Unité de production LCM Lafarge ciment de 'sila

Démarrage de l'usine en septembre 2003 avec une seule ligne et avec 2 lignes de production en 2006 de ciment gris de capacité de 5 Millions de tonnes de ciment par an c'est la deuxième plus grande unité du groupe [71].

3.2. Unité de production LCO Lafarge ciment Oggaz a Mascara

Une cimenterie qui Démarrage de l'usine en 2007 & 2008 avec une lignes de production de ciment (gris & blanc) de capacité de 3,7 Millions de tonnes de ciment par an , le Première cimenterie nationale à incinérer des déchets (économie énergie non renouvelable) [71].

3.3. Unité de production CILAS ciment Lafarge Souakri à Biskra

Cimenterie de classe mondiale résultat d'une Partenariat de 51% Groupe Souakri devant 49% Lafargeholcim en 2016 avec une Capacité de production ciment : 2.7 million de ton /an [71].

4. Laboratoire de développement de la construction (CDL)

Depuis longtemps, Lafarge Algérie place l'innovation au cœur de ses métiers. Facteur-clé de croissance du groupe, l'innovation nous permet aujourd'hui d'adopter une logique de fournisseur de solutions, de produits et services à valeur ajoutée et de systèmes constructifs au service des acteurs la construction.

- En Algérie, Lafarge a implanté en 2013 son premier laboratoire de développement de la construction. Ce pôle de recherche, premier du genre en Afrique, se veut être une plate-forme centralisant le développement de toutes les innovations du groupe Lafarge pour l'Algérie. Une équipe pluridisciplinaire d'ingénieurs, d'architectes et de techniciens y sont installés pour mettre au point les futurs produits, systèmes et solutions à base béton pour l'ensemble de la construction.
- Au plus près de l'utilisateur final, nous pouvons grâce à cette plateforme tester à l'échelle 1 toutes les idées permettant d'améliorer la construction des logements et des infrastructures, et en profiter pour former les maçons et autres experts de la construction à la mise en œuvre de ces nouvelles technologies.

• Cette plateforme, nouveau pilier de notre relation avec le réseau académique algérien et les institutions locales de normalisation et certification, nous permettra également de mieux participer aux efforts de recherche & développement dans le domaine de la construction. [53].

05. Plâtre

Lafarge plâtre en Algérie est le fruit de la volonté de deux grands groupe COSIDER l'un des plus importants en Algérie et, LAFARGE, leader mondial des matériaux de construction, par sa division Plâtre [71].

III.2. Lafarge ciment de M'sila LCM

Lafarge ciment de m'sila c'est un usine de fabrication de ciment la plus grande unité de fabrication parmi les membres groupe lafargeholcim Algérie



Figure.9. Vu globale de nuit del'usine Lafarge ciment de m'sila LCM

III.2.1. Situation géographique

L'usine Lafarge ciment de m'sila situé à la Wilaya de M'Sila, Commune Hammam Dalâa, D'ebil a 4 Km au nord-est de la route nationale 60, à 26 km à l'West de m'sila et 216 km au sud-est de la capitale. Alger.

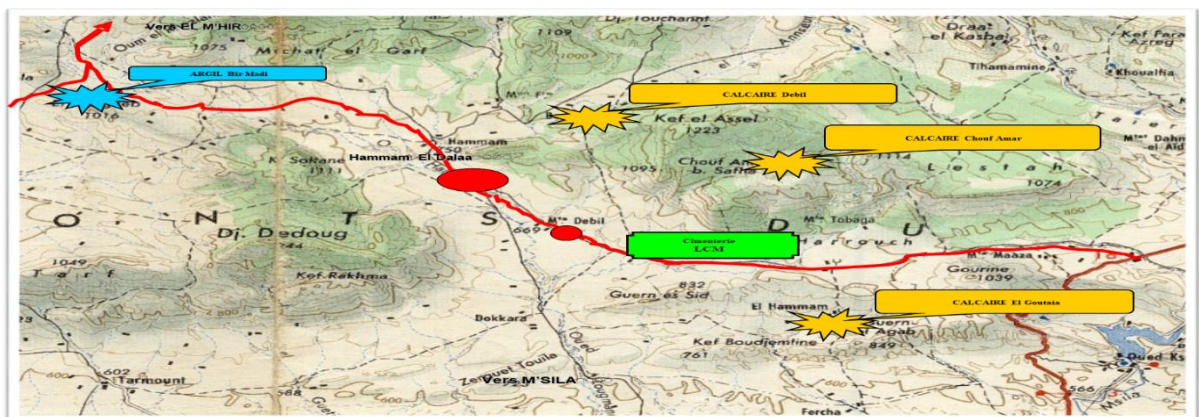


Figure.10. Situation de l'usine lafarge ciment de m'sila LCM [71].

III.3. Les Principaux étapes de la production ciment à LCM:

La fabrication de ciment se fait selon plusieurs étapes de la source naturel (carrière de matière première vers le produit finie comme mentionnée

- Extraction matières premières

- Préparation de la matière crue (concassage et pré homogénéisation)
- Broyage de la matière crue et stockage
- Clinkérisation (cuisson dans les fours à 1450°C)
- Broyage du ciment et stockage dans 5 silos
- Ensachage et expédition en sacs ou vrac

III.3.1. Extraction de la matière première

Trois principaux carrières, Chauff Ammar au nord de l'usine (chauf Ammar west, est et chauff Ammar principale), Carrière de gottaya, 2km au sud-est de l'usine carrière de Debil ainsi que la carrière du gypse à Chaiba à Biskra.

La concassage de la matière se fait avec un concasseur à marteau



Figure.11. Le concasseur à marteau et le transport vers le hall d'homogénéisation de la matière crue [71].

III.3.2. Broyage et stockage de la matière crue.

C'est une étape de préparation de la matière première avant d'entrer au four par le broyage de la matière afin d'atteindre la finesse demandée pour une farine homogène et dosée par des ajouts (minerai de fer, sable, bien calculé à travers un système de contrôle de qualité de la haute technologie).



Figure.12. Broyeur ATOX de la matière crue [71].

III.3.3 La production du clinker.

Le clinker est un constituant du ciment qui résulte de la cuisson d'un mélange composé d'environ 80 % de calcaire (qui apporte le calcium) et de 20 % d'aluminosilicate (notamment des argiles qui apportent le silicium, l'aluminium et le fer). La « farine » ou le « cru » est formée du mélange de poudre de calcaire et d'argile. Cette cuisson, la Clinkerisation, se fait à une température d'environ 1 450 °C qui explique la forte consommation énergétique LCM équipé de deux Fours rotatifs de la marque F.L.Smith, Diamètre de 4,80m et une longueur de 74m pour une capacité de Capacité 5800 tonne de clinker par jour et pour chaque four, Deux 2 Tours de préchauffage de cinq étage par ligne pour la préparation du chauf de la matière avant d'entrer au four et un Calcinateur de diamètre de 8m ce système alimenté principalement par le gaz naturel comme montré dans la figure .



Figure.13. Four rotatif et tours de préchauffage [71].

III.3.4. Broyage ciment

L'usine Lafarge ciment de m'sila équipé par 4 broyeurs de capacité de 150 tonne /heure pour chaque broyeur et un broyeur de 85tonne de ciment pour les opérations de broyage et production du ciment (matière finie sous contrôle de dosage et de qualité par le laboratoire interne les broyeur ciment dans l'usine partagés en deux ligne (deux broyeurs e lignes 01 et Trois=s a la deuxième ligne) afin d'assurer les besoin en ciment près a expédier aux clients.

III.3.5. Atelier d'ensachage et expédition

L'usine équipée par 8 machines pour l'expédition de ciment par un système semi-automatique dont la politisation 04 machine par ligne pour une capacité de 12000tonne par jours
04 bouches vrac pour la livraison d du ciment vrac de capacité moyenne de 7000 tonne par jour



Figure.14. Expédition du ciment [71].

III.3.6. Laboratoire du contrôle de la Qualité

L'usine LCM équipé d'un laboratoire de haut technologie pour effectuer toute les opérations de contrôle des déférentes point a la chaine de production afin d'assurer une haut qualité de leur produit elle équipé par :

Un réseau de prise des échantillons automatique pour les zones clinker et ciment de ces zone vert le laboratoire et pour une fréquence bien déterminée.

Un système de contrôle de qualité liées avec toutes la chaine de production afin d'assurer de couvrir toutes les étapes de production comme mentionnée dans la figure.15.

Des analyses minéralogique et chimique par des appareils de haut qualité et technologie FX (fluorescence Rayon X) et DRX (diffractométrie rayon x et l'analyse chimique par la diffractométrie rayon x comme mentionnée dans la figure.16

Un laboratoire physique pour le contrôle de la résistance et les déférentes analyses du béton de ciment

Un système de rapports qui assurera la communication la réaction rapide en cas d'un alertes avec un système de suivi des déférents rapports comme le rapport Journalière control de la qualité, Rapport Hebdomadaire de l'assurance qualité et les Bulletin d'analyse d'assurance qualitéstc.

Un système de suivi de satisfaction client afin d'assurer une qualité de service d'accompagnement totale de leur produit et orientation des clients

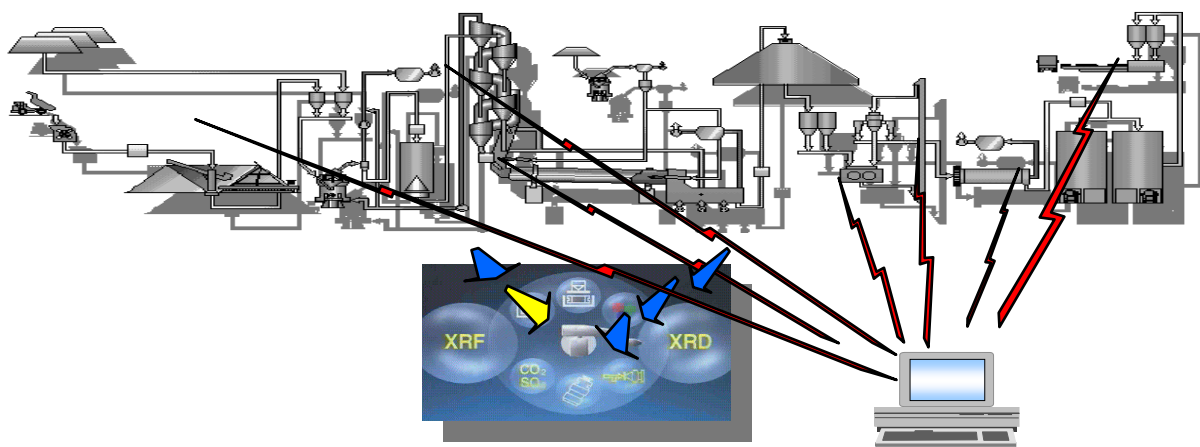


Figure.15. Système du contrôle de qualité LCM [72].



CHAPITRE IV
RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.01. Introduction.

D'après le service des utilités LCM qui sont fait la collecte à l'usine environ de 80t de la boue des eaux usée collectés durant l'année cette quantités est négligeable devant ce que générer par les déférentes unités aux niveaux nationale.

L'objectif de notre choix de travail c'est de crée une destination finale conforme pour l'élimination de la boue générée en dehors des méthodes habituel vu les avantages de ce plan telle que :

- Le circuit ciment est riche en matière et métaux qui sont de la même caractéristique des composants de la boue des eaux usée en générale ou compatible avec les composants de la boue.
- L'addition de la boue des eaux usées sera à faible dosage par rapport un grand débit d'alimentation du mélange matière et boue.
- Le suivi de la qualité sous contrôle du laboratoire de l'usine équipé d'une gamme ses outils de haut technologie ou nous avons fait tous les essais et les calcule
- L'incinération dans un four sous 1500°C qui assurera la combustion des composants soit organique ou minéraux sans aucuns impacts environnementaux.

IV.02. Choix du point de l'addition de la boue des eaux usées LCM.

Parmi les déférentes point de la chaine de production du ciment La meilleur choix pour injecter la boue c'est celle de la carrière de l'usine en mélangeons avec la matière première voir schémas IV.1.on

Parmi les déférentes zones de l'usine vous trouvez :

- L'extraction matières premières
- La préparation recette matière première avant concassage (**le point choisie**).
- La préparation de la matière crue (concassage et pré- homogénéisation).
- Le broyage de la matière crue a 450t/h et stockage.
- La production du clinker (cuisson dans les fours à 1450°C).
- Le broyage du ciment et le stockage dans 5 silos de ciment
- L'ensachage et l'expédition du ciment en sacs ou en vrac.

Parmi les point ci-dessus on a choisi le point de la carrière afin d'assurer une homogénéisation avec la matière première le calcaire et les autres ajouts argile,

Les déférentes étapes de production du ciment mentionnée dans la figure.16.

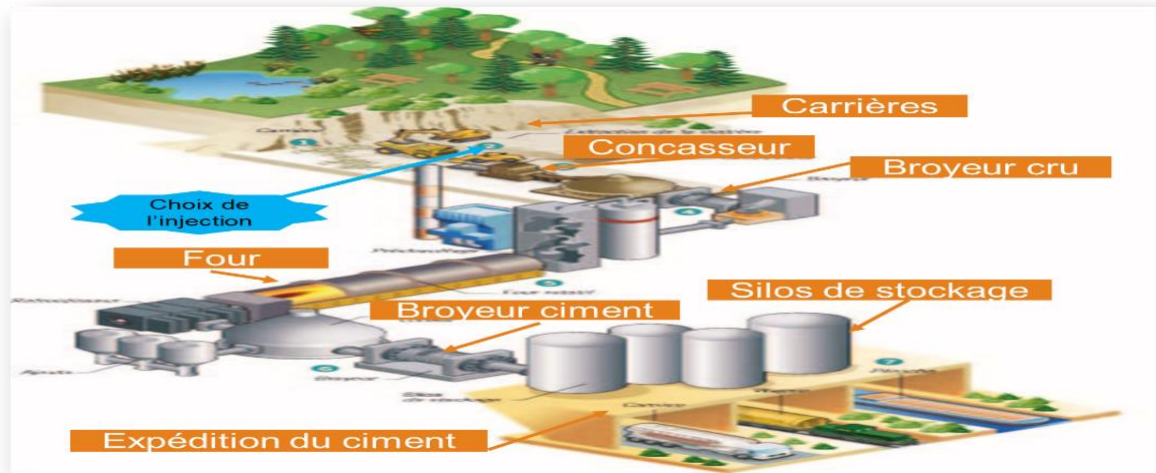


Figure 16. Point d'addition de la boue dans le circuit mix matière première à la carrière

IV.3. Calcule de la perte de feu.

Un échantillon de 01 kg a été prise de la station d'épuration de l'usine LCM et on a met cette échantillon a un bac de 50 cm de langueur et 50 cm de largeur avec une épaisseur de 20 cm construit en usine spécialement pour ce projet.

On remplir le bac par le sable à un niveau de 5cm afin de facilité de séchage de la boue a l'air libre.

On laisse l'échantillon pendant 48h a l'air libre vu que la température atteindre 36°C comme moyen en Aout et climat sec.

Les analyses et toutes les préparations des échantillons sont faites au laboratoire LCM.

IV.3.1. Principe

La perte au feu est le pourcentage de matière éliminée au cours de la calcination à l'air d'un échantillon. Par calcination à l'air, le gaz carbonique et l'eau sont volatilisés. Les éléments oxydables éventuellement présents peuvent être oxydés.

IV.3.2. Outils et appareillage utilisés

- Balance d'une précision de 0,1 mg.
- Perleuse de marque FLUXANA VULCAN (marque allemand) comme montré dans la figure
- Calcinateur de marque CARBOLIT une marque anglaise comme montré dans la figure.....
- Appareils d'analyse DRX et FX



Figure.17. Perleuse Vulcan FLUXANA [72].



Figure.18. Calcinateur de marque CARBOLITE [72].



Figure.19. Appareil d'analyse Diffractométrie Rayon X (DRX) et l'appareil d'analyse fuorissance X (FX) [71].

IV.3.3: Mode opératoire.

- Pour calculer la perte au feu On prend 200 g de l'échantillon pesé dans le laboratoire en balance de précision de 0,1 mg et on le met dans un Creuset en Platine Pt 95%.selon la norme européenne NF EN 196-2 et la Norme Algérienne NA-235.
- Peser et noter que la masse d'un creuset en platine est M1.
- Peser et noter la masse de l'échantillon est Pe.
- Placer la capsule de 2g dans le four-à moufle à 950°C +- 25°C Et laisser calciner comme indiqué dans le tableau ci-dessous.
- Sortir le creuset du four et laisser refroidir quelques minutes dans un dessiccateur.
- Peser et noter la masse de la capsule après perte au feu en m3 selon la formule

$$PAF = [((M1+Pe) - M3) \times 100] / Pe$$

Dont :

PAF : c'est la perte au feu

M3 : c'est la masse finale (creuset + masse de l'échantillon) calcinée en g

On met 01 g de l'échantillon calciné avec 7g d'un déliions (Dilythyom thetraborate) et on met le mélange dans un creusé puis dans une perleuse afin de préparer la perle qui nous permet d'analyser l'échantillon soit par Fluorescence X (FX) soit par (DRX)

IV.4. Résultats et discussion.

IV.4.1. analyse minéralogique DRX:

Les résultats pris sont des analyses faites par diffractométrie rayon X pour déterminer les composants minéralogique de la boue des eaux usées LCM.dapres le tableau IV.1

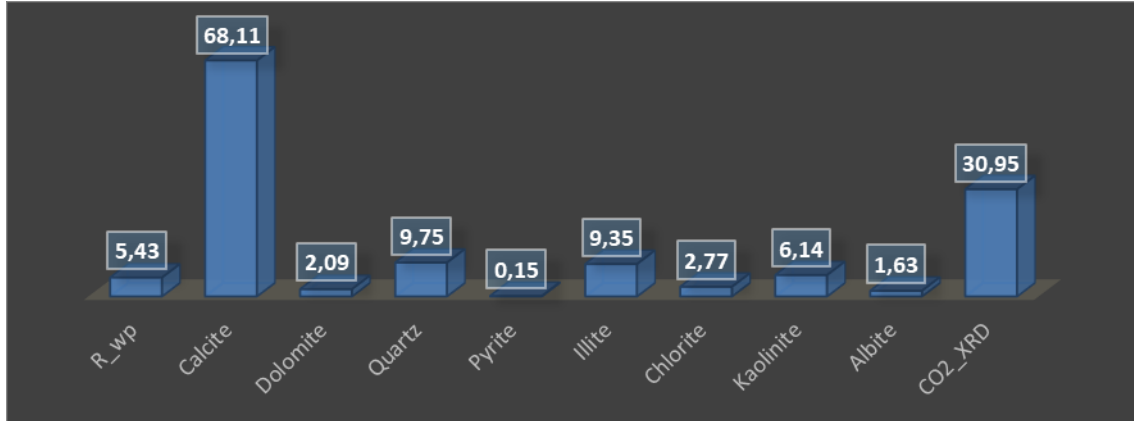


Figure.20. Histogramme Des analyses minéralogique DRX de la boue des eaux usées.

IV.4.2. Analyse des compositions chimiques par fluorescence X

La composition massique en pourcent de la boue des eaux usées LCM par spectroscopie fluorissante x (XF) pour la détermination de l'espace chimique dans la boue des eaux usée de l'usine LCM

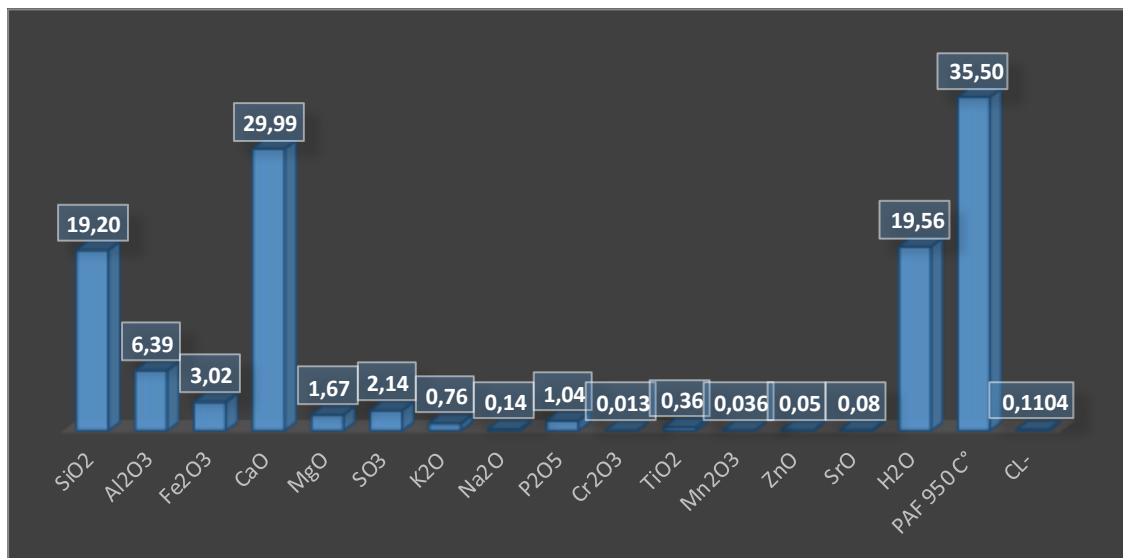


Figure.21. Histogramme Des analyses Chimique FX de la boue des eaux usées.

IV.5. La Simulation d'analyse par Quarry master et optimix

La simulation Quarry master et Optimix sont des simulations par les deux logiciels qui nous donner une visibilité quantitative des différents ajouts pour avoir la faisabilité de l'addition de ces ajouts à la matière première de la carrière en fonction des résultats de

qualités obtenu du mélange afin de garder la zone de conformité de la qualité du clinker a obtenu.

IV.5.1. Résultats des analyses Quarry Master

Dans ce travail on a ajouté 0,5% de la boue dans un mélange habituel de la carrière qui contient (calcaire de la carrière principale chauffé Ammar à 82,40 % avec les ajouts de l'argile bir madi à 5,6 %, marne debil à 2%, calcaire Goutaia à 9%, Calcaire de décapage à 0,5%) à la carrière (**Annexe 02**). Donne des résultats et nous permet de faire la correction de dosage demandé par le (Quarry master) afin d'attendre les seuils de la conformité qualité programmé. Les résultats d'analyse mentionnée dans le tableau IV.1.

Tableau IV.1. Résultats d'analyse Quarry Master LCM du mélange matière première –Boue des eaux usées

Matière première	Totale mélange	Calcaire carrière	Ajout	Ajouts	Ajouts	Ajouts	Ajouts
Matières première totale	Mix boue	Calcaire chauffé Ammar	Argile bir madi	Marl Debil	Calcaires Goutaia	calcaire de décapage	Boue eaux usées LCM
Tonnage Total (t)	16000	13182,1	897,9	320	1440	80	80
addition (%)	100%	82,40%	5,60%	2%	9%	0,50%	0,50%
SiO ₂	11,09	8,45	50,33	23,74	7,12	18,07	19,2
Al ₂ O ₃	3,74	3,02	14,31	7,79	2,55	5,96	6,39
Fe ₂ O ₃	1,76	1,49	5,46	3,45	1,49	2,27	3,02
CaO	45,38	47,81	8,83	33,74	49,54	41,87	29,99
MgO	1,16	1,07	3,19	1,26	0,62	0,95	1,67
SO ₃	0,86	0,99	0,09	0,43	0,16	0,94	2,14
K ₂ O	0,17	0	2,22	0,65	0,23	0,07	0,76
Na ₂ O	0,48	0,56	0,31	0,13	0,01	0,6	0,14
Cl	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,09	0,11
LS	124	169,59	169,59				
SR	2,02	1,87	1,87				
AR	2,12	2,03	2,03				

IV.5.2. Résultats des analyses Optimix

Cette analyse peut nous donner une visibilité de la confirmation de la qualité de la matière première avant d'entrer au broyeur cru afin d'assurer la qualité de produit selon les normes de la qualité du clinker programmés surtout le module silicique SR et le module aluminat AR.

En donne les analyses montrés dans l'annexe 01 pour avoir si on aura des impacts sur la qualité Dans le tableau ci-dessus vous trouvez la recette recommandée en étape 01 avec le scénario de la qualité par rapport aux cibles qualité dans la colonne V

Dans la colonne V vous trouverez que si on applique 0,5% à la carrière avec la recette recommandée au aura un produit conforme à 100 % sans aucun impact de qualité

Tableau IV.2. Suivi des résultats des analyses du mix-Boue avec les seuils et normes qualité du clinker.

Composition de matière crue						
	mélange cru de la boue/matière	Total	100% Fer	Sable	calcaire de haute classe 70%+30% de la carrière Zelidja	matière cru
Type	mélange cru + boue	ajouts				Total
Moisture [%]	1,90	1,90	7,00	1,50	1,23	1,85
LOI [%]	35,30	35,30	13,00	2,70	40,46	34,35
SiO ₂ [%]	11,09	11,09	22,17	94,77	4,86	14,03
Al ₂ O ₃ [%]	3,74	3,74	7,02	1,01	1,85	3,37
Fe ₂ O ₃ [%]	1,76	1,76	53,14	0,67	1,14	2,25
CaO [%]	45,38	45,38	1,91	1,14	50,29	43,61
MgO [%]	1,16	1,16	0,93	0,15	0,53	1,02
SO ₃ [%]	0,86	0,86	0,30	0,09	0,44	0,75
K ₂ O [%]	0,17	0,17	0,56	0,30	0,14	0,18
Na ₂ O [%]	0,48	0,48	0,18	0,01	0,01	0,38
TiO ₂ [%]					0,02	
Mn ₂ O ₃ [%]						
P ₂ O ₅ [%]			0,70			0,01
Cl [%]	0,020	0,020	0,018	0,012	0,020	0,020
Rest [%]	0,040	0,040	0,072	-0,852	0,240	0,031
Total [%]	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
LS	124,0	124,0	1,8	0,4	304,2	97,5
SR	2,02	2,02	0,37	56,41	1,63	2,50
AR	2,13	2,13	0,13	1,51	1,62	1,50
Na ₂ O eq [%]	0,59	0,59	0,55	0,21	0,10	0,50

A la fin on a fait, la comparaison entre les valeurs des analyses obtenu du mélange boue matière cru qui avec les valeurs de conformité de la qualité telle que LS module silicique SR et le module aluminat AR et le facteur de saturation de la chaux LS comme mentionnées dans le tableau IV.4

Tableau IV.3. Comparaison entre les analyses du mélange qui contient la boue et les seilles de la qualité demandé

	Matière Cru	Matière Cru –Boues des eaux usées	Seuil Min	Seuil Maxi	Clinker
LS	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5
SR	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
AR	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Na ₂ O eq [%]	0,50	0,50			0,76
Alk/SO ₃	0,82	0,82			0,82
C ₃ S	45,0	45,0			62,5
C ₂ S	6,3	6,3			14,1
C ₃ A	5,1	5,1			7,8
C ₄ AF	6,8	6,8			10,4
C ₄ AF+2C ₃ A	17,1	17,1			26,0

Dans le tableau IV.3 vous trouvez que les résultats obtenu du mélange cru qui contient la boue des usées sont attend les mêmes analyse des seuils qualités demandé en bleu dont Les modules aluminates et le module silicique sont

Tableau IV.4. Comparaison entre les analyses du mélange qui contient la boue et les seuils de la qualité demandé

	matière cru	Matière cru mix-Boue
LOI [%]	34,35	34,35
SiO ₂ [%]	14,03	14,03
Al ₂ O ₃ [%]	3,37	3,37
Fe ₂ O ₃ [%]	2,25	2,25
CaO [%]	43,61	43,61
MgO [%]	1,02	1,02
SO ₃ [%]	0,75	0,75
K ₂ O [%]	0,18	0,18
Na ₂ O [%]	0,38	0,38
TiO ₂ [%]		
Mn ₂ O ₃ [%]		
P ₂ O ₅ [%]	0,01	0,01
Cl [%]	0,020	0,020
Rest [%]	0,031	0,031

Dans le tableau IV.4 on montre que les résultats obtenu du mélange cru qui contient la boue des usées donne les mêmes analyses demandé par qualités pour un produit conforme en bleu dont Les modules aluminates et le module silicique sont.

V. Conclusion:

Le dosage de la boue des eaux usées de LCM dans la matière première par un taux de dosage de la carrière de 0,5% et avec le système de dosage et selon la processus mentionnées dans l'étude (dosage ,homogénéisation, broyage cru), Donne des résultats d'analyse du clinker et ciment conforme aux normes et aux exigences qualité sans aucune impactes. Et par la combustibilité dans le four en assurera l'élimination totale de la boue de l'usine.

L'élimination la boue des eaux usée, LCM assurera un cycle de vie de traitement des eaux complète de la source jusqu'à l'élimination totale pompage du fourrage, traitement de l'eau brute, traitement des eaux usée qui destinée à l'irrigation et finalement l'élimination de la boue générer par la station de l'épuration.

Avec l'élimination de la boue des eaux usée LCM donne une vision sur une destination finale et la valorisation des boues dans la cimenterie en cas d'une exploitation insuffisante de ces boues aux autres domaines.



**REFERENCES ET
BIBLIOGRAPHIQUE**

- [1] Wikipédia l'encyclopédie libre
- [2] I.N.R.A, 1980
- [3] BENABDELI K, 1999
- [4] LASTER et al in GRENIER, 1989
- [5] GRENIER, 1989
- [6] LAZILI H., (2011). Gestion des boues issues des stations d'épuration des eaux usées urbaines. Centre de Formation aux Métiers de l'Assainissement (CFMA).
- [7] VELLAU P., (1981). La valorisation agricole des boues des stations d'épuration, revu. La technique de veau et de l'assainissement.
- [8] Rahou Kada Boubakeur. Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-kerma ORAN, mémoire de master, département de génie chimie, université d'Oran, Algérie, (2014).
- [9] BENELMOUAZ ALI, « Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia », Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master En Hydraulique, université Abou bekr Belkaid, Algérie 2015.
- [10] AROUA A. L'homme et son milieu. Edition société national. Alger, (1994).
- [11] BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, France, (2005).
- [12] S.Bouafia; dégradation des colorants textiles par procédés d'oxydation avancée basée sur la réaction de fenton ; Thèse de doctorat; Université Saad Dahleb de Blida; Algérie, 2010.
- [13] A. MIZI. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA. Algérie, 2006.
- [14] F.HRRLEKAS ; « Couplage des procédés membranaires aux technique physico-chimiques ou biologique pour le traitement des rejets liquides de l'industrie de textile », Thèse de doctorat, université cad i ayyad, de MARRAKECH, Maroc, 2008.
- [15] MEKHALIF Faiza, « Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement », université du 20 Aout 1955, Skikda, mémoire de magistère, Algérie, 2009.
- [16] REJSEK, analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, édition scrérén CPDP A quitaine, Bordeaux, France, (2002).
- [17] Rodier J, L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition, Dunod, paris, France, (2005).
- [18] RODIER .J, (l'Analyse d'eau). 5^{ème} édition. France, (2005).
- [19] METAHRI Mohammed Saïd, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi-Ouzou, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Algérie, 2012.
- [20] Ladjel F, Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA, Boumerdes, 2006.
- [21] Desjardins R, Le traitement des eaux. 2^{ème} édition. Ed. Ecole polytechnique, 1997.
- [22] KHELILI .R, LAZALI .D: Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla), 2015.
- [23] RODIER ET AL., L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer)

8eme édition, France, 1996.

[24] GAUJOUS.D, Pollution des milieux aquatiques (aide-mémoire) 2ème édition, France, 1995.

[25] RAKREK Zakaria, La station d'épuration de Chlef performances épuratoires et rendements, Université de Tlemcen, Master Hydraulique, Algérie, 2013.

[26] RODIER, Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7^{ème} édition, France, 1984.

[27] OULARBI Radhia, « Traitement des eaux usées urbaines de la ville de Ain defla par électrocoagulation », université djilali bouaama, Mémoire de Master en Chimie, Algérie, 2015.

[28] Rodier J, « (L'analyse de l'eau » 9ème édition, Dunond, Paris, 2009.

[29] BELALA ZOHRA, « Traitement de l'eau de barrage DJORF-ELTORBA rejets de la région de Bechar par filtration sur sables d'Adrar », université Hassiba Ben Bouali, mémoire de magister, Chlef, 2006.

[30] Joly B., Reynaud A, Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edition Technique et documentation, Paris, 2003.

[31] KESBI Rafika, « Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'ouest Algérien Cas de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent », UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID, Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master En Hydraulique Tlemcen, 2016.

[32] Cshapf, Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, 1995.

[33] Asano T, Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1998.

[34] Feray C, « Nitrification en sédiment d'eau douce : incidence de rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés nitrifiantes », Thèse de doctorat sciences naturelles, Écologie microbienne. Université Claude Bernard-Lyon, Lyon, France, 2000.

[35] Ghazi M, « Cours de l'épuration des eaux usées », département hydraulique option traitement et épuration de l'eau, université Tlemcen, Algérie, 2015.

[36] Pierre J, Lienard A, Heduit A, P Duchene, « Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités », Document technique, 1990.

[37] Yahlatene soflaive et Tahirim El Tladj, « Réflexion sur la caractérisation physicochimique des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran », université de science et de technologie d'Oran USTO, mémoire d'ingénieur, Algérie, 2010.

[38] OMS, L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 1989.

[39] Journal Officiel de la République Algérienne N° 26; 24 Rabie El Aouel 1427; 23 avril 2006.

[40] Document technique, ONA Office National d'assainissement pour la récupération et l'élimination des déchets. La valorisation agricole des boues de stations d'épurations urbaines, Laboratoire ONA – STEP -Tlemcen jour d'exploitation (2013)

[41] [BAUMONT S. et al, Sd].

[42] [(El HAFIANE F., SOUDI B., Sd)]

[43] Nadia Chalal « Etude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect » soutenu le 16/12/2007 Université Mentouri- Constantine

[44] [AQUAWAL, Sd]

- [45] Melle KAROUNE Samira Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L) Université Mentouri Constantine. Soutenue en 2008
- [46] [AQUIRIS (4), Sd][46]
- [47] Boussalia Amar « Contribution a l'étude de séchage solaire de produits agricoles locaux » Université mentouri-constantine .soutenu(27/06/2010)
- [48] Valorisation agronomique des boues – JEAN Luc Martel –Suez environnement cirse octobre 2010.
- [49] BOUSSALIA A., (2010). Contribution à l'étude de séchage solaire de produits agricoles locaux. p: 775.
- [50] Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique. Gouvernement du Québec. (2002).
- [51] [(KSB, 2010), (SPGE, Sd), (ULG DEPARTEMENT CHIMIE, Sd), (AQUAWAL, Sd)]
- [52] (OUAZANI R., 2009)
- [53] (DUCHENE, 1990)
- [54] (POMMEL, 1981, BARRIERE, 1987 in DEBBA, 1998)
- [55] (DUCHENE, 1990 et DEBBA, 1998)
- [56] (MOREL, 1977)
- [57] Perspective de valorisation agricole et énergétique des boues issues de STEP en Algérie. Office national d'assainissement, Oran 25 Mars 2014.
- [58] DUGUET J-P., (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1 ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Environnement) p: 474.
- [59] DUDKOW S., (2001). L'épandage agricole des boues de STEP.
- [60] ASMAHANE B., (2011). Valorisation des poussières de four à ciment dans le procédé solidification/stabilisation des déchets.
- [61] RODIER J., (2009). Analyse de l'eau, 9^{ème} édition DUNOD. p: 1600.
- [62] TAUZIN C. JUSTE C., (1986). Effet de l'application à long terme de diverses matières fertilisantes sur l'enrichissement en métaux lourds des parcelles. Rapport du contrat 4084/93 ministère de l'environnement. p: 158.
- [63] Dignac M.F.H.S. FRANCOU C. DERNNE S., (2005). Pyrolyticstudy of compost and wasteorganicmatter. Org. Geochem 36. p: 1071.
- [64] KOLLER E., (2009). Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues».Technique et ingénierie,Série environnement et sécurité ; 2^{ème} édition DUNOD. p: 569.
- [65] SEDKI A., (1995). Etude éco-toxicologique de la contamination. Thèses Doct. Etat, Univ. Cadi Ayyad, Fac. SCI. Semlalia, Marrakch, Maroc. p: 140.
- [66] Association Française pour l'Etude des Eaux (AFEE). (1974). Utilisation agricole des boues d'origine urbaine. p: 107.
- [67] SLIMANI K., (2007). Suivi d'une boue dans une station d'épuration des eaux usées urbaine. Universités. M. B. Boumerdas. P: 123.
- [68] [JARDÉ E., 2002, p. 23]
- [69] [HAMEL M., 1997, p. 158]
- [70] www.lafarge.dz
- [71] Présentation de Lafarge ciment de m'sila par la communication lafarge en 15 novembre 2015.
- [72] Photos prises sur le site Lafarge ciment de m'sila durant le travail de ce mémoire.