



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des frères Mentouri Constantine

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département : Biologie et Ecologie Végétale

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم: بيولوجيا والبيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie Fondamentale et Appliquée

Intitulé :

**Contribution à l'évaluation de la qualité des rejets
liquides dans l'industrie cimentière : cas de l'unité
Djouad Tahar (Hamma Bouziane)**

Présenté et soutenu par : Boudjohra Abir

le : Septembre 2020

Mechenouai Yamina

Président du jury : BAZRI Kamel Eddine MCA UFM-Constantine 1

Rapporteur : SAHLI Leila MCA UFM-Constantine 1

Examineurs : Zaïmeche Saida MCB UFM-Constantine 1

Année universitaire

2019- 2020

Dédicaces



Je dédie ce mémoire à

A la lumière de ma vie et prunelle de mes yeux,

*A Ma chère mère « **Belkacemi Rahima** »*

Qui m'a énormément poussé et encouragé, qui m'a supporté tout au long de mes années d'étude, je ne pourrai jamais la remercier pour son aide et sa patience, toute ma reconnaissance et tout mon amour.

*A Mon cher père « **Mechenouai Mohammed** »*

Qui a le droit de recevoir mes chaleureux remerciements pour son courage et ses sacrifices,

de fournir les moyens nécessaires pour réaliser ce modeste travail.

*A Mon Cher frère «**Mohammed Said**»*

Qui a toujours été présent pour m'encourager et m'aider particulièrement.

A tous Les familles Mechenouai et Belkacemi

A Mes oncles et mes tantes

*A mon cher ami **Yaakob***

Qui croit en mes capacités et mon succès, aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, le courage et le sacrifice, la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré

A Mes amies, tout particulièrement :

***Tazir Zineb, Bensaadallah Loubna, Boutana Wissem,** et bien sur mon binôme **Boudjohra Abir** ..., merci pour vos conseils et vos encouragements et pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables.*

Mina.

Dédicaces



Gloire soit rendue à dieu tout puissant le très miséricordieux pour tous les bienfaits dont il m'a comblés et de m'avoir donné le courage et la force pour réaliser ce travail

*Avec le cœur plein de joie je dédie ce travail à mes chers parents en premier lieu Mon père **KHALED** (mon épaule solide), Ma mère **BECHIRI FATIHA** (LOUIZA mon bijoux), mes mots ne suffisent pas pour exprimer toute ma gratitude à votre égard.*

Vous m'avez comblée avec vos douâa, vos encouragements votre soutien tout au long de mon parcours d'étude et dans ma vie. Vous étiez là dans chaque pas que je faisais. Ma plus grande source d'inspiration aura été votre amour, et votre grande attention qui n'ont cessé de me donner le sourire et m'ont poussé à continuer en gardant la tête haute même lorsque je traversais des moments difficiles. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain, je ferai toujours de mon mieux pour que vous soyez fiers de moi.

J'espère être à la hauteur de la confiance que vous avez placée en moi.

Que dieu le tout puissant vous donne santé, bonheur, prospérité et longue vie, qu'il vous protège et vous garde toujours à mes côtés et qu'il me donne la force de vous combler à mon tour.

*A mes chère frères **Adleine, Imad** et **Alla**, vous m'avez toujours soutenue et encouragée de façon bien spéciale. Que dieu exhausse tous vos vœux.*

*A mes belles sœurs **Khadidja, Bessma**, merci à vous*

*A mes neveux et nièces **Mohamed, Mazen, Abrar, Mehdi** et **Aryeme**, mes anges, mon bonheur qui me confortent après une longue journée fatigante.*

*A la mémoire de mes grands-pères **Boudjoghra Ahmed, Béchiri Ahmed** et ma grande mère **Boudjoghra Yamina**. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.*

*A ma grande mère chérie **Béchiri Yamina**. Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur.*

À mes meilleurs amis **Bouldjedri Imene, Trifi Zeyneb**. Pour leurs encouragements, leurs soutiens. Je leurs remercie pour leurs amitiés chère à mon cœur

A mon amie d'enfance, ma sœur qui a été et elle l'est toujours à mes coté, **Wouroud**, je te souhaite tout le bonheur du monde. Toute mon affection pour ton admirable famille (**FAR**), aussi à la famille **Brachen**, que je remercie beaucoup.

A mon binôme **MECHENOUAI Yamina**, à mes amis et collègues de l'écologie Fondamentale et appliquée, merci pour vos conseils, pour vos encouragement, et pour votre sympathie, merci pour les bon moments qui ont rendus les jours et les années inoubliables.

Merci à toutes les personnes qui me sont chères, qui m'ont soutenu, encouragé, que j'ai omis de citer.

Abir.

Remercîment

Dieu merci pour la santé, la volonté le courage et la détermination qui nous ont accompagnées tout au long de la préparation et l'élaboration de ce travail et qui nous a permis d'achever ce travail.

Le présent travail est non seulement le résultat de notre courage, sacrifice, patience, mais aussi une participation de plusieurs personnes qui nous sont chères.

Nous tenons tout d'abord à adresser toute notre gratitude à notre encadreur **Mme, Sahli Leila**, Maitre de conférence classe «**A**» à l'université Frère Mentouri, Pour avoir orienté et enrichi notre travail. Vous nous avez fait confiance en acceptant de nous guidé dans la réalisation de ce travail. Nous la remercions profondément pour sa disponibilité, ses précieux conseils ainsi que son souci du détail, qui ont abouti à la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

A notre président de jury, **Mr BAZERI Kamel Eddine** Maitre de conférence classe «**A**» à l'université des Frères Mentouri, Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de présider notre jury. Qu'il nous soit permis de vous présenter à travers ce travail le témoignage de notre grand respect et l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nous adressons également notre reconnaissance à **Mme Zâimeche Saida** Maitre de conférence classe «**B**» à l'université des Frères Mentouri, de nous avoir également fait l'honneur d'accepter de participer au jury, d'examiner et de juger ce mémoire.

Nous adressons nos vifs et sincères remerciements à **Mr Tabechiche Kamel** pour son accueil chaleureux au niveau de l'unité de ciment Djouad Taher Hamma Bouziane. Qui a eu l'amabilité de répondre à nos questions et fournir les explications nécessaires ainsi que pour son aide et sa participation dans la collecte et le traitement des données.

Nous tenons à adresser un grand merci à tout le personnel du laboratoire régional de l'environnement à Zouaghi Slimane (ONEDD). Nous remercions chaleureusement **Mr Bousba Imed Eddine** pour sa disponibilité et l'aide précieuse qu'il nous a apportée tout au long de notre stage au sein du même laboratoire.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos enseignants du département de Biologie et Ecologie Végétale à l'Université des Frères Mentouri Constantine, en particulier nos enseignants de l'Ecologie Fondamental et Appliquée pour leur formation.

Pour finir, A tous ceux et celles qui nous ont aidé et encouragé de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire. Il nous serait difficile de les citer tous. Qu'ils trouvent ici, l'expression de notre reconnaissance.

Résumé

L'industrie cimentière, notamment celle de Djouad Tahar à Hamma Bouziane, rejette souvent des quantités considérables de rejets liquides provenant des différents processus de fabrication du ciment. Ces rejets contiennent des impuretés qui constituent un réel danger pour l'environnement, tels que les matières organiques et minérales, les métaux lourds (cuivre, plomb, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chrome, etc.), les huiles et les graisses, etc. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude relative à l'évaluation de la qualité des effluents liquides de la cimenterie Djouad Taher. Ainsi, un suivi trimestriel des paramètres suivants : pH, T, DBO₅, DCO, matières décantables, huiles et graisses, a été effectué durant la période allant du mois d'aout 2019 au mois de mars 2020.

Les résultats des analyses de ces paramètres physico-chimiques montrent de façon générale que, la température suit les variations saisonnières. Le pH et les matières décantables sont conformes aux normes pour les rejets liquides industriels de la cimenterie en question. Contrairement à ces derniers, nous avons enregistré des valeurs élevées dans le cas des huiles et graisses pour certaines périodes. Une telle situation est souvent attribuée à l'utilisation des lubrifiants pour éviter la casse, la corrosion ou bien la détérioration des machines. La DBO₅ élevée se traduit par la présence d'une grande quantité de polluants organiques dans les effluents liquides entraînant un développement de micro-organismes aérobies, provoquant une diminution de la concentration en oxygène dissous dans le milieu récepteur. Ainsi, les valeurs élevées en DCO relevées pour certaines périodes sont dues certainement à une absence d'oxygène ou encore à une quantité insuffisante de ce dernier nécessaire à l'oxydation.

Mots clé : Cimenterie Hamma Bouziane, rejets liquides industriels, paramètres physico-chimiques, normes de qualité.

Abstract

The cement industry, particularly Djouad Tahar, often releases considerable amounts of liquid discharges from the various cement manufacturing processes. These liquid discharges can contain impurities that pose a real danger to the environment, such as organic and mineral materials, heavy metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, etc.), oil and grease, etc.

It is in this context that our study on the assessment of the cement plant (Djouad Taher) liquid effluents quality was conducted. Thus, a quarterly monitoring of pH, Temperature, BOD₅, COD, decant materials, oil and grease, was carried out during the period from august 2019 to march 2020.

The results showed that temperature follows seasonal variations. The pH and decant materials meet the standards for industrial liquid discharges. Unlike these parameters, we have recorded high values for oils and grease for certain periods. This can be attributed to the use of lubricants to prevent breakage, corrosion or deterioration of machines. The high BOD₅ results reflect the presence of a large amount of organic pollutants in liquid effluents which contribute to the development of aerobic microorganisms, causing a decrease in dissolved oxygen concentration. Thus, the high COD values recorded are certainly due to a lack of oxygen or an insufficient amount for oxidation.

Keywords: Hamma Bouziane cement plant, industrial liquid discharges, physical-chemical parameters, quality standards.

الملخص

ان مصانع الاسمنت و بالأخص مصنع جواد الطاهر يقوم بصب كميات معتبرة من النفايات السائلة الناتجة عن عملية صناعة الاسمنت , هاته النفايات تحتوي على شوائب التي تشكل بدورها خطرا حقيقيا على البيئة, نأخذ كمثال المواد العضوية و المواد المعدنية, المعادن الثقيلة (النحاس والرصاص والزنك والنيكل والكاديوم والكوبالت والكروم, وغيرها....) وكذلك الزيوت والشحوم.

في هذا السياق يرتكز هذا العمل على تقييم نوعية و جودة النفايات السائلة الناتجة عن مصنع جواد الطاهر للإسمنت بحامة بوزيان , و كذلك على تتبع جودة المعايير الفيزيائية و الكيميائية كدرجة الحموضة (pH) الحرارة (T°), (DBO₅), (DCO) , المواد المترسبة , الزيوت و الشحوم و هذا كل ثلاثة اشهر من الفترة الممتدة من شهر اوث 2019 الى شهر مارس 2020.

تبين نتائج التحاليل لهاته المعايير الكيميائية و الفيزيائية بصفة عامة ان درجة الحرارة تتبع تغيرات موسمية , اما بالنسبة لدرجة الحموضة و المواد المترسبة فان النتائج تتوافق مع قيم القوانين الخاصة بالانسكاب الصناعي للإسمنت

وعكس هاته القيم الاخيرة فإننا سجلنا قيما مرتفعة لكل من الزيوت و الشحوم في فترات معينة و هذا الارتفاع في القيم يرجع الى استخدام زيت التشحيم من اجل منع تكسر, تآكل او تدهور حالة الآلات الصناعية

ارتفاع قيمة ال DBO₅ يدل على وجود كميات كبيرة من الملوثات العضوية في هاته النفايات السائلة مما يؤدي الى تطور البكتيريا الهوائية التي تسبب انخفاض تركيز الاكسجين المتحلل في الوسط المستقبل .

وبالتالي فإن ارتفاع قيمة ال DCO في فترات معينة يشير الى غياب الاوكسجين او عدم توفره بكميات كافية من اجل عملية الاكسدة.

الكلمات المفتاحية: مصنع الإسمنت حامة بوزيان، النفايات السائلة الصناعية، الجودة الفيزيائية والكيميائية، معايير الجودة.

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

Ag : Argent

Cd : Cadmium

CETIM : Centre d'Etudes et de services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de Construction

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

ERI : Eaux Résiduaires Industriels

ERU : Eaux Résiduaires Urbaines

FAO: Food and Agriculture Organisation

G.I.C.A : Groupe Industriel des ciments D'Algérie

H : Hydrogène

HCl : Acide Chlorhydrique

Hg : Mercure

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

MES : Matières En Suspension

MMS : Matière Minérale en Suspension

MVS : Matière Volatile en Suspension

Ni : Nickel

O₂ : Oxygène

OMS : Organisation Mondial de la Santé

ONEDD : Observation Nationale de l'environnement et du Développement Durable

ONS : Office National des Statistique

S.C.H.B : Société des Ciments de Hamma Bouziane

SNMC : Société National des Matériaux de Construction

Zn : zinc

Liste des figures

Figure 1 : Localisation géographique de la cimenterie Djouad Taher-Hamma Bouziane	13
Figure 2 : Schéma représentatif de l'organisation de la cimenterie Djouad Taher.	14
Figure 3 : Schéma représentatif du processus de fabrication du ciment par voie sèche (Charron, 2008).	15
Figure 4 : La carrière d'extraction de la matière première à ciel ouvert	16
Figure 5 : Four rotatif de cuisson de la cimenterie Hamma Bouziane	17
Figure 6 : Calendrier du suivi temporel de la qualité des rejets liquides de la cimenterie Djouad Taher (Hamma Bouziane).	18
Figure 7 : Localisation du regard final au niveau de l'unité SCHB.	19
Figure 8 : pH mètre WTW 720, type InoLab.	21
Figure 9 : Schéma du processus de détermination de la DCO.	22
Figure 10 : DBO mètre OxiTop.	22
Figure 11 : Schéma descriptif de la décantation par le cône d'Imhoff.	23
Figure 12 : Appareil rota vapeur pour le dosage des huiles et graisses.	23
Figure 13 : Variation temporelle de la température des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020)	25
Figure 14 : Variation temporelle du pH des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).	26
Figure 15 : Variation temporelle de la matière décantable des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).	28
Figure 16 : Variation temporelle des huiles et des graisses des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).	29
Figure 17 : Variation temporelle de la DBO5 des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020)	30
Figure 18 : Variation temporelle de la DCO des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeurs limites et seuils de tolérance des paramètres de rejets d'effluents industriels (JORA, 2006)	10
Tableau 2 : Tolérance a certaines valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels selon les catégories d'installation (industries de minerais non métalliques : ciment, plâtre et chaux), (JORA, 2006)	11
Tableau 3 : Réactifs utilisés pour la conservation des échantillons	20
Tableau 4 : Résultats des paramètres physico-chimiques des effluents liquides de la cimenterie Hamma Bouziane	24

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les eaux résiduaires 3

1.1. Définition des eaux résiduaires 3

1.2. Origines des polluants et types de pollution industrielle 3

1.2.1. Pollution physique 3

1.2.1.1. Pollution mécanique 3

1.2.1.2. Pollution thermique 3

1.2.1.3. Pollution radioactive 4

1.2.2. Pollution chimique 4

1.2.2.1. Pollution organique 5

1.2.2.2. Pollution minérale 5

1.3. Paramètres de mesure de la pollution des eaux résiduaires 5

1.3.1. Les paramètres organoleptiques 5

1.3.1.1. La couleur 5

1.3.1.2. L'odeur 5

1.3.2. Les paramètres physiques 6

1.3.2.1. La température 6

1.3.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)	6
1.3.2.3. La turbidité	6
1.3.2.4. Les matières en suspension (MES)	6
1.3.2.5. La matière volatile en suspension	6
1.3.2.6. La matière minérale	6
1.3.2.7. La matière décantable et non décantable	7
1.3.3. Les paramètres chimiques	7
1.3.3.1. Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅)	7
1.3.3.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO)	7
1.3.3.3. Métaux lourds	7
1.4. Procédés de traitements des eaux usées industrielles	8
1.5. Impacts de la pollution des eaux résiduaires industrielles	8
1.5.1. Impacts sur l'environnement	8
1.5.1.1. Impacts sur le sol	8
1.5.1.2. Impacts sur les eaux souterraines	9
1.5.1.3. Impacts sur les eaux superficielles	9
1.5.2. Impacts sur la santé humaine	9
2. Normes algériennes relatives à la qualité des rejets liquides industriels	9
Chapitre 2 : Matériel et méthodes	
1. Présentation de l'établissement d'accueil (cimenterie Hamma Bouziane)	12
1.1. Historique	12
1.2. Localisation	12
1.3. Climat et végétation	13
1.4. Hydrographie	14
1.5. Organisation de la direction générale	14
1.6. Processus de fabrication du ciment	15
1.6.1. Préparation des matières premières	15

1.6.1.1. Extraction des matières premières	15
1.6.1.2. Préparation du mélange cru	16
1.6.2. Cuisson	16
1.6.3. Broyage du ciment	17
1.6.4. Expédition	18
2. Durée et lieu du stage	18
3. Nature, mode de prélèvement et conservation des échantillons	19
3.1. Nature et mode de prélèvement	19
3.2. Conservation des échantillons	20
4. Mesures des paramètres physico-chimiques	20
4.1. Température(C°)	20
4.2. Potentiel hydrogène(pH)	21
4.3. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)	21
4.4. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅)	22
4.5. Les matières décantables	23
4.6. Les huiles et graisses	23
Chapitre 3 : Résultats et discussion	
1. Paramètres physiques	25
1.1. Température	25
1.2. Potentiel hydrogène (pH)	26
1.3. Matières décantables	27
1.4. Huiles et graisses	28
2. Paramètres chimiques	30
2.1. Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅)	30
2.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO)	31
Conclusion et perspectives	
Références bibliographiques	

INTRODUCTION

L'Algérie a connu une croissance économique significative pendant les 40 dernières années, qui a été marquée par un développement important de l'industrie. En conséquence, de nombreuses industries ont été construites. Ces dernières sont dans la plupart des cas implantées dans le nord du pays, près des grandes zones urbaines. Néanmoins, la notion de développement durable n'a pratiquement pas été prise en compte lors de la construction, l'installation et la mise en marche de ces dernières. Les technologies ont été choisies exclusivement en fonction du critère de productivité et très souvent au dépend de la détérioration de l'environnement. L'Algérie doit donc faire face aujourd'hui à un grave problème de pollution. L'industrie, et plus concrètement le secteur des mines et des industries pétrochimiques, chimiques et métallurgiques, est le principal responsable de la pollution de l'environnement en Algérie (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre-CAR/PP, 2008).

Le ciment est le matériau de base utilisé pour la construction de bâtiments et d'ouvrages de génie civil. Avec le boom du logement enregistré par l'Algérie, depuis 1999, l'industrie du ciment a connu un essor considérable lui permettant d'être au centre de l'intérêt. Depuis quelques années, les niveaux de production ont nettement évolué et les acteurs de la filière redoublent d'efforts en vue d'assurer un approvisionnement suffisant et régulier du marché national, afin de mettre un frein aux importations de ce matériau très demandé, et à très court terme cesser toute importation. La consommation nationale se situe aujourd'hui à plus de 23 millions de tonnes annuellement, et la demande va continuer d'augmenter pour atteindre 28 millions de tonnes durant l'année 2020. L'offre, quant à elle, était aux alentours de 25 millions de tonnes en 2017 par exemple. Année durant laquelle l'offre a excédé la demande, grâce à l'entrée en production des investissements engagés par le Groupe Industriel des Ciments d'Algérie (GICA) ainsi que l'entrée en activité de plusieurs nouvelles cimenteries réalisées par des opérateurs privés (Bahamid, 2017).

L'industrie cimentière, notamment celle de Djouad Tahar, rejette souvent des quantités considérables de rejets liquides provenant des différents processus de fabrication du ciment. Ces rejets contiennent des impuretés qui constituent un réel danger pour l'environnement, tels que les matières organiques et minérales, les métaux lourds (cuivre, plomb, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chrome, etc.), les huiles et les graisses, etc. La surveillance de la qualité des rejets liquides de ce type d'industrie s'avère ainsi indispensable aussi bien à long qu'à court terme.

C'est dans cette optique que nous avons orienté notre étude relative à l'évaluation de la qualité des effluents liquides industriels de la cimenterie Djouad Tahar, (Hamma

Bouziane) durant la période allant du mois d'aout 2019 au mois de mars 2020 et en collaboration avec le laboratoire régional de l'environnement-ONEDD (Constantine). L'objectif principal du présent travail est le suivi dans le temps de la qualité de ces rejets *via* une caractérisation physico-chimique. Ainsi plusieurs paramètres ont été déterminés tel que : le pH, la Température, la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières décantables, et les huile et graisse.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre dans lequel sont données les notions de base relatives aux eaux usées résiduaires, aux principaux types de polluants, leur origine ainsi que les différents paramètres de mesure de la pollution, et de leurs impacts sur la santé humaine et/ou l'environnement.

Le deuxième chapitre présente l'établissement d'accueil (cimenterie Hamma Bouziane), sa localisation, le climat et la végétation, ainsi que les procédés de fabrication du ciment au niveau de l'industrie. Dans ce même chapitre, sont aussi décrits les différentes méthodes et appareils utilisés pour la mesure et la détermination des différents paramètres physico-chimiques pris en considération lors de cette étude.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus, leur interprétation, leur discussion ainsi que leur confrontation aux normes aussi bien nationales qu'internationales.

Auparavant, **une introduction** permettant de cerner la problématique est présentée au début du document, et **une conclusion et des perspectives** à la fin du présent manuscrit.

CHAPITRE I :
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur les eaux usées résiduaires :

1.1. Définition des eaux résiduaires :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre en plus des matières organiques azotées ou phosphatées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures (El Rhazi et Habib, 2007).

Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement :

- soit, ils sont directement rejetés dans le réseau domestique,
- soit, ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique,
- soit, ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

1.2. Origine des polluants et types de pollution industrielle

Les eaux résiduaires industrielles sont spécifiques par leur volume et leur composition. On distingue trois types de pollution :

1.2.1. Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermiques dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure de nombreux pays (Djilani, 2006). Selon la cause et la nature du polluant, cette pollution peut être mécanique, thermique ou radioactive (Mizi, 2006 ; Galaf et Ghannam, 2003).

1.2.1.1. Pollution mécanique

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportées par les eaux résiduaires industrielles (ERI). Ces polluants sont soit des éléments grossiers, soit du sable ou bien des matières en suspension (Mekhalif, 2009). Cette pollution est souvent due à une charge importante des eaux en éléments en suspension (particules de charbon, d'amiante, de silice, de sable, de limon, etc.) provenant d'effluents industriels ou d'eaux usées de carrières, ou de chantiers divers (Nayamsi-Tchatcho, 2004).

1.2.1.2. Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermique, nucléaires, raffineries, aciéries, etc.) ont une température

de l'ordre de 70 à 80°C. Cette température diminue jusqu'à 40 voire 45°C lorsqu'elle se retrouve en contact avec les eaux des milieux aquatiques entraînant ainsi un réchauffement de l'eau et donc une modification des caractéristiques physico-chimiques du milieu notamment la solubilité de l'oxygène (Mizi, 2006 ; Mekhalif, 2009).

On parle de pollution thermique lorsque l'eau chaude produite au cours de certains processus industriels est rejetée dans la nature. De nombreuses industries comme les centrales qui utilisent de la vapeur pour produire de l'électricité, pompent de l'eau pour refroidir leurs installations. L'eau devenue chaude est ensuite légèrement refroidie avant d'être rejetée dans le milieu naturel (Berg et al. 2009 ; Dekhil, 2012).

1.2.1.3. Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Ces rejets contiennent des atomes d'isotopes instables qui émettent spontanément une radiation. Les substances radioactives se retrouvent dans l'eau par différentes sources comme l'exploitation de minière et la transformation de minerais radioactifs notamment ceux de l'uranium et le thorium. De nombreuses industries utilisent des substances radioactives, bien que les centrales nucléaires et l'industrie de l'armement en emploient le plus. Les services des recherches médicales et scientifiques en consomment également (Berg et al. 2009).

1.2.2. Pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) éléments indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Elle peut être d'origine organique et/ou minérale. Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'ampleur de cette pollution à savoir :

- les paramètres globaux qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps tels que le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la demande chimique en oxygène (DCO), etc.
- les paramètres spécifiques qui caractérisent un composé particulier ou plusieurs, de propriétés chimiques semblables (Djilani, 2006).

1.2.2.1. Pollution organique

Il s'agit d'effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables) rejetés par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous des eaux dans lesquelles ils sont rejetés, entraînant par conséquent la mort des poissons par asphyxie et le développement d'une fermentation anaérobie génératrices de nuisances olfactives (Mekhalif, 2009)

1.2.2.2. Pollution minérale

Elle est constituée essentiellement de métaux lourds (plomb, cuivre, fer, zinc, mercure, etc.), en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais (Benelmouaz, 2015).

1.3. Paramètres de mesure de la pollution des eaux résiduaires

L'estimation de la pollution industrielle est un problème complexe et délicat, qui fait appel à des dosages et des tests de différents paramètres, servant à caractériser de manière globale et pertinente, le niveau de la pollution présente dans les effluents (Koller, 2004 ; Botta et Bellon, 2001). Parmi ces paramètres on cite les plus importants :

1.3.1. Les paramètres organoleptiques

1.3.1.1. La couleur

La couleur des eaux résiduaires industrielles (ERI) est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes (Botta et Bellon, 2001 ; Mizi, 2006).

1.3.1.2. L'odeur

Les odeurs proviennent généralement des substances volatiles. Un changement anormal ou une apparition d'une odeur sont la caractéristique d'une dégradation de la qualité qui est souvent le précurseur d'une pollution. Les paramètres d'odeurs disposent d'une référence de qualité pour les eaux d'alimentation et les eaux brutes. Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur de moisi (Bordet, 2007).

1.3.2. Les paramètres physiques

1.3.2.1. La température

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme et la croissance des microorganismes vivants dans l'eau (Botta et Bellon, 2001).

1.3.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est la mesure de la concentration des ions H⁺ contenus dans l'eau ou une matrice liquide. Une eau est acide lorsque son pH est inférieur à 7, et alcaline lorsque son pH est supérieur à 7 (Gaujous, 1999).

1.3.2.3. La turbidité

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle traduit la présence des matières en suspension (Vilaginés, 2005).

1.3.2.4. Les matières en suspension (MES)

Exprimée en mg par litre, ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau. Les MES sont responsables d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau. Ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques (Regsek, 2002).

1.3.2.5. La matière volatile en suspension

Elle représente environ 70% des MES, et est constituée par la fraction organique volatile des MES (Laabassi, 2016).

1.3.2.6. La matière minérale

Elle représente le résultat d'une évaporation totale de l'eau, et est constituée à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures et les phosphates (Laabassi, 2016).

1.3.2.7. La matière décantable et non décantable

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires, et les matières non décantables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigées vers les procédés biologiques (Gaid ,1984).

1.3.3. Les paramètres chimiques

1.3.3.1. Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader, par oxydation et par l'intervention des bactéries aérobies, les matières organiques de l'eau usée. Elle s'exprime en mg d'O₂/L. Par convention, la DBO₅ est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à une température de 20°C (Bourier, 2008). Plus la valeur de la DBO₅ est faible, plus est meilleure la qualité de l'eau (Anonyme, 2003).

1.3.3.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la quantité totale de la pollution oxydable. Elle correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir, grâce à des réactifs chimiques puissants, pour oxyder les matières contenues dans les effluents (Badai-Gondard, 2003 ; Rodier, 2009). Elle est exprimée en mg/L, d'oxygène équivalant à la quantité de dichromate consommée par la matière dissoute et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme (Regsek, 2002).

1.3.3.3. Métaux lourds

Les métaux lourds sont des micropolluants de nature à entraîner les nuisances quand ils sont rejetés en quantité très faibles. Leur toxicité se développe par bioaccumulation. D'ailleurs, de petites quantités mesurées en microgrammes par litre, sont souvent compensées par un effet de volume compte tenu de l'importance des débits d'eau. L'industrie est responsable de la quasi-totalité des rejets de métaux lourds dans l'eau (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement-MATE, 2000).

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses

(traitements de surface, galvanoplastie, hydrométallurgie, industries minières, chimique, pétrochimique, pharmaceutique, etc.) (Keck et vernus, 2000).

1.4. Procédés de traitements des eaux usées industrielles

L'épuration des eaux se fait selon des processus complexes et doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée (Koller, 2009). Chaque étape de traitement est spécifique et permet la réduction du degré de pollution. Ainsi, le prétraitement assure l'élimination des MES, des graisses, des huiles, du sable, des argiles et les gravillons. L'épuration physico-chimique permet l'élimination de la pollution colloïdale (MES fines), hydrocarbures en émulsion mécanique et chimique. Alors que les deux types d'épuration biologique et tertiaire assurent l'élimination de la pollution dissoute biodégradable, l'amélioration de l'élimination de l'azote, le phosphore, et les mauvaises odeurs. Elles permettent aussi de satisfaire les normes de rejets, en particulier par rapport à ces paramètres : MES, DCO, DBO, pH, l'azote et le phosphore dans les milieux récepteurs (Berne et Cordonnier, 1991).

1.5. Impacts de la pollution des eaux résiduaires industrielles :

Les eaux résiduaires industrielles sont très différentes des eaux usées domestiques et leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir des produits toxiques, des solvants des métaux lourds, etc. Le rejet des eaux résiduaires industrielles dans les eaux de surface provoque une dégradation de leur qualité. En effet, les substances toxiques peuvent avoir de graves conséquences sur les milieux aquatiques.

1.5.1. Impact sur l'environnement :

1.5.1.1. Impact sur le sol :

Les impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont : la salinisation, l'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol, l'accumulation d'éléments potentiellement toxiques, et l'accumulation de nutriments (Food and Agriculture Organisation-FAO, 2003).

1.5.1.2. Impact sur les eaux souterraines :

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des eaux usées est possible par l'infiltration de ces dernières (FAO, 2003). La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être également dégradée par l'infiltration des eaux usées à travers le sol, qui permet la migration des polluants présents dans ces eaux usées vers les eaux souterraines (Office National des Statistique- ONS, 2017 ; Benkaddour, 2018).

Selon les différentes études réalisées sur la pollution par la cimenterie Hamma Bouziane, notamment les dernières effectuées par le laboratoire de toxicologie du CHU de Constantine, il a été démontré que les nappes phréatique qui alimentent les puits et les sources en eau potable sont riche en nitrates (Laboratoire de Toxicologie-CHU-Constantine, 2010).

1.5.1.3. Impact sur les eaux superficielles

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, et de la qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable (Baumont et al. 2004).

1.5.1.4. Impact sur la santé humaine :

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites) et des éléments toxiques potentiellement dangereux pour la santé humaine. L'organisation mondiale de la santé-OMS (2000), considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développements et l'élaboration de normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé.

2. Normes algériennes relatives à la qualité des rejets liquides industriels

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.

En Algérie, il existe une réglementation nationale définissant la qualité des rejets industriels et fixant les valeurs limites quant aux différents paramètres physico-chimiques ou encore biologiques ; il s'agit du décret exécutif n° 06-141 du journal officiel du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites ainsi que les seuils de tolérance des rejets d'effluents liquides industriels. Ces dernières sont récapitulées dans les tableaux 01 et 02.

Tableau 01 : Valeurs limites et seuils de tolérance des paramètres de rejets d'effluents industriels (JORA, 2006).

Paramètres	Unité	valeurs limites	Tolérance aux limites (anciennes installation)
Température	C°	30	30
pH	-	6,5-8,5	6,5-8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	"	30	40
Phosphore total	"	10	15
DCO	"	120	130
DBO5	"	35	40
Aluminium	"	3	5
Sub toxique bio-accumulables	"	0,005	0,01
Cyanures	"	0,1	0,15
Fluors et composés	"	15	20
Indice de phénols	"	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	"	10	15
Huiles et graisses	"	20	30
Cadmium	"	0,2	0,25
Cuivre total	"	0,5	1
Mercure total	"	0,01	0,05
Plomb	"	0,5	0,75
Chrome total	"	0,5	0,75
Etain total	"	2	2,5
Manganèse	"	1	1,5
Nickel total	"	0,5	0,75
Zinc total	"	3	5
Fer	"	3	5
Composé organiques chloré	"	5	7

Tableau 02 : Tolérance a certaines valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels selon les catégories d'installation (Industries de minerais non métalliques : ciments, plâtre et chaux), (JORA, 2006).

Paramètres	Unité	valeurs limites	Tolérance aux limites (anciennes installation)
Température	C	30	30
pH	-	5,5-8,5	5,5-8,5
DCO	mg/l	80	120
Matières décantable	"	0,5	1
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2
Chrome	"	0,1	0,1
Cobalt	"	0,1	0,1
Cuivre	"	0,1	0,3
Nickel	"	0,1	0,5
Zinc	"	2	5

**CHAPITRE II:
MATERIEL
ET
METHODES**

1. Présentation de l'établissement d'accueil (cimenterie Hamma Bouziane) :

1.1. Historique

Dès l'indépendance l'état a investi pour la région Est du pays par la construction d'une unité de production du ciment. Dans le cadre de la réalisation de ce nouveau projet, la société National des Matériaux de Construction (SNMC) a fait appel à la société française Creusot loir en 1974 pour compléter la nouvelle unité de production de ciment à Constantine. En janvier 1975, un contrat a été signé entre la SNMC et l'entreprise française pour la construction de la cimenterie. La durée estimée des travaux de construction était 35 mois. Les travaux ont été lancés le 15 novembre 1975 et se sont achevés le 15 juillet 1981, et l'unité a été accomplie à un coût estimé à 82 000 000 Da. En février 1982, le processus de production a commencé, et la cimenterie a été nommée Djouad Tahar.

L'unité de production "Société des Ciments Hamma Bouziane (SCHB)" est l'une des unités qui font partie du Groupe Industriel de Ciment d'Algérie GICA possédant une capacité nominale de 3000 tonne/j de clinker destiné essentiellement à la fabrication du ciment CPA400, CPA325 et éventuellement CPAC (pouzzolane). L'unité de Hamma Bouziane SCHB produit 1.000.000 T de ciment par an.

Depuis 2007, la Société des ciments de Hamma Bouziane, s'est engagée dans une démarche de qualité ayant pour objectif de satisfaire les attentes de ses clients. La direction de SCHB a opté à mettre en place et à maintenir une démarche intégrée d'amélioration de la qualité, et dans le strict respect de l'environnement, conformément aux référentiels ISO9001 version 2008 et ISO14001 version 2015.

Ladite cimenterie utilise un procédé économique de type "voie sèche", et l'usine est implantée sur trois niveaux : un premier niveau pour la pré-homogénéisation, un second niveau où sont groupés les équipements du ciment, un troisième niveau plateforme essentiellement à l'ensachage, l'expédition et le stockage des ajouts.

1.2. Localisation

L'unité de production sise à la commune Hamma Bouziane-Constantine (Figure 01), est située à 10 km à l'Est de la ville en bordure d'un axe routier très important (route Nationale N°03). Elle est implantée sur une superficie de 339,6 hectares dans une zone riche en matière première ; il s'agit de Djebel Salah situé à 2 km de l'unité.

L'unité est constituée de différents bâtiments administratifs et différents ateliers de production et de stockage. Elle occupe un emplacement stratégique à proximité avec le réseau public de communication.



Figure 01 : Localisation géographique de la cimenterie Djaoud Tahar-Hamma Bouziane. (Google Earth).

1.3. Climat et végétation

La willaya de Constantine se caractérise par un climat Continental. Les températures varient généralement entre 25°C et 40°C en été et de 0°C à 12°C en hiver. La pluviométrie varie dans l'espace et dans le temps ; la moyenne étant de 500 à 700 mm.

La région de Constantine est soumise à l'influence de deux types de vents, ceux du nord-ouest et du nord et ceux du sud. Le premier type est le plus dominant et est fréquent en hiver. Le second type connu sous le nom du Sirroco, vent sec et chaud souffle surtout en été.

La commune de Hamma Bouziane possède un climat méditerranéen chaud avec un été sec caractérisé par une température moyenne de l'ordre de 15.3°C et des précipitations qui sont en moyenne de l'ordre de 502 mm.

La couvert végétal dépend de plusieurs paramètres tel que : le climat, les reliefs, et l'activité humaine. Globalement, la région d'étude est caractérisée par des cultures maraichères, des arbres fruitiers, des oliviers, et quelques petits endroits boisés.

A cause de la nature très caillouteuse des sols, le couvert végétal est presque absent sur Djbel Salah et Kelal.

1.4. Hydrographie

La plaine de Hamma appartient au bassin versant d’oued El Rhumel, dont les principaux affluents, présents dans le secteur d’étude sont : oued El Hamma prenant naissance au pied de Djbel Kelal. Il est alimenté par les sources d’Ain Skhoua et Ain Hamma Zouaoui, situées au Nord-Ouest de Djbel Salah selon une direction SE-NO qui devient SO-NE au Nord du Hamma, et oued Zied (SE de Djbel Salah) et l’oued El Annka (au NE), ont respectivement un sens d’écoulement Sud vers l’oued El Rhumel et NO vers l’oued El Hamma.

Par ailleurs, de nombreuses sources surgissent au sein des formations mio-pliocènes recouvrent les piémonts des massifs (Centre d’Etudes et de services Technologiques de l’Industrie des Matériaux de Construction-CETIM, 2016).

1.5. Organisation de la direction générale :

L’organisation adoptée par l’entreprise est une organisation fonctionnelle et répartie selon des critères fonctionnels illustrés par la (Figure 02).

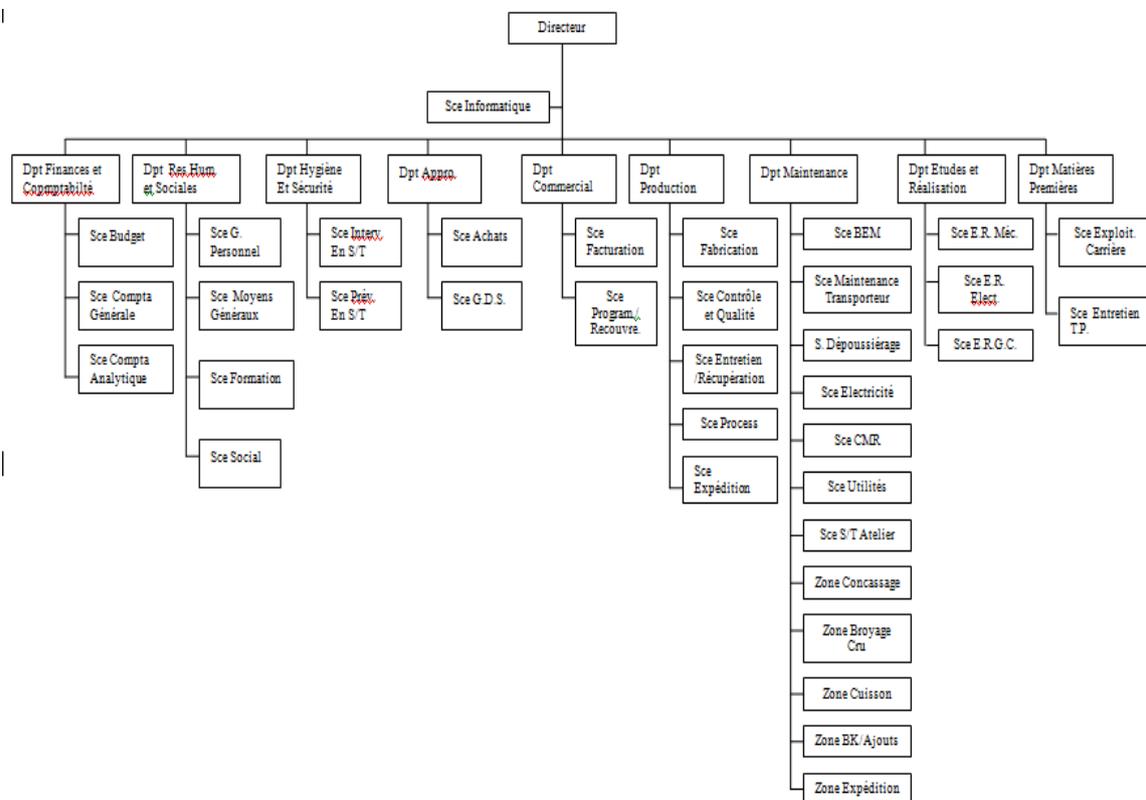


Figure 02 : schéma représentatif de l’organisation de la cimenterie Djouad Taher.

1.6. Processus de fabrication du ciment :

Le ciment est fabriqué à partir de la pierre calcaire mélangée à de l'argile. Les matières premières sont préparées et homogénéisées sous forme de poudre sèche selon le procédé par voie sèche employé au niveau de ladite industrie. Le produit est clinkérisé dans des fours tournants. Le clinker est ensuite broyé avec des matières d'ajouts : gypse, laitier hydraulique, etc. variant avec la qualité du ciment fabriqué. Pour produire une tonne de ciment, quelque 2,8 tonnes de matières premières et de clinker doivent être réduites à l'état de poussières. Cette transformation est l'un des facteurs de pollution de l'environnement. La fabrication du ciment se fait en quatre phases : la préparation des matières premières, la cuisson, le broyage, et l'expédition (Figure 03).

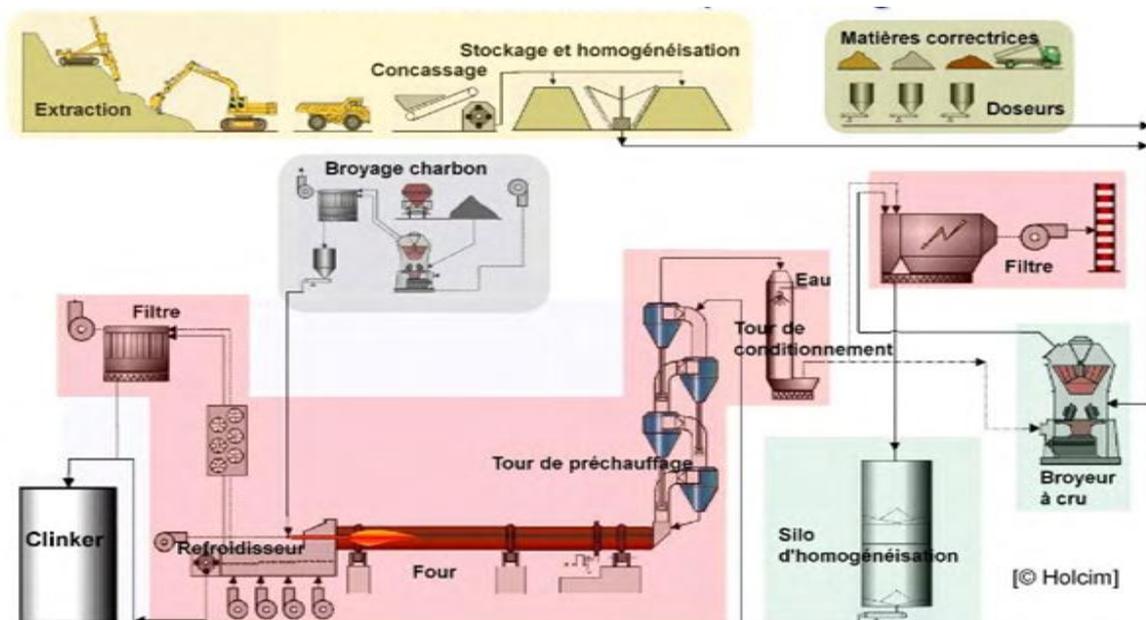


Figure 03 : Schéma représentatif du processus de fabrication du ciment par voie sèche (Charron, 2008).

1.6.1. Préparation des matières premières

1.6.1.1. Extraction des matières premières

Les matières premières sont extraites de la carrière à ciel ouvert (Figure 04). Le calcaire est extrait par abattage en grande quantité au moyen d'explosifs et l'argile à l'aide des pelles mécaniques. Cette argile peut être de couleur brune ou rouge. Le transport de cette matière se fait par camion jusqu'au concasseur. Le concassage a pour rôle de ramener le calcaire à une granulométrie de 25 mm.



Figure 04 : La carrière d'extraction de la matière première à ciel ouvert (Tabchiche, 2020).

1.6.1.2. Préparation du mélange cru

Après concassage, les matières premières transportées de la carrière à l'aide d'un transporteur de 1,2 km de long sont soigneusement dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière. Ce mélange comprend : 75% de calcaire, 12,5% d'argile rouge, et 12,5% d'argile brune. Un deuxième mélange est effectué, il est composé de 99% de matière première (mélange précédant), et 1% de minerai de fer.

Pour obtenir un mélange parfaitement homogène des constituants et permettre les réactions ultérieures, les matières premières sont très finement broyées dans des broyeurs rotatifs à boulets fortement blindés. Les corps broyant qui travaillent par choc sont constitués de boulets d'acier ou de fonte dure. Les produits de carrière sont séchés, broyés, dosés et homogénéisés après contrôle. La poudre crue ainsi obtenue est stockée en attente d'utilisation ; elle sera introduite directement au four.

1.6.2. Cuisson :

La Clinkerisation s'effectue à une température de 1450°C. Cette opération a lieu dans l'atelier de cuisson composé d'un préchauffeur à deux lignes de cyclons et four rotation (Figure 05). La matière dosée et finement broyée et stockée dans le silo d'homogénéisation, acheminée par suppresseur vers le préchauffeur pour être préparée pour la cuisson. Chaque ligne de préchauffeur présente des cyclones jumelés au 1^{er} étage afin d'assurer une séparation efficace de la farine des gaz de sortie. La farine crue introduite contient encore 1% d'humidité. Séparée des gaz à chaque traversé de cyclone, la matière est à chaque fois réinsérée à l'étage suivant et reprise par des gaz de plus en plus chaud.

Le four rotatif est constitué d'un cylindre en acier de chaudière (Figure 05), animé d'une vitesse réglable lente (0.67 à 2 tr/mn). Ce tube appelé aussi virole repose par l'intermédiaire de bandage, au nombre de trois, sur des galets, il est revêtu à l'intérieur de briques réfractaires qui protègent les tôles de température élevées (1850°C pour les gaz et 1450°C pour la matière).

Un groupe d'entraînement donne au four le mouvement de rotation nécessaire, à la fois au brassage de la matière et à la descente régulière de celle-ci de la zone amont (zone de décarbonatation) à la zone aval (zone de clinkerisation).

A la sortie, les granules incandescents sont refroidis rapidement au contact de l'air injecté dans des tubes, ce qui permet de leur donner les structures cristallographiques optimales. Au cours de la cuisson dans le four, les composants subissent des réactions chimiques successives, qui les transforment en clinker.



Figure 05 : Four rotatif de cuisson de la cimenterie Hamma Bouziane

(Photo prise le : 27/02/2020).

1.6.3. Broyage du ciment :

Le ciment doit être finement broyé pour obtenir une matière qui réagira au contact de l'eau. Les broyeurs à ciment sont des cylindres tournants. Les corps broyant sont constitués de boulets d'acier et de "cyclopes" qui, par choc, font éclater les grains de clinker et progressivement, amènent le ciment à l'état de fine farine, ne comportant que très peu de grains supérieurs à 80 μm . Des distributeurs automatiques assurent un dosage défini et constant des éléments qui doivent entrer dans la composition. Le ciment fini est constitué de clinker + gypse (5 à 7% destiné à assurer la régularité de la prise) + des produits d'addition (laitier de haut-fourneau, cendres volantes, calcaire, fumée de silice).

A la suite du broyeur, le ciment est transporté mécaniquement vers les silos ou il est stocké en attente d'expédition.

1.6.4. Expédition :

Le ciment est expédié du broyeur au stockage et stocké dans des silos d'une capacité de stockage de 1000 Tonne. L'alimentation des silos est prévue pour être réalisée au choix par l'un ou l'autre des deux broyeurs à ciment. L'extraction est réalisée par fluidité des fonds des silos et un ensemble d'aéroglesseurs l'acheminement vers les ensacheuses et les postes de chargement en vrac.

2. Durée et lieu du stage

Notre stage pratique a été effectué au niveau de la cimenterie Djouad Taher, Hamma Bouziane et en parallèle dans le laboratoire régional de l'environnement (Observation National de l'Environnement et du Développement Durable-ONEDD) à Zouaghi Slimane, et à durée à deux semaines (de la fin du mois de février 2020 au début du mois de mars 2020). En effet, nous étions dans l'obligation d'arrêter notre stage compte tenue de la situation actuelle du pays et du monde entier ; la pandémie COVID-19.

Notre stage à la cimenterie nous a permis de découvrir les étapes de la fabrication du ciment, et aussi l'origine des effluents liquides qui viennent principalement du circuit de refroidissement, mais aussi du laboratoire de la qualité du ciment et de l'usage quotidien de l'eau (cuisine, sanitaires, etc.). Le stage été aussi une occasion de voir le monde des laboratoires (ONEDD) où nous avons effectué les analyses physico-chimiques afin d'assurer un suivi de tous les paramètres définissant la qualité des eaux résiduaires de cette cimenterie. Notons que le suivi de la qualité des effluents liquides au niveau de cette industrie se fait chaque trois mois. Dans le cadre de cette étude, nous avons pris en considération le mois d'août 2019, décembre 2019 et mars 2020 (Figure 06).

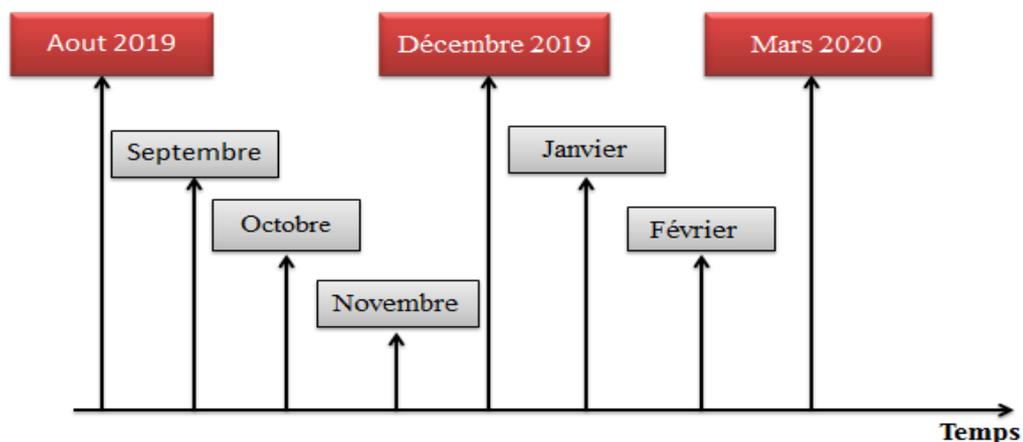


Figure 06 : calendrier du suivi temporel de la qualité des rejets liquides de la cimenterie Djouad Taher (Hamma Bouziane).

3. Nature, mode de prélèvement et conservation des échantillons :

3.1. Nature et mode de prélèvement :

Lors de notre stage, nous nous sommes intéressés aux effluents d'eau résiduaire de la cimenterie Djouad Taher à Hamma Bouziane ; en effet, ces derniers ont été caractérisés sur le plan physico-chimique. Le suivi de la qualité de ces eaux se fait chaque trois mois selon un programme bien défini et établi au préalable par l'industrie.

Les eaux résiduaires ont été prélevées au niveau des rejets finaux (regards fermés ou à ciel ouvert) de l'unité (Figure 07), à l'aide d'un seau en inox ou avec une canne de prélèvement (tige longue attaché à un flacon en polyéthylène (PET) à large col).

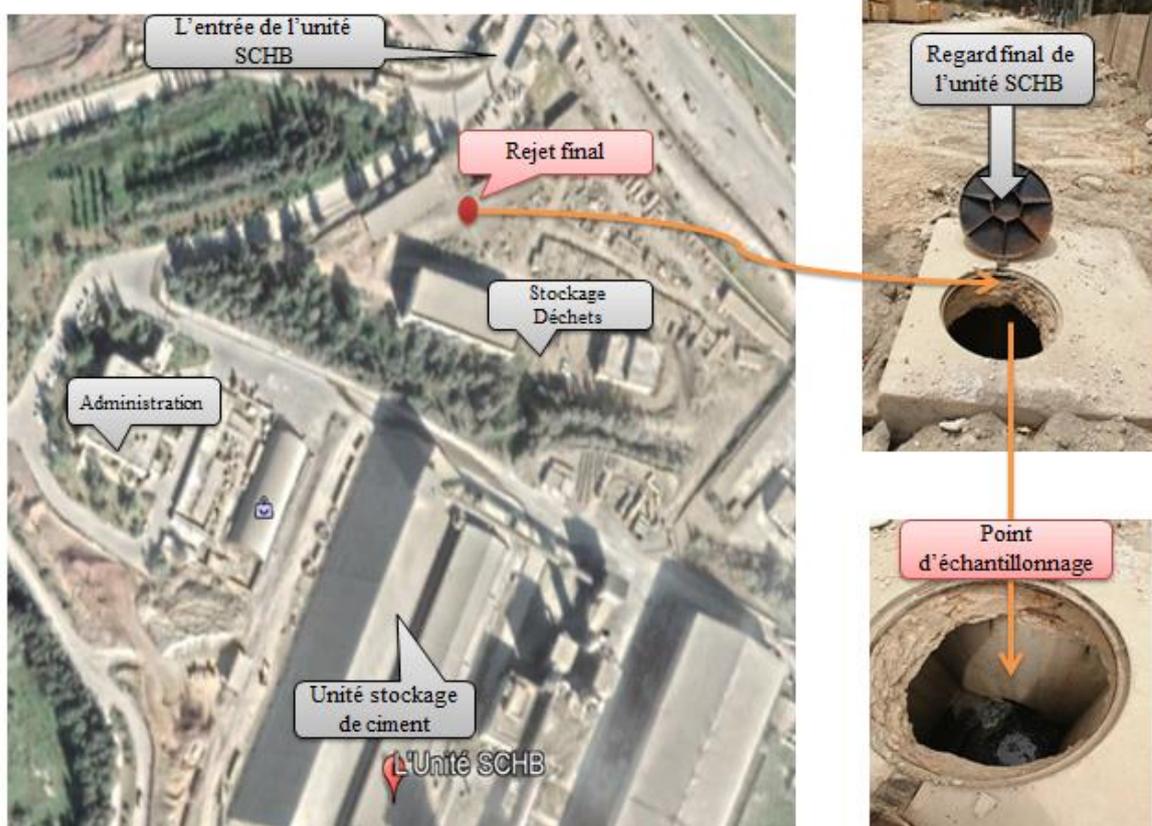


Figure 07 : localisation du regard final au niveau de l'unité SCHB

(Photo prise le : 13/08/2020).

Le matériel d'échantillonnage doit être de préférence constitué d'un matériau inerte non susceptible de perturber les analyses effectuées sur l'échantillon. Avant de commencer le prélèvement, il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau et du détergent puis le rincer à l'eau. Aussi, lors de l'échantillonnage, il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles qui visent à faire un flaconnage correct et un étiquetage précis afin d'assurer une conservation et traçabilité des échantillons.

Ainsi, les prélèvements ont été effectués dans des flacons en verre ou PET bien propre en fonction des paramètres recherchés. Les flacons sont par la suite fermés, étiquetés, codés, conservés à 4°C et transportés au laboratoire pour analyse.

3.2. Conservation des échantillons :

Pour avoir des résultats analytiques significatifs, il est important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'analyse

Le moyen le plus courant de conservation des échantillons d'eau consiste à les garder dans une glacière isotherme à une température comprise entre 0 et 4°C jusqu'à leur arrivée au laboratoire pour analyse dans un délai ne dépassant pas les 24 heures.

Pour stabiliser un échantillon ou ralentir toute réaction éventuelle, il est recommandé de prendre pour chaque analyse des précautions particulières, et ajouter des agents chimiques de conservation afin d'éviter certaines interférence au moment de l'analyse. Ainsi, plusieurs réactifs permettant la conservation des échantillons ont été utilisés ; ces derniers sont indiqués dans le tableau 03.

Tableau 03 : Réactifs utilisés pour la conservation des échantillons.

Paramètre	Conservation	Durée	Quantité
Huiles et graisses	Acide Chloridrique (pH < 4)	24h	1 L
DCO	Acide sulfurique	7 jours	500 ml
Matière décantable	Sans conservateur	Heures qui suivent le prélèvement	1 L

4. Mesures des paramètres physico-chimiques :

Les paramètres pris en considération lors de cette étude sont : température, pH, Demande Chimique en Oxygène (DCO), Demande Biochimique en Oxygène (DBO), les huiles et graisses, et les matières décantables.

Les mesures des paramètres physico-chimiques ont été effectuées par différentes méthodes suivants des protocoles adaptés par le laboratoire régional de l'environnement (ONEDD) basés sur des normes standardisées à l'échelle internationale.

4.1. Température (°C) :

La température a été déterminée au laboratoire à l'aide d'un pH mètre équipé d'un thermomètre. Les résultats sont exprimés en °C.

4.2. Potentiel hydrogène (pH) :

La mesure du pH a été effectuée au laboratoire en utilisant un pH mètre WTW 720, type InoLab, équipé d'une électrode combinée et un thermomètre intégré (Figure 08). Les résultats sont exprimés en unité pH.



Figure 08 : pH mètre WTW 720, type InoLab.

4.3. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

Ce paramètre a été déterminé selon la norme ISO 6060 (1989). La méthode est basée sur une oxydation de certaines matières contenues dans l'eau en utilisant le dichromate de potassium en milieu acide et en présence d'un catalyseur ; il s'agit du sulfate de mercure (un agent masquant qui permet d'éviter l'interférence éventuelle des chlorures), (Figure 09).

L'excès de dichromate introduit est dosé par un réducteur, le sulfate ferreux. On peut ainsi remonter à la quantité de dichromate consommé par les matières oxydables, un indicateur approprié permet de détecter la fin du dosage.

La demande chimique en oxygène est exprimée en milligramme d'oxygène par litre (mg/L).

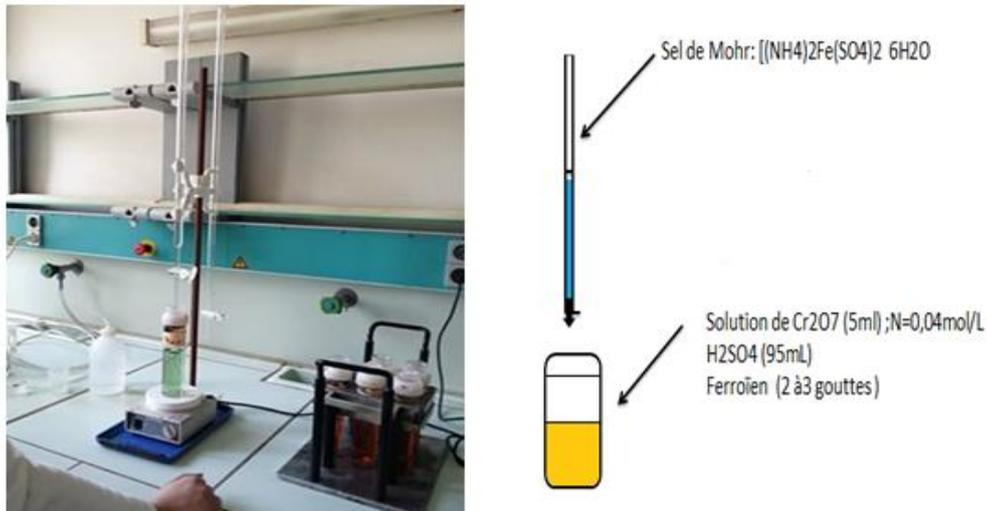


Figure 09 : Schéma du processus de détermination de la DCO.

4.4. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) :

Ce paramètre a été déterminé selon la norme ISO 5815 (1989). La DBO₅ consiste à déterminer la concentration d'oxygène dissous dans les conditions définies par l'oxydation biologique des matières organiques et inorganiques contenues dans l'eau. L'oxymètre utilisé est de types WTW-InoLab-Oxi 730 (Figure10). La demande biochimique en oxygène est exprimée en milligramme d'oxygène par litre (mg d'O₂/L).



Figure 10 : DBO mètre OxiTop.

4.5. Les matières décantables :

Ce paramètre a été analysé selon la méthode décrite par Roddier (2007) relative aux eaux usées.

La détermination de la matière décantable consiste à abandonner au repos pendant deux heures, un litre d'eau (échantillon) dans le cône d'Imhoff, en prenant soin de le secouer pour éviter l'adhérence des particules sur les parois (Figure 11).

Les résultats s'expriment en millilitre de matières décantées pour 1 litre d'eau

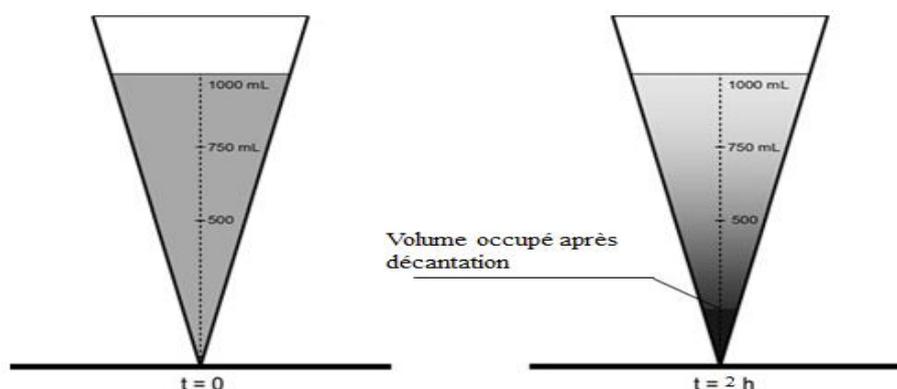


Figure 11: Schéma descriptif de la décantation par le cône d'Imhoff.

4.6. Les huiles et graisses :

Ces derniers ont été déterminés selon la norme japonaise JIS K0102.24.2 (2010). Les huiles et les graisses sont extraites de l'échantillon d'eau par la méthode liquide-liquide, et sont acidifiées à pH 4 avec de l'acide chlorhydrique (HCl). Les dosages sont effectués après évaporation du solvant organique en utilisant un Rot a vapeur Heidolph model Laborota 4002-control (Figure 12). La concentration en masse des huiles et des graisses est exprimé en milligramme par litre (mg/L).



Figure 12 : Appareil rota vapeur pour le dosage des huiles et graisses.

**CHAPITRE III:
RESULTATS
ET
DISCUSSION**

Notre étude a été réalisée durant la période allant du mois d'août 2019 au mois de mars 2020 et a concerné la qualité des effluents liquides industriels de la cimenterie Djouad Taher à Hamma Bouziane. Notons que le suivi de la qualité de ces rejets se fait d'une manière trimestrielle au niveau de cette industrie. Les paramètres auxquels nous sommes intéressés sont : la température, le pH, la DBO₅, la DCO, les huiles et les graisse et les matières décantables. Les résultats des différents paramètres couvrant la période d'investigation sont récapitulés dans le tableau 04 et illustrés par les figures 13, 14, 15, 16, 17 et 18.

Sur ce même tableau, sont indiquées également, les normes nationales fixées dans l'article 3 du Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limitent des rejets d'effluents liquides industriels. Ce même décret, en prenant en considération l'ancienneté des installations industrielles, précise les limites des valeurs de tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq ans. Des normes internationales sont aussi indiquées.

Tableau 04 : Résultats des paramètres physico-chimiques des effluents liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Moyenne, Ecart type).

Paramètre	T (°C)	pH	DCO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Huiles et graisse (mg/L)	Mat. décantable (mg/L)
Trimestre 1 (août 2019)	27,7	7,87	9,6	20	4	0,3
Trimestre 2 (décembre 2019)	18	7.01	384	120	9	0,1
Trimestre 3 (mars 2020)	13,5	8.50	96	50	21,2	0,1
Moyenne	19,73	7,79	163.2	63,33	11,4	0,16
Ecart type	5,92	0,61	160.06	41,89	7,22	0,09
Norme nationale : décret exécutif n°06-141 (JORA, 2006)						
Valeurs limites	30	5.5-8.5	80	35	20	0.5
Tolérance pour les installations anciennes	30	5.5-8.5	120	40	30	1
Normes internationales						
France ⁽¹⁾	30	5.5-8.5	120-300	40-100	-	-
Maroc ⁽²⁾	30	6-9	500	100	-	-
Italie ⁽³⁾	30	5.5-9.5	160	40	20	-
Côte d'Ivoire ⁽⁴⁾	40	5.5-9.5	500	150	30	-

1) Journal officiel n° 136 du 15 juin 1993, (2) Bulletin Officiel du royaume du Maroc N° 5726 - 20 rabii II 1430 (16-4-2009),

(3) Decreto legislative 3 aprile 2006, n. 152. Art. 74, comma 1 lett.h. (4) Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts-MEEF. Arrête n°01164 du 04 Novembre 2008

1. Paramètres physiques

1.1. Température

Les résultats de mesure de la température des rejets des effluents liquides au niveau de la cimenterie Hamma Bouziane pendant les trois trimestres d'investigation (août et décembre 2019, et mars 2020), sont représentés dans le tableau 04 et illustrés par la figure 13.

L'examen de ces derniers, montre d'importantes variations de ce paramètre. Les températures fluctuent entre une valeur minimale de 13.5°C et une valeur maximale de 27.7°C enregistrées durant le mois de mars 2020 et août 2019 respectivement. La température moyenne est de l'ordre de 19.73 ± 5.92 °C.

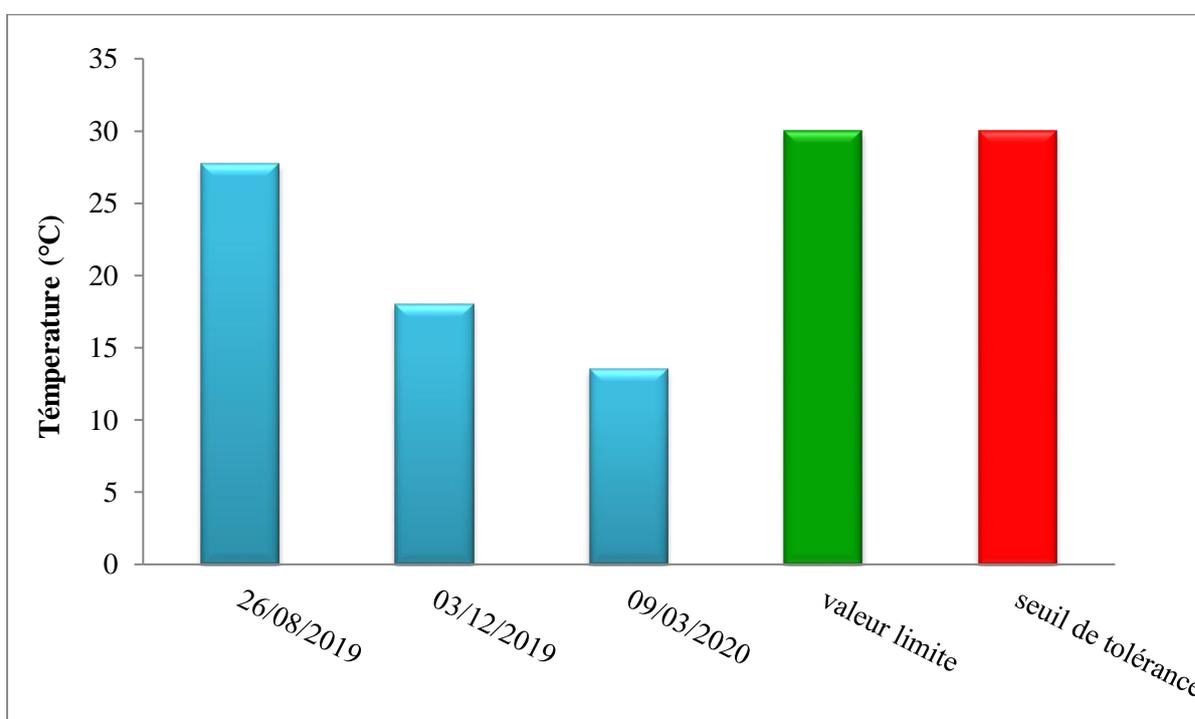


Figure 13 : Variation temporelle de la température des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).

Parmi les paramètres physiques analysés lors de ce travail, la température qui est un facteur écologique de première importance vu que la plupart des réactions chimiques vitales sont ralenties voire arrêtées par un abaissement important de la température. Au contraire, des augmentations de la température peuvent avoir pour effet la mort de certaines espèces, et peut favoriser en revanche le développement d'autres entraînant ainsi un déséquilibre écologique (Labbardi et Arjdal. 2015).

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de l'eau ; en particulier sa

densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (Belghiti et al. 2013).

Par rapport aux valeurs limites et seuils de tolérance fixés à 30°C par la réglementation algérienne dans le décret exécutif 06-141 (JORA, 2006) et celles des normes internationales (France, Maroc, Italie et Côte d'Ivoire) indiquées dans le tableau 04, les températures enregistrées pour les rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane sont inférieures à ces derniers. Ces rejets sont ainsi considérés comme étant conformes aux normes aussi bien nationales qu'internationales.

1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Les résultats de mesure du pH des rejets liquides industriels de la cimenterie Hamma Bouziane pour les mois d'août 2019, décembre 2019 et mars 2020, sont représentés dans le tableau 04 et illustrés par la figure 14.

L'examen de ces derniers montre que le pH oscille entre un minimum de 7.01 enregistré au mois de décembre 2019 et un maximum de 8.50 noté au mois mars 2020, avec une moyenne de l'ordre de 7.79 ± 0.61 .

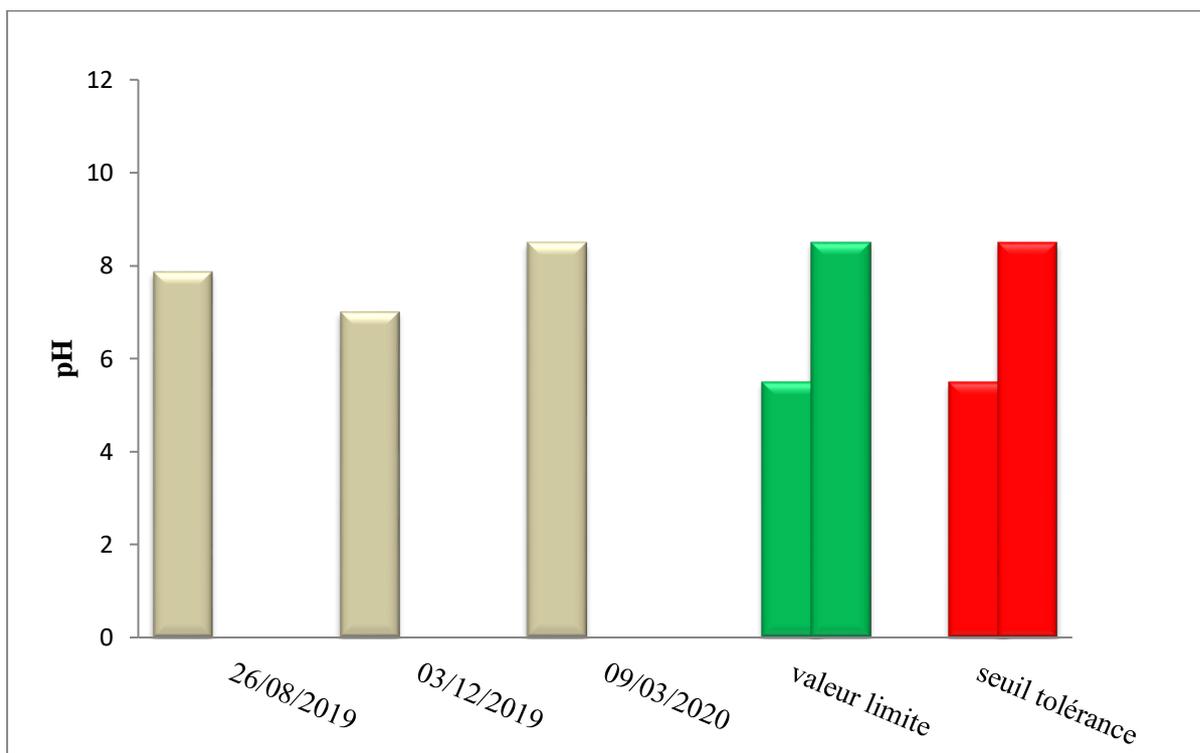


Figure 14 : Variation temporelle du pH des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).

Le potentiel hydrogène (pH), d'une matrice liquide représente son acidité ou son alcalinité. A pH 7, le milieu est considéré comme neutre, à pH>7 il est alcalin, alors qu'à pH<7 il est

acide (Rodier, 1998). Le pH est l'un des paramètres les plus importants définissant la qualité de l'eau et des effluents liquides.

Les organismes vivants 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 (Metahri, 2012). Selon le même auteur, 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 la mobilité en solution bio-disponible et donc leur toxicité. En outre, le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien.

Par ailleurs, les effets du pH se font surtout sentir par l'influence qu'exerce ce paramètre sur les équilibres entre les autres composés du milieu (azote ammoniacal, sulfure de sodium, acide cyanhydrique, etc.) lorsqu'ils ont une toxicité variable selon qu'ils se trouvent ou non sous forme ionisée (Mizi, 2006).

Par rapport aux valeurs limites et seuils de tolérance relatifs au pH, fixés dans le décret exécutif 06-141 (JORA, 2006), et qui sont de l'ordre de 5.5 à 8.5 et ceux des normes internationales indiquées dans le tableau 04, le pH des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane est conforme aux normes et ceci quelque soit la période de mesure.

1.3. Matières décantables

Les résultats d'analyse des matières décantables des effluents liquides au niveau de la cimenterie Hamma Bouziane pendant les trois trimestres d'investigation sont représentés dans le tableau 04 et illustrés par la figure 15.

L'examen de ces derniers, montre que les quantités en matières décantables oscillent entre une valeur minimale de 0.1 mg/L enregistrée au mois de mars et décembre 2019, et une valeur maximale de 0.3 mg/l enregistrée au mois d'aout 2020, avec une moyenne de l'ordre de 0.16 ± 0.09 mg/l.

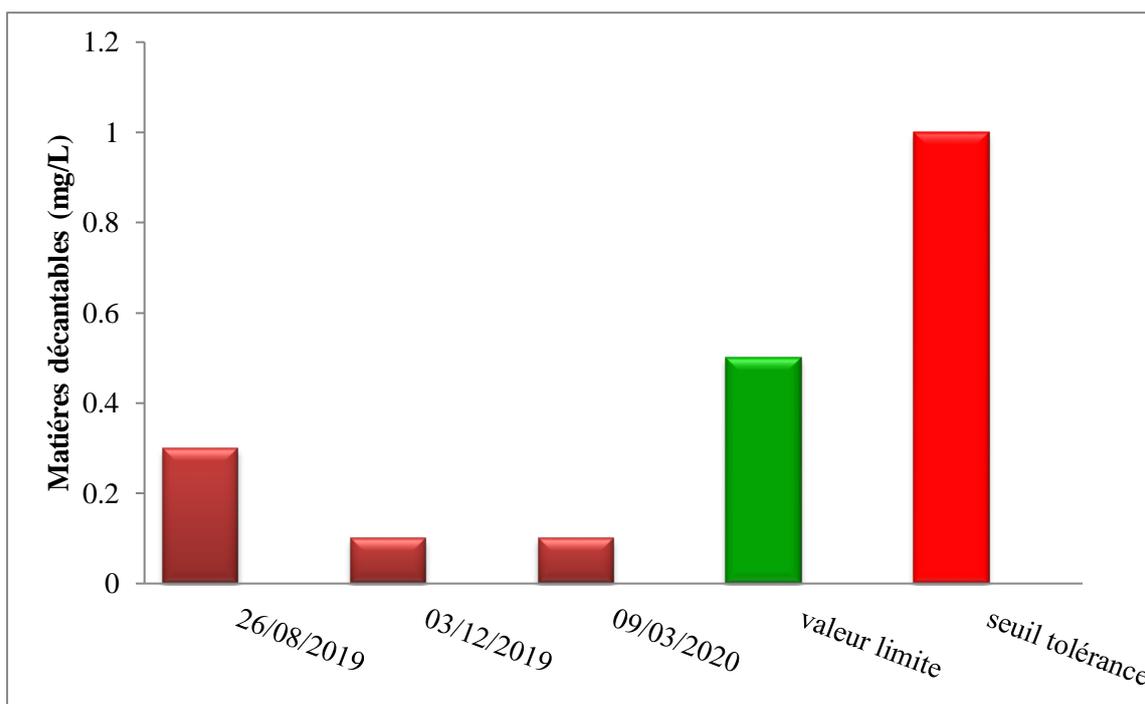


Figure 15 : Variation temporelle de la matière décantable des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).

Les matières décantables sont les matières des grandes tailles caractérisées par un diamètre compris entre 40 micromètres et 5 millimètres et qui se déposent sans traitement physique ni chimique (Dekhil, 2012). Elles correspondent aussi aux matières en suspension (MES), qui se déposent au repos pendant une durée fixée conventionnellement à 2 heures (Mizi, 2006).

D'après le décret exécutif 06-141 (JORA, 2006), il apparaît que les teneurs en matières décantables des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane sont inférieurs aussi bien à la valeur limite (0.5mg /L), qu'au seuil de tolérance (1 mg/L). Les rejets liquides de ladite cimenterie sont ainsi considérés comme étant conformes aux normes et ceci quelque soit la période de mesure.

1.4. Huiles et graisses

Les résultats de la quantification des huiles et des graisses dans les rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane pendant les mois d'août 2019, décembre 2019 et mars 2020, sont représentés dans le tableau 04 et illustrés par la figure 16.

L'examen de ces derniers montre que les valeurs des huiles et graisses oscillent entre un minimum de 4 mg/L enregistré au mois d'août 2019 et un maximum de 21.2 mg/L enregistré au mois de mars 2020. La moyenne est de l'ordre de 11.4 ± 7.22 mg/L.

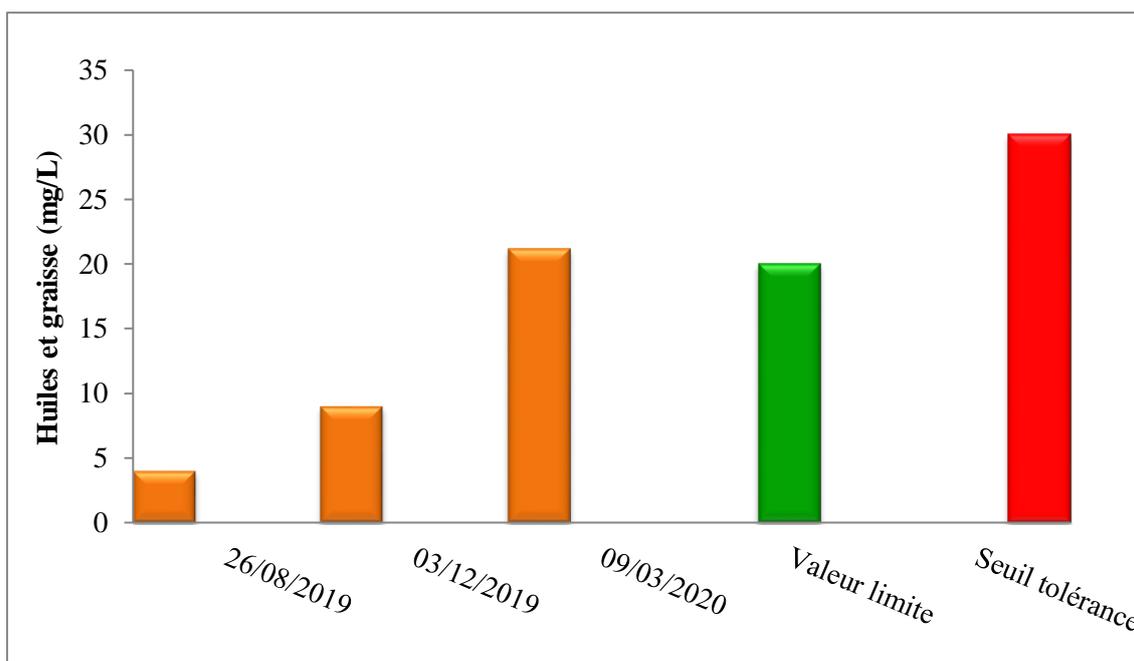


Figure 16 : Variation temporelle des huiles et des graisses des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).

Les huiles et les graisses de toute nature se retrouvent dans les eaux de rejets sous forme de suspension flottante. Elles sont donc très souvent sous forme d'émulsion ou saponifiées sous l'action de produits chimiques, de détergents, etc. (Rodier, 2009). Elles agissent de la même manière que les hydrocarbures en provoquant une asphyxie des êtres vivants (Mizi, 2006). Les huiles et les graisses permettent de déterminer la quantité des matières grasses contenues dans les effluents (Dongo et al, 2013).

En matière de réglementation, le décret exécutif n°06-141 (JORA, 2006) préconise une valeur limite de l'ordre de 20 mg /L et une tolérance des valeurs limites pour les installations anciennes de l'ordre de 30 mg/L. La comparaison de nos résultats à ces normes montre que la teneur des huiles et graisses enregistrée au mois de mars dépasse la valeur limite mais reste inférieure au seuil de tolérance. Elle dépasse également celles prescrites par la réglementation internationale notamment celle de l'Italie pour le mois au mars 2020.

Les huiles et les graisses sont utilisées dans toutes les industries essentiellement pour la lubrification des roulements de tous types. Généralement dans l'industrie du ciment, les machines et composants sont exposés a des contraintes considérables notamment les hautes températures, les charges élevées en poussières de ciment. A cet effet, des lubrifiants sont utilisés pour éviter la casse, la corrosion ou bien la détérioration des machines, assurant ainsi une disponibilité et une production durable. Dans la cimenterie de Hamma Bouziane,

les processus ainsi que les machines utilisées dans la fabrication du ciment sont soumis à des surproductions massives, des fortes vibrations dues au concassage et au broyage des roches lourdes, en plus de la chaleur du four qui soumet l'équipement à des températures extrêmes, de ce fait la lubrification des machines s'avère indispensable. Elle permet de protéger efficacement les pièces essentielles contre l'usure, d'augmenter les intervalles de maintenance et d'allonger la durée de vie de l'équipement. L'utilisation des huiles et graisses varie en fonction de la productivité du ciment ce qui explique l'augmentation de la teneur de ces dernières dans les rejets d'effluents liquides notamment celles du mois de mars 2020.

2. Paramètres chimiques

2.1. Demande Biologique en Oxygène (DBO₅)

Les résultats d'analyse de la demande biologique en oxygène des rejets d'effluents liquides industriels au niveau de la cimenterie Hamma Bouziane pendant les trois trimestres d'investigation, sont représentés dans le tableau 04 et illustrés par la figure 17.

La figure 17 et le tableau 04 montrent que les teneurs de la DBO₅ oscillent entre une valeur minimale de 20 mg/L d'O₂ enregistrée au mois d'août 2019 et une valeur maximale de 120 mg/L d'O₂ enregistrée au mois de décembre de la même année. La moyenne étant de l'ordre de 63.33 ± 41.89 mg/l d'O₂.

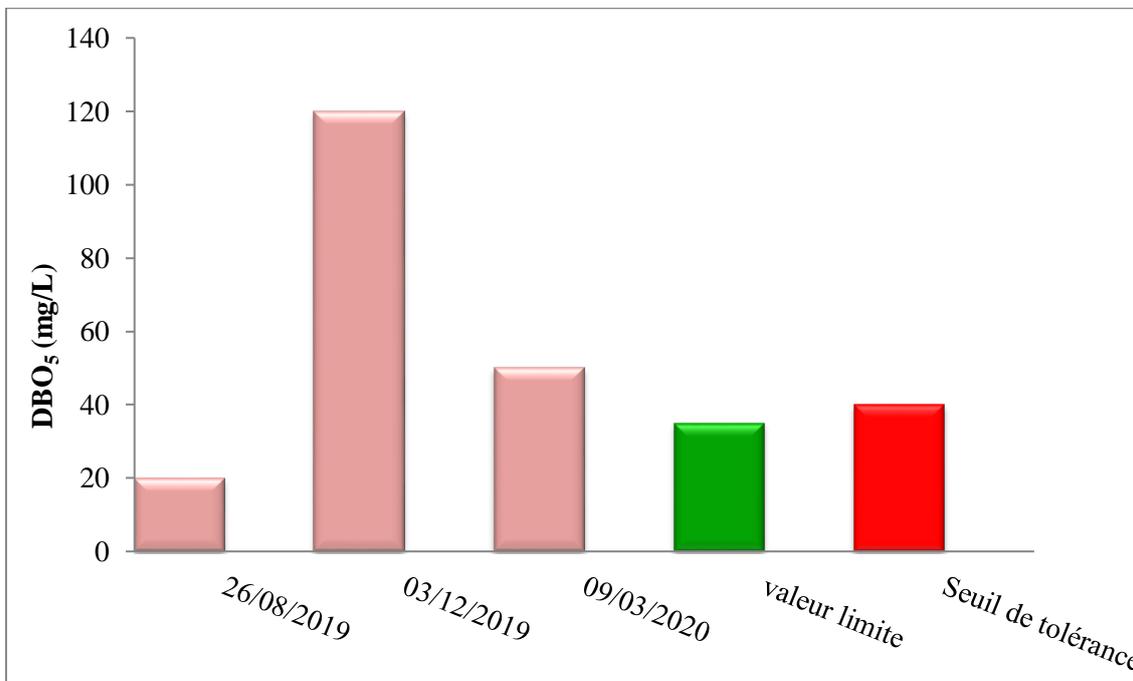


Figure 17 : Variation temporelle de la DBO₅ des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020)

La demande biochimique (ou biologique) en oxygène (DBO_5) est un paramètre indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques dissoutes ou en suspension (Zegaoula et Khellaf, 2013).

La DBO_5 exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation biologique de la matière organique d'une eau. Elle est sensiblement proportionnelle à la teneur de l'eau en matière organique biodégradable et donc à la quantité de micro-organismes et inversement proportionnelle à la teneur en oxygène dissous. Elle dépend entre autres de la nature des matières organiques dissoutes, et de la présence ou de l'absence d'éléments (métaux lourds, hydrocarbures, détergents...) inhibiteurs de la flore microbienne (Barkat, 2016).

En matière de réglementation, le décret exécutif n°06-141 (JORA, 2006) préconise une valeur limite de l'ordre de 35 mg/L et une tolérance des valeurs limites pour les installations anciennes de l'ordre de 40 mg/L. La comparaison de nos résultats à ces normes montre que la DBO_5 enregistrée au mois de décembre et mars dépasse largement la valeur limite ainsi que le seuil de tolérance. Il en est de même pour les normes internationales ; en effet, les résultats enregistrés sont relativement élevés par rapport à ces dernières notamment dans le cas des normes marocaines et françaises.

Dans une industrie du ciment, les matières premières contiennent une mixture d'éléments chimiques (carbonate de calcium, oxyde de fer, Alumine et silice) et qui sont généralement des calcaires et des argiles. Elles contiennent également des composants organiques (restes d'organismes et des plantes incorporés dans la roche au fil de l'histoire géologique). Ces derniers peuvent être responsables de la présence des matières organiques dans les effluents liquides.

La teneur de la DBO_5 élevée se traduit par la présence d'une grande quantité de polluants organiques dans les effluents liquides. D'une grande charge en matières organiques entraînera un développement de micro-organismes aérobies, provoquant une diminution de la concentration de l'oxygène dissous dans le milieu récepteur et conduisant ainsi à l'asphyxie des espèces présentes (Zegaoula et Khellaf, 2013).

2.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les résultats de la demande chimique en oxygène des rejets d'effluents liquides industriels au niveau de la cimenterie Hamma Bouziane pendant la période d'étude sont représentés dans le tableau 04 et illustrés par la figure 18.

Ces derniers montrent que les teneurs de la DCO oscillent entre une valeur minimale de 9,6 mg/L d'O₂ enregistrée en mois d'août 2019 et une valeur maximale de 384 mg/L enregistrée au mois de décembre 2019. La moyenne est de l'ordre de 163.2 ± 160.06 mg/L d'O₂.

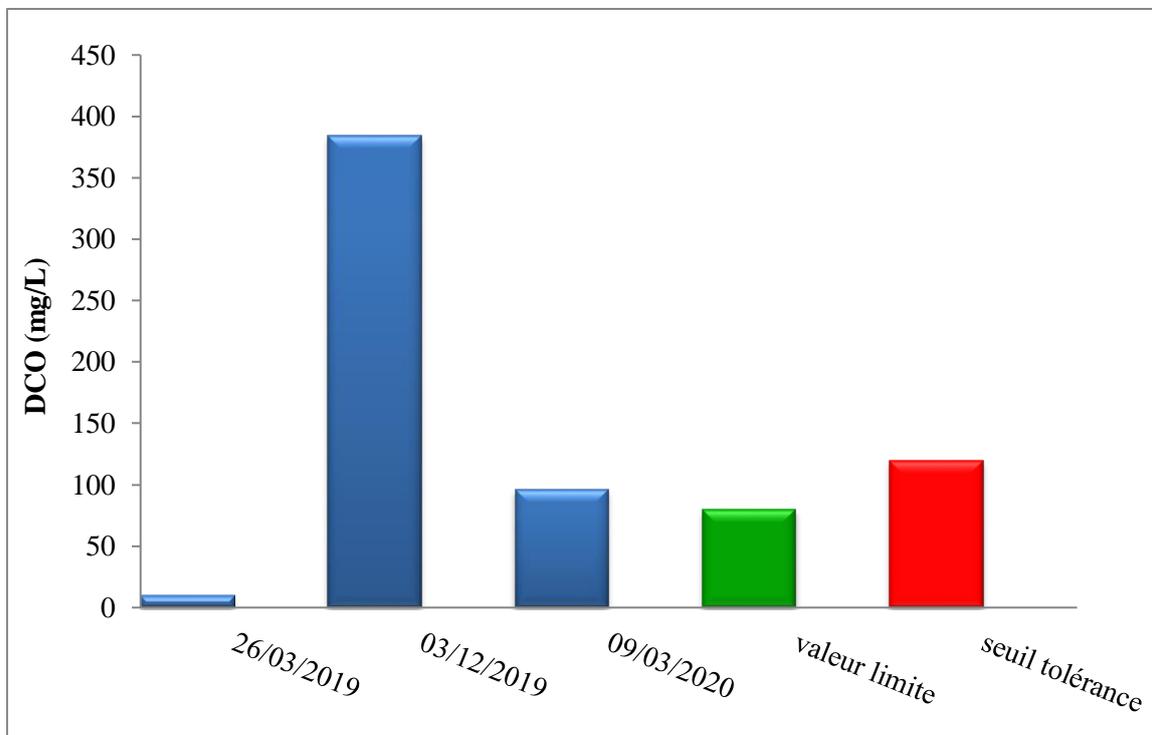


Figure 18 : Variation temporelle de la DCO des rejets liquides de la cimenterie Hamma Bouziane (Août 2019-mars 2020).

La DCO permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées, et est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel (Salghi, 2000). Elle correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques, que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le bichromate de potassium ($\text{Cr}_2\text{O}_4\text{k}_2$) nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides,... etc.) présentes dans les eaux résiduaires (Rodier, 2005).

La DCO mesure la totalité des substances oxydables, ce qui inclut celles qui sont biodégradables ; c'est la consommation en oxygène par les oxydants chimiques forts qui permet d'oxyder les substances organiques et minérales de l'eau (Zegaoula et Khellaf, 2013). Une valeur élevée de la DCO dans l'écosystème aquatique va entraîner la baisse de la photosynthèse et une consommation de l'oxygène dissous du milieu, au détriment de la faune et de la flore (Kone, 2015).

En matière de réglementation, le décret exécutif n°06-141 (JORA, 2006) préconise une valeur limite de l'ordre de 80 mg/L et une tolérance des valeurs limites pour les

installations anciennes de l'ordre de 120 mg/L. La comparaison de nos résultats à ces normes montre que la DCO enregistrée au mois de décembre dépasse largement la valeur limite ainsi que le seul de tolérance. Celle du mois de mars dépasse la valeur limite mais reste faible par rapport au seuil de tolérance. Elles dépassent également celles prescrites par la réglementation internationale notamment celle de la France et de l'Italie pour le mois de décembre 2019.

Une DCO élevée est souvent liée à une absence d'oxygène ou à une quantité d'oxygène insuffisante pour l'oxydation totale des matières oxydables dans l'effluent liquide. Une telle situation peut mener à l'anoxie du milieu favorisant des fermentations toxiques. Dans le cadre de cette étude, la DCO dépasse souvent la DBO ; ceci peut être attribué au fait que les bactéries présentes ne permettent pas une oxydation correcte des éléments organiques et chimiques les plus stables (Moumouni et Djermakoye, 2005).

**CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES**

Le présent travail a été réalisé dans le but d'évaluer l'état des rejets liquides de la cimenterie Djouad Taher localisée à Hamma Bouziane.

A la lumière des résultats obtenus par la caractérisation physico-chimique (pH, Température, DBO₅, DCO, matières décantables, huiles et graisses) des rejets liquides de ladite cimenterie, effectuée au niveau du laboratoire régional de l'environnement (Observation National de l'Environnement et du Développement Durable-ONEDD), les principales conclusions peuvent être résumées comme suit :

- ❖ D'une manière générale, la température suit un rythme saisonnier légèrement élevé au mois d'août 2019 (27,7C°) mais qui reste conforme aux normes nationale mais aussi internationale,
- ❖ Un potentiel hydrogène (pH) neutre pour le mois d'août et décembre 2019, et légèrement alcalin (8,5) pour le mois de mars 2020, reflétant une situation normale aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale,
- ❖ Des valeurs relativement élevées de la demande chimique en oxygène, (384 mg/L) pour le mois de décembre 2019 et (96 mg/L) pour le mois de mars 2020, dûes à une absence d'oxygène, voir une quantité insuffisante pour l'oxydation totale des matières oxydables dans les effluents liquides.
- ❖ Une Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) qui dépasse largement les valeurs limites fixées par les réglementations nationale et internationale notamment pour les mois de décembre 2019 et mars 2020,
- ❖ Des quantités en matières décantables conformes aux normes,
- ❖ Les huiles et graisses présentent des valeurs légèrement élevées au mois de mars 2020 mais qui restent acceptables par rapport aux normes nationales.

Dans l'ensemble, les résultats révèlent la présence d'une pollution organique au niveau des rejets liquides de l'industrie de ciment Djouad Taher. Ainsi et d'un point de vue fondamentale, il serait urgent d'envisager une élimination complète de toute forme de pollution, ou encore de la contenir et la ramener à des niveaux raisonnables. La mise en place de traitements des eaux usées avant leur rejet dans le réseau d'assainissement s'avère indispensable.

Il existe différentes possibilités de traitements adaptés aux effluents chargés en matière organique, qui dépendent des charges, des débits, du type de composés et des normes de rejet applicables. Une première possibilité serait une épuration biologique au cours de

laquelle les composants présents sont éliminés au moyen de bactéries. Sinon, et comme méthode alternative, il serait intéressant de mettre en place une ultrafiltration afin de séparer les composants présents. Comme troisième possibilité, le traitement par un filtre à charbon actif *via* lequel les composants présents sont adsorbés. Ce dernier n'est intéressant qu'en cas de concentrations faibles.

Il serait aussi nécessaire de disposer d'un système efficace de traitement des émulsions huileuses. L'un des processus les plus répandus pour la séparation de l'eau et de l'huile est la flottation par air. Le déshuilage par flottation assistée (utilisation de bulles d'air) ; l'air permet la formation des bulles dans la partie inférieure du réservoir. Cette séparation est efficace mais exige un grand espace et des appareils aux dimensions considérables lorsque le débit est élevé.

En perspectives il en ressort que la qualité des effluents liquides de la cimenterie Djouad Taher doit rester la priorité et le souci de la cimenterie. Ainsi, en perspective il serait judicieux de :

- Faire un contrôle continu mensuel de la qualité des effluents liquides de la cimenterie Djouad Taher, Hamma Bouziane.
- Fixer de nouveaux paramètres d'analyse physico-chimique (métaux lourds, matières en suspensions, les hydrocarbures ...) permettant le bon suivi de la qualité des rejets de l'unité du ciment, et permettant aussi d'élargir l'éventail de recherche.

Références

Bibliographiques

A

- **Anonyme. 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies Pour l'Alimentation et l'Agriculture : Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord (FAO). 68p.

B

- **Badai-Gondard F. 2003.** L'assainissement des eaux usées. Édition Technicité. France. 227p.

- **Bahamid F. 2017.** Industrie du ciment, de belles performances et des perspectives prometteuses. Revue du ministère de l'industrie et des mines. N°00 Novembre-Décembre 2017. 41p.

- **Barkat K. 2016.** Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun. Mémoire de Master 2. Université des Frères Mentouri Constantine1. 35p.

- **Baumont S., Camard JP., Lefranc A., Franconi A. 2004.** Réutilisation des eaux usées: Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport d'activité (observation régional de la santé). 220p.

- **Belghiti ML., Chahlaoui A., Bengoumi D., EL Moustaine R. 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Thèse doctorat. Université Moulay ismail.Meknés. Maroc.120p.

- **Benkaddour B. 2018.** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan via Domitia, et Université de Mostaganem. 193p.

- **Benelmouaz A.2015.**performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia. Mémoire de Master. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen. 103p.

- **Berne F. et Cordonnier J. 1991.** Traitement des eaux, édition Technique. Paris. 295 p.

- **Berg DM., Raven PH et Hassenzahl DM. 2009.** Environnement.de boeck, 6^{ème} édition. p : 554-569.

- **Bordet J. 2007.** L'eau dans son environnement rural. Édition Johanet. Paris. 317p.

- **Botta A. et Bellon L. 2001.** Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Support de formation développé dans le cadre du projet INTERREG-France-Wallonie-Vlaanderen. 46p.
- **Bourier R. 2008.** Les réseaux d'assainissement. 5^{ème} édition Lavoisier. Édition TEC & DOC. Paris. 1013p.
- **Bulletin Officiel du royaume du Maroc N° 5726 - 20 rabii II 1430 (16-4-2009).** Arrêté conjoint du ministre de l'intérieur, du ministre de l'industrie, du commerce et des nouvelles technologies et du secrétaire d'Etat auprès du ministre de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, charge de l'eau et de l'environnement n°1447-08 du 30 moharrem 1430 (27 janvier 2009) fixant les valeurs limites spécifiques de rejet des industries de ciment.

C

- **Centre d'activités régionales pour la production propre-CAR/PP. 2008.** Manuel de prévention de la pollution dans le secteur du ciment. 271p.
- **Centre d'Etudes et de services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de Construction-CETIM. 2016.** Étude de danger de la cimenterie de Hamma Bouziane Constantine SCHB. Groupe Industriel des Ciments d'Algérie(GICA). 10p.
- **Charron C. 2008.** L'industrie du ciment : données générales, (<http://www.materiaux-cimentaires.com/pdf/Charron.pdf>).

D

- **Decreto legislative 3 aprile 2006, n.152 Norme in materia ambientale. Art.74, comma 1 lett.h.** acque reflue industriali : qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici od impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.709p.
- **Dekhil W. 2012.** Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA. Mémoire de Master en chimie et microbiologie de l'eau. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi-Bordj Bou Arreridj.71p.
(<https://www.memoireonline.com/11/13/7935/Traitement-des-eaux-usees-urbaines-par-boues-activees-au-niveau-de-la-ville-de-Bordj-Bou-Arreridj.html>).

- **Djilani C. 2006.** Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda. Mémoire de magistère. Université de Skikda. 75p

- **Dongo KR., Niamké BF., Adjé AF., Britton BH., Nama LA, Anoh KP., Adima AA. ET Atta K. 2013.** Impacts des effluents liquides industriels sur l'environnement urbain d'Abidjan-Côte d'Ivoire. Int J. Biol. Chem. Sei. 7(1): 404-420.

E

- **El Rhazi O. et Habib R. 2007.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Université Cadi Ayad. Faculté des sciences-Semlalia. Maroc. 23p.

F

- **FAO. Food and Agriculture Organisation. 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper. 65p.

G

- **Gaid A. 1984.** Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I. Edition OPU. Alger.161p.

- **Galaf F et S. Ghannam S. 2003.** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site Web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université Hassan 2. Rabat. Royaume du Maroc.75p.

- **Gaujous D. 1999.** La pollution des milieux aquatique, aide-mémoire. 2^{ème} édition. Edition TEC & DOC. Lavoisier. Paris. 220p.

J

- **Journal Officiel de la République Algérienne N°26 (JORA). 2006.** Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

- **Journal officiel de la république française n°136 du 15 juin 1993.** Arrêté du 3 mai 1993 relatif aux cimenteries.

K

- **Keck G. et Vernus E. 2000.** Déchets et risques pour la santé .Techniques de l'Ingénieur. Paris. 2450p.
- **Koller E. 2004.** Traitement des boues issues de l'épuration. Traitement des pollutions industrielles .Technique et ingénierie. Dunod. Paris.115p.
- **Koller E. 2009.** Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2^{ème} édition. Dunod. 569p.
- **Kone G. 2015.** Caractérisation physique et chimique des eaux usées industrielles de la zone Sud d'Abidjan (Treichville, Vridi et Port-bouët). Mémoire de Master en chimie de l'environnement. Université Nangui Abrogoua. Côte d'Ivoire. 41p.

L

- **Laabassi A. 2016.** L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à Macrophytes. Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbas-Sétif .70p.
- **Labbaridi F. et Arjidal J. 2015.** Diagnostic et calcul de la charge polluante de la zone industrielle «Oukacha-ain sebaa». Mémoire de fin d'étude. Université Cadi Ayyad.Marrakech. 39 p.
- **Laboratoire de Toxicologie-CHU-Constantine. 2010.** La cimenterie de Hamma Bouziane pollue l'eau, Site d'internet : <https://www.algerie360.com/constantine-la-cimenterie-de-hamma-bouziane-pollue-leau/>.

M

- **Mekhalif F. 2009.** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magistère. Université du 20 Aout 1955. Skikda. 158 p.
- **Metahri M. 2012.** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte : cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri-Tizi-Ouzou.138 p.
- **Mizi A. 2006.** Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie- région de Bejaïa et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba. 147p.

- **Ministère de l'Aménagements du Territoire et de l'environnement-MATE-** Principaux rejet industriels en France-Bilan de l'année 1998 février 2000. Effet des métaux lourds sur l'environnement et la santé. 365p. <https://www.senat.fr/rap/100-26169.html>
- **Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts-MEEF. Arrête n°01164 du 04 Novembre 2008** portant règlementation des rejets et émissions des installations classées pour la protection de l'environnement. 20p.
- **Moumouni M. et Djermakoye H. 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat. Université de Bamako. Mali.106p.

N

- **Nyamsi-Tchatcho NL. 2004.** Effet des rejets d'une usine de traitement de la cellulose sur la qualité des eaux du Ntsomo : étude hydrologique et biologique du cours d'eau. DEA hydrobiologie et environnement. Université de Yaoundé I. 58p.

O

- **Office National des Statistiques-ONS. 2017.** Available from: <http://www.ons.dz/-population-et-demograohie-html>.
- **Organisation Mondiale de la Santé-OMS. 2000.** Global Water Supply and Sanitation Assessment, Report. Geneva. 76p.

R

- **Regsek F. 2002.** L'analyse des eaux. Edition ressource par l'éducation nationale. France. 358p.
- **Rodier J. 1998.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8^{ème} édition Dunod. Paris. 1526p.
- **Rodier J. 2005.** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer.9^{ème} édition. Dunod. Paris.1383p.
- **Rodier J. 2009.** L'Analyse de l'eau.9^{ème} Edition. Dunod. Paris. France. 1579p.

S

- **Salghi R. 2000.** Différentes filières de traitement des eaux. Edition ESKA. 87p.

V

- **Vilaginés R. 2005.** Eau, environnement et santé publique. 2^{ème} Edition. Paris. 198p.

Z

- **Zegaoula W. et Khellaf N. 2013.** Evaluation du degré de pollution des rejets liquides et atmosphériques du complexe Fertial à Annaba (Algérie). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar-Annaba. 90p.

Année universitaire : 2019/2020

**Présenté par : Boudjoghra Abir
Mechenouai Yamina**

Intitulé : Contribution à l'évaluation de la qualité des rejets liquides dans l'industrie cimentière : cas de l'unité Djouad Tahar (Hamma Bouziane)

**Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en :
Ecologie Fondamentale et Appliquée.**

Résumé :

L'industrie cimentière, notamment celle de Djouad Tahar à Hamma Bouziane, rejette souvent des quantités considérables de rejets liquides provenant des différents processus de fabrication du ciment. Ces rejets contiennent des impuretés qui constituent un réel danger pour l'environnement, tels que les matières organiques et minérales, les métaux lourds (cuivre, plomb, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chrome, etc.), les huiles et les graisses, etc.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude relative à l'évaluation de la qualité des effluents liquides de la cimenterie Djouad Tahar. Ainsi, un suivi trimestriel des paramètres suivant : pH, T, DBO₅, DCO, Matières décantables, huiles et graisses, a été effectué durant la période allant du mois d'aout 2019 au mois de mars 2020.

Les résultats des analyses de ces paramètres physico-chimiques montrent de façon générale que, la température suit les variations saisonnières. Le pH et les matières décantables sont conformes aux normes pour les rejets liquides industriels de la cimenterie en question. Contrairement à ces derniers, nous avons enregistré des valeurs élevées dans le cas des huiles et graisses pour certaines périodes. Une telle situation est souvent attribuée à l'utilisation des lubrifiants pour éviter la casse, la corrosion ou bien la détérioration des machines. La DBO₅ élevée se traduit par la présence d'une grande quantité de polluants organiques dans les effluents liquides entraînant un développement de micro-organismes aérobies, provoquant une diminution de la concentration en oxygène dissous dans le milieu récepteur. Ainsi, les valeurs élevées en DCO relevées pour certaines périodes sont dues certainement à une absence d'oxygène ou encore à une quantité insuffisante de ce dernier nécessaire à l'oxydation.

Mots clés : Cimenterie Hamma Bouziane, rejets liquides industriels, paramètres physico-chimiques, normes de qualité.

Laboratoire de recherche : Laboratoire de Biologie et Environnement (LBE)

Jury d'évaluation :

Président du jury : BAZRI Kamel Eddine	(MCA - UFM Constantine1).
Rapporteur : SAHLI Leila	(MCA - UFM Constantine1).
Examineurs : Zaïmeche Saida	(MCB - UFM Constantine1).

Date de soutenance : Septembre 2020