



UNIVERSITE ABDERAHMANE MIRA - BEJAIA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES MINES ET GEOLOGIE

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines et

Géologie

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Mémoire de Master

Présenté par

Daho Djihad

Zoudji Chahrazed

Thème

*Caractérisation et traitement des déchets de la
station de dessalement d'Arzew*

Soutenu le 15 /06 /2015 devant le jury composé de:

Président:	Mme Kamli	MAA
Encadreur:	Mme Souici Zahia	MCB
Examineur:	Mr Akdim Abd El Ghani	MAB

Année Universitaire: 2014-2015



REMERCIEMENTS

Avant de présenter ce travail, tout d'abord, nous tenons à remercier notre grand seigneur Dieu tout puissant pour nous avoir donné la foi en lui, d'avoir éclairé notre route et de nous avoir guidé dans le meilleur et le bon chemin.

Nous tenons à exprimer notre profonde et respectueuse reconnaissance envers Mme Souici Zahia, pour avoir dirigé ce mémoire, pour sa contribution scientifique et pour l'intérêt permanent qu'il a manifesté tout le long de ce travail.

Nous remercions les membres du jury Mr Akdim et Mme Kamli d'avoir accepté d'évaluer notre travail

Un remerciement spécial à Mr Lakjaa AEK et Lakjaa El Hadj de nous avoir aidé.

Nous remercions également Mme Fatiha chef de laboratoire et Mme Boussaid Amel ingénieur de l'environnement pour leur aide à notre projet.

Enfin Nous désirons remercier tous nos enseignants et tous ceux qui de par leur aide et leur conseils, ont d'une manière ou d'une autre, contribué à la réalisation de ce travail, et qu'ils trouvent à travers cet écrit nos sincères gratitudees.



DEDICACES

Avant tout, je dédie ce document de travail, qui est le résultat de plusieurs années d'efforts, à plusieurs personnes qui sont toujours présent dans mon esprit qui m'ont aidé, soutenu et encouragé. Je pense d'abord :

*A mes parents Sam Bouafia Yagoubia et Daho AEK
qui n'ont cessé de m'encourage et j'espère qu'ils
seront fiers de moi.*

A mes sœurs : Aicha, Remaissa et Hiba.

A mes chers frères : Mohamed et Adem.

A ma grande mère et mon mari et mon oncle.

A toute la famille Sam Bouafia.

A ma binôme: Zoudji Chahrazed.

A mes amis et à ceux qui nous sont chers.

Daho Djihad



DEDICACES

Avant tout, je dédie ce document de travail, qui est le résultat de plusieurs années d'efforts, à plusieurs personnes qui sont toujours présent dans mon esprit qui m'ont aidé, soutenu et encouragé. Je pense d'abord :

A mes parents Gasmi Djamila et Zoudji Dine qui n'ont cessé de m'encourager et j'espère qu'ils seront fiers de moi.

A mes sœurs : Nadja, Bouchra.

A mes chers frères : Abd El Ellah et Walid.

A toute la famille Gasmi et Zoudji.

A ma binôme: Daho Djihad.

A mes amis et à ceux qui nous sont chers.

Zoudji Chahrazed

Sommaire

Remerciement.

Dédicace.

Liste des abréviations.

Liste des figures et des tableaux.

Introduction général

Chapitre I: Généralités sur les déchets issus du dessalement.

I.1. Introduction.....	1
I.2. Généralité sur le dessalement.....	1
I.2.1. Définition.....	1
I.2.2. Les principales technologies de dessalement des eaux.....	1
I.2.2.1. Les procédés de distillation.....	2
I.2.2.2. Les procédés utilisant des membranes.....	4
I.3. Les déchets issus de dessalement.....	6
I.3.1. Déchet ménagers et assimilés MA.....	6
I.3.1.1. Type de déchets ménagers.....	7
I.3.2. Déchets inertes I.....	7
I.3.2.1. Types de déchets inertes.....	7
I.3.3. Déchets spéciaux S.....	8
I.3.4. Déchets spéciaux dangereux SD.....	8
I.4. Conclusion.....	9

Chapitre II: Présentation de la station de dessalement d'Arzew.

II.1. Introduction.....	10
II.2. Généralité sur l'usine.....	10
II.2.1. Historique création de la société de projet.....	10
II.3. Système de dessalement.....	13
II.3.1. Unité de dessalement.....	13
II.3.1.1. Description de système.....	13
II.3.1.1.1. Principe de dessalement par "détente (Flash)".....	13
II.3.2. Système commun.....	16
II.3.2.1. Description de système.....	16
II.4. Système de stockage et distribution d'eau produite.....	18
II.4.1. Système d'eau potable.....	18
II.4.1.1. Description de système.....	18
II.4.2. Système d'eau de process.....	19
II.4.2.1. Description de système.....	19
II.5. Qualité de l'eau produite.....	20
II.6. Conclusion.....	21

Chapitre III: Résultats des analyses et la caractérisation des déchets de la station.

III.1. Introduction.....	22
III.2. Les différents déchets issus de la station et leurs caractérisations.....	22
III.2.1. Les différents déchets de la station.....	22
III.2.2. La caractérisation des déchets.....	24
III.2.2.1. Les paramètres mesurés pour caractériser les eaux usées.....	24
III.2.2.2. Les paramètres mesurés pour caractériser les Boues du traitement des eaux usées..	34

III.2.2.3. Les paramètres mesurés pour caractériser les huiles usagées.....	45
III.3. Conclusion.....	49

Chapitre IV: Traitement des déchets de la station de dessalement d'Arzew.

IV.1. Introduction.....	50
IV.2. Traitement des déchets de la station de dessalement de l'eau.....	50
IV.2.1 Procédés de traitement des eaux usées.....	50
IV.2.2. Procédés de traitement des boues.....	54
IV.2.3. Procédés de traitements des huiles usagées.....	55
IV.2.4. Procédés de recyclage des déchets de verre.....	56
IV.2.5. Procédés de recyclage des déchets de métaux ferreux.....	58
IV.2.6. Procédés de recyclage des déchets papier et carton.....	60
IV.2.7. Procédés de recyclage des plastiques.....	61
IV.3. Conclusion.....	62

Conclusion générale

Les références bibliographiques.

Les annexes.



Les abréviations

Liste des abréviations

MSF: Multi Stage Flash distillation;

MED: Multi-Effect Distillation;

I: Déchets inertes;

S:Déchets spéciaux;

SD: Déchets spéciaux dangereux;

MA: Déchet ménagers et assimilés;

HSE: Hygiène, la sécurité et l'environnement;

HRSRG: heat recovery steam generator

EPEOR: Entreprise de Production d'Eau d'Oran;

ALVER: Société Algérienne des Verres;

ERO: Entreprise de Récupération Ouest;

GIPEC: Le Groupe Industriel du Papier Et Cellulose;

RECUPAC: Récupération des Plastique et Carton;

PEHD: Polyéthylène Haute Densité;

PET: Polyéthylène Téréphthalate;

PVC: Polyvinyl Chloride;

LSI: Laboratoire des Systèmes Informatiques;

GL2Z: gaz liquéfié zone 2

GNL3 gaz naturel liquéfié 3

OMS: Organisation mondiale de la santé;

DE: Délégué Environnement;

EXP: exploitation;

ADM: administration;

RESP LABO: responsable de laboratoire;

MAIN: maintenance;

DCO: Demande Chimique en Oxygène.

DBO₅: Demande Biologique en Oxygène pendant 5jours;

M.O: Matière Organique;

MES: Matière En Suspension;

EDTA: Ethylènediaminetétraacétique;

UV/VIS: ultraviolet/visible;

Etc: excitera;

Exp: exemple;

c-a-d: c'est-à-dire;

CaSO₄: Sulfate de Calcium;

CaCO₃: Carbonate de Calcium;

NaOH: Hydroxyde de Sodium;

Fe Ni Cu Pb Zn Cd Cr: Fer, Nickel, Cuivre, Plomb, Zinc, Cadmium, Crome;

SiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO: Oxyde de Silice, Oxyde de Fer, Oxyde de Calcium, Oxyde de Magnésium;

NH₄⁺, P₂O₅, K₂O: Ammonium, pentoxyde Phosphorique, Oxyde de potassium;

N: Azote;

NO²⁻, PO₄³⁻: Oxyde d'Azote, acide phosphorique;

Na⁺: ion de sodium;

Cl⁻: ion de chlore;

CO₂ : Dioxyde de carbone ;

NO_x : Oxyde de Nitrogène;

CO: monoxyde de Carbone;

O₂: Oxygène;

NO: monoxyde d'azote;

SO: monoxyde de Carbone

Cr₂O₇²⁻: ions dichromate;

Cr³⁺: ions chromates;

CaCl₂: Chlorure de calcium;

FeCl₃: Chlorure ferrique;

NH₄Cl: Chlore d'Ammonium;

P₂O₇⁴⁻: pyrophosphate;

P₃O₁₀⁵⁻: l'acide Triphosphorique;

PH: potentiel hydrogène;

mn: minute;

ppm: particules par million;

g: gramme;

g/l: gramme par litre;

mg: milligramme;

ml: millilitre;

mg/Nm³: milligramme par mètre cube normal;

m³: mètre cube;

cm³: centimètre cube;

m³/h: mètre cube par heure;

m³/jour: mètre cube par jour;

Km: kilomètre;

mm: millimètre;

µm: micromètre;

Kwh/m³: kilowatt heure par mètre cube;

MW: Mega Watt;

Kj: kilojoule;

mol/l: mole par litre;

KV: Kilovolte;

nm : nanomètre;

°C: Celsius;

%: pourcent.



Liste des figures et des tableaux

Liste des figures et des tableaux

Figure I.1: Évolution de la température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression.....4

Figure I.2: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.....5

Figure I.3: schéma représentatif d'un dessaleur fonctionnant par électrodialyse.....6

Figure I.4: Exemple de déchets MA récolter de l'usine Kahrama.....7

Figure I.5: Exemple de déchets I récolter de l'usine Kahrama.....8

Figure I.6: Exemples de déchets S récolter de l'usine Kahrama.....8

Figure I.7: exemple de déchets SD récolter de l'usine Kahrama.....9

Figure II.1: les turbines à gaz.....11

Figure II.2: les unités de dessalement.....12

Figure II.3: ensemble de systèmes.....13

Figure II.4: Schéma simplifié d'évaporateur MSF.....14

Figure II.5: Schéma simplifié du système d'eau potable.....18

Figure II.6: Schéma simplifié du Système d'Eau Potable.....19

Figure II.7: Schéma simplifié du Système d'Eau de Process.....20

Figure III.1:Boue dans l'étuve.....35

Figure III.2: Analyse de la silice.....38

Figure III.3: Analyse de l'ammonium.....40

Figure III.4: Analyse des phosphates.....41

Figure III.5: Analyse du nitrite.....41

Figure III.6: Spectrophotomètre.....43

Figure III.7: Transitions électroniques responsables de la production des rayons X.....45

Figure III.8: Diffractogramme de la Boue.....45

Figure IV.1 : Schéma de la station.....50

Figure IV.2: Dégrillage.....51

Figure IV.3: Dégraisseur/Déshuileur.....52

Figure IV.4: Bassin de traitement biologique.....	52
Figure IV.5: Procédé à boue activée.....	53
Figure IV.6: Bassin de désinfection.....	54
Figure IV.7: Canal de rejet.....	54
Figure IV.8: Procédés de recyclage des déchets de verre.....	58
Figure IV.9: Le Gama-Scan.....	58
Figure IV.10: Des balles.....	59
Figure IV.11: Des tôles réutilisées pour la fabrication des ponts bascules électriques.....	59
Figure IV.12: Des déchets sont stockés dans des halles.....	60
Figure IV.13: Des balles.....	60
Figure IV.14: Procédés de recyclage des déchets de papier et carton.....	61
Figure IV.15: Les balles de plastiques.....	61
Figure IV.16: Procédés de recyclage des déchets plastiques.....	62
Tableau II.1: Production de système.....	14
Tableau II.2 : Valeurs de contrôle d'environnement.....	14
Tableau III.1: Les déchets solides de la station.....	22
Tableau III.2: Les déchets liquides de la station.....	24
Tableau III.3: Les déchets gazeux de la station.....	24
Tableau III.4: Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.....	27
Tableau III.5: Autres caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.....	32
Tableau III.6: Autres caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.....	33
Tableau III.7: Récapitulatif des résultats des analyses par titrage volumétrique.....	39
Tableau III.8: Récapitulatif des résultats des analyses des éléments nutritifs.....	42
Tableau III.9: récapitulatif des concentrations en métaux lourds des boues résiduaires de la station KAHRAMA avec les valeurs limites.....	44
Tableau III.10: Résultat de comptage particules selon la norme (ISO/SAE).....	46

Tableau III.11: Code chart ISO 4406 (1999).....	46
Tableau III.12: Résultat de la spectrométrie.....	48
Tableau III.13: Résultat d'analyse de la teneur en eau.....	48



Introduction générale

Introduction générale

La double croissance économique et démographique de notre planète a pour conséquence une pression importante sur l'ensemble des ressources naturelles, jamais les tensions sur les matières premières n'ont été aussi fortes.

La planète connaît également des situations localisées de stress hydrique : les ressources en eau douce, très inégalement réparties, ne représentent que 2,5% du volume d'eau total sur la planète et se raréfient. Les besoins sont eux de plus en plus importants et les pollutions rendent la ressource inutilisable. [1]

Une des solutions pour pallier le déficit d'eau potable, sont les stations de dessalement. Trois facteurs principaux expliquent la demande de plus en plus forte pour le dessalement d'eau de mer constatée ces dernières années : [1]

– le développement démographique et son amplificateur : une migration des populations rurales vers les villes et principalement vers les villes les plus grandes;

– le fait que plus du tiers de la population mondiale et plus de la moitié des mégalo-poles (ville de plus de 5 millions d'habitants) soient concentrés dans une bande côtière de 150 km de profondeur où s'exerce donc une demande rapidement croissante de tous les secteurs de l'activité humaine : eau domestique, industrielle, touristique, agricole... Alors que les fleuves qui l'abreuvent y arrivent de plus en plus pollués et ayant déjà subi des prélèvements (surtout pour l'irrigation agricole) de plus en plus importants;

– par ailleurs, les progrès techniques des deux technologies utilisées en dessalement d'eau de mer se sont traduits par une réduction des coûts d'investissement (taille croissante des unités construites, amélioration des membranes utilisées en osmose inverse (perméabilité et passage de sel)...) et surtout des coûts de fonctionnement réduits en particulier pour le procédé d'osmose inverse dont la demande en énergie spécifique (Kwh/m^3 d'eau produite) a décliné de 40 % en 15 ans... Tout cela concourant à rendre l'offre plus attrayante.

A l'opposition des avantages du dessalement et des stations spécialisées, quelle que soit la technologie utilisée, le dessalement n'est pas exempt d'impact sur l'environnement représenté par : l'émission de gaz à effet de serre liées à la consommation d'énergie des processus industriels, l'impact visuel des usines, le bruit mais surtout l'évacuation des eaux résiduelles produites par le dessalement, car installées le plus souvent sur les côtes, les usines

rejetent ces résidus dans la mer [2], ainsi que la génère des déchets liquides, solides ou gazeux.

La station KAHRAMA, qui contient une station de dessalement, est l'une des stations concernées par les déchets. La station produit les déchets suivants: eaux usées, verre, métaux ferreux, huiles le papier en plus des déchets atmosphériques comme le CO₂.

En raison de ce problème, nous avons effectué un stage afin de caractériser les différents déchets issus de cette station. On s'intéresse aussi aux différents procédés de traitement de ces déchets.

Ce présent manuscrit comporte quatre chapitres :

Le premier chapitre est destiné aux généralités sur le dessalement et leurs déchets. Lors du deuxième chapitre, une description de l'usine de dessalement est réalisée. Le troisième chapitre a pour but d'exposer les résultats de la caractérisation de tous les déchets issus de cette station. Différentes méthodes de traitement de certains déchets de station sont discutées au quatrième chapitre.

Nous terminons ce manuscrit par une synthèse globale des chapitres, donnée sous forme de conclusion générale.



Chapitre I:

Généralités sur les déchets issus du dessalement

I.1. Introduction

La crise de l'eau potable relance fortement l'intérêt de développer rapidement des techniques de dessalements moins chers, plus simples, plus robustes, plus fiables. Mais, le déchet est un problème de société qui dilapide ses ressources naturelles sans se soucier de son environnement, ni de son avenir.

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu sur le dessalement et sur les déchets issus du dessalement.

I.2. Généralités sur le dessalement

I.2.1. Définition

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable ou, plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation) à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer les sels de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce.

Très généralement, il est plus simple et plus économique de rechercher des sources d'eau douce à traiter (eaux de surface, telles que lac et rivière, ou eau souterraine), que de dessaler l'eau de mer. Cependant, dans de nombreuses régions du monde, les sources d'eau douce sont inexistantes ou deviennent insuffisantes au regard de la croissance démographique ou de la production industrielle.

D'autre part, il est souvent rentable de combiner la production d'eau douce avec une autre activité (notamment la production d'énergie, car la vapeur disponible à la sortie des turbines, et perdue dans une usine classique, est réutilisable dans une station de dessalement dite thermique ou fonctionnant sur le principe de l'évaporation). L'eau de mer est salée à peu près à 35 g/l en général. Les systèmes de dessalement se caractérisent par leur rendement et le taux de sel résiduel. [3]

I.2.2. Les principales technologies de dessalement des eaux

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué : [4]

I.2.2.1. Les procédés thermiques : la distillation, faisant intervenir un changement de phase.

I.2.2.2. Les procédés utilisant des membranes: l'électrodialyse.

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

Quel que soit le procédé de séparation du sel et de l'eau envisagée, toutes les installations de dessalement comportent 4 étapes :

- 1) Une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière;
- 2) Un prétraitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de produits anti-tarte;
- 3) Le procédé de dessalement lui-même;
- 4) Le post-traitement avec une éventuelle reminéralisation de l'eau produite.

A l'issue de ces 4 étapes, l'eau de mer est rendue potable ou utilisable industriellement, elle doit alors contenir moins de 0,5g de sels par litre. [4]

I.2.2.1. Les procédés de distillation

Dans les procédés de distillation, il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie, la vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide.

Il s'agit en fait d'accélérer le cycle naturel de l'eau, en effet l'eau s'évapore naturellement des océans, la vapeur s'accumule dans les nuages puis l'eau douce retombe sur terre par les précipitations. Ce principe de dessalement très simple a été utilisé dès l'antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux.

L'inconvénient majeur des procédés de distillation est leur consommation énergétique importante liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau. En effet pour transformer un kg d'eau liquide en 1kg d'eau vapeur à la même température il faut environ 2250 kJ (si le changement d'état se fait à 100°C). Afin de réduire la consommation d'énergie des procédés industriels, des procédés multiples effets qui permettent de réutiliser l'énergie libérée lors de la condensation ont été mis au point. [4]

Deux procédés se partagent le marché du dessalement thermique :

- a) Procédé de distillation à détente étagées MSF;
- b) Procédé de distillation à multiples effets MED.

a. Procédé de distillation à détente étagées MSF

Ce procédé dit Flash consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du chauffage, lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120°C, elle est introduite dans une enceinte (ou étage) où règne une pression réduite. Il en résulte une vaporisation instantanée par détente appelée Flash. Une fraction de l'eau s'évapore puis va se condenser sur les tubes condenseurs placés en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en dessous des tubes. C'est l'eau de mer chaude qui se refroidit pour fournir la chaleur de vaporisation, l'ébullition s'arrête quand l'eau de mer a atteint la température d'ébullition correspondant à la pression régnant dans l'étage considéré. Le phénomène de flash est reproduit ensuite dans un deuxième étage où règne une pression encore plus faible. La vaporisation de l'eau est ainsi réalisée par détente successives dans une série d'étages où règnent des pressions de plus en plus réduites. On peut trouver jusqu'à 40 étages successifs dans une unité MSF industrielle. [5]

On remarque lors du phénomène de flash que des gouttelettes d'eau salée peuvent être entraînées avec la vapeur, elles sont séparées grâce à un dévésiculateur constitué par une sorte de grillage qui limite le passage des gouttelettes qui retombent alors au fond de l'enceinte.

L'avantage principal du procédé MSF est que l'évaporation de l'eau de mer ne se produit pas autour des tubes de chauffe puisque le liquide « flashe » ceci limite les risques d'entartrage. [5]

b. Le procédé de distillation à multiples effets MED

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70°C et 80°C. L'évaporation de l'eau a lieu sur une surface d'échange, contrairement au cas du procédé précédent, où elle est assurée par détente au sein des étages successifs. [6]

La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. La vapeur ainsi produite dans le 1^{er} effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le 2^{ème} effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le 2^{ème} effet et ainsi de suite. [7]

Ainsi seule l'énergie nécessaire à l'évaporation dans le premier effet est d'origine externe, la multiplication du nombre d'effets permet donc de réduire la consommation spécifique (énergie/m³ d'eau douce produite), dans lesquels les tubes étaient plongés dans l'eau de mer.

Dans le procédé MED, l'ébullition de l'eau de mer au sein de chaque cellule (effet) se fait au contact de la surface d'échange de chaleur, il y a des risques d'entartrage dû à la précipitation de sels tels que CaSO₄ ou CaCO₃ dont la solubilité diminue quand la température augmente. Pour limiter ces risques, il faut donc utiliser un traitement à l'acide et limiter la température de tête (du 1^{er} effet ou étage) à moins de 70°C. [5]

A titre d'information, pour comprendre la nécessité de réduire la pression dans les systèmes multiples effets ou à détente étagées, la figure-I.1-donne l'évolution de la température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression. [7]

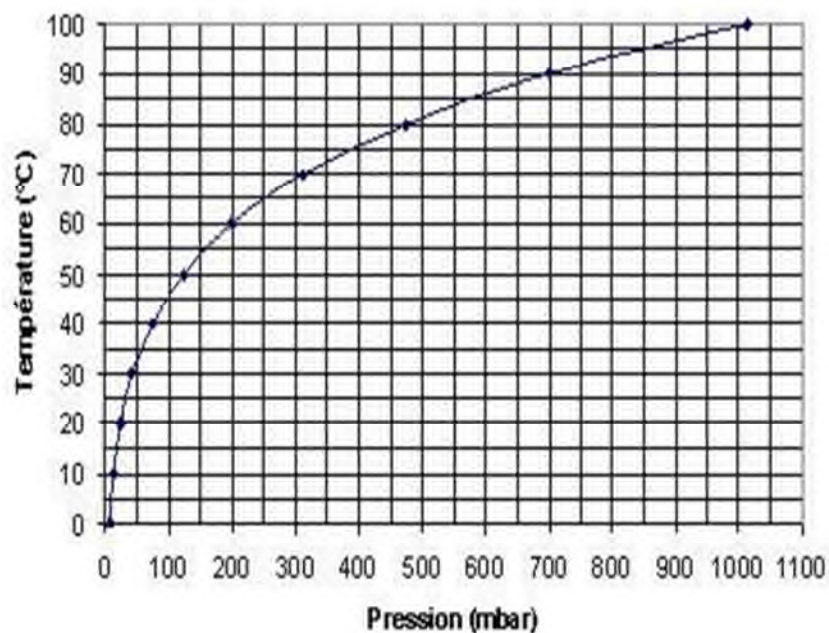


Figure I.1: Évolution de la température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression.

I.2.2.2. Les procédés utilisant des membranes

a. L'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement

de phase, les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10-7mm de taille, l'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression.

La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5 g/L. [6]

a.1. Principe de l'osmose inverse

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. [6]

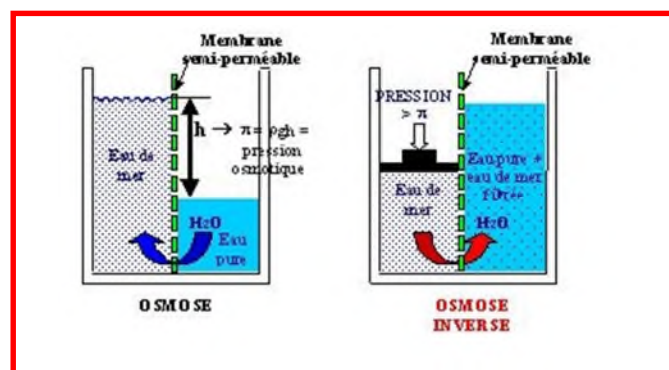


Figure I.2: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.

Une augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse. [6]

b. Procédé d'électrodialyse

L'électrodialyse est un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions contenus dans une solution. [8]

b.1. Description du procédé

L'extraction des ions se fait par migration des ions à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques) sous l'action d'un champ électrique. Ainsi seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et seuls les cations peuvent traverser une membrane cationique. En plaçant plusieurs membranes en parallèle laissant passer alternativement les ions positifs et les ions négatifs, on peut éliminer certains ions de l'eau.

Dans certains compartiments il y a concentration des ions et dans d'autres les ions sont éliminés.

Les particules qui ne portent pas de charge électrique ne sont pas éliminées. [4]

b.2. Application au dessalement

L'électrodialyse est utilisée pour le dessalement d'eau de mer. Sur le schéma ci-dessous vous est présenté le fonctionnement d'une unité en parallèle de dessalement. En fin de chaîne de traitement l'on récupère à la fois de l'eau douce et de la saumure. Il existe également des unités en série et d'autres modèles de système d'électrodialyse. [10]

b.3. Principe de fonctionnement

Sous l'effet d'un courant appliqué dans les bacs externes les ions Na^+ sont attirés vers l'électrode négative et les ions Cl^- vers l'électrode positive. En raison de la sélectivité des membranes; c'est à dire les ions Na^+ peuvent uniquement traverser les membranes cathodiques et les ions Cl^- les membranes anioniques, on obtient de l'eau douce dans deux des quatre compartiments. [9]

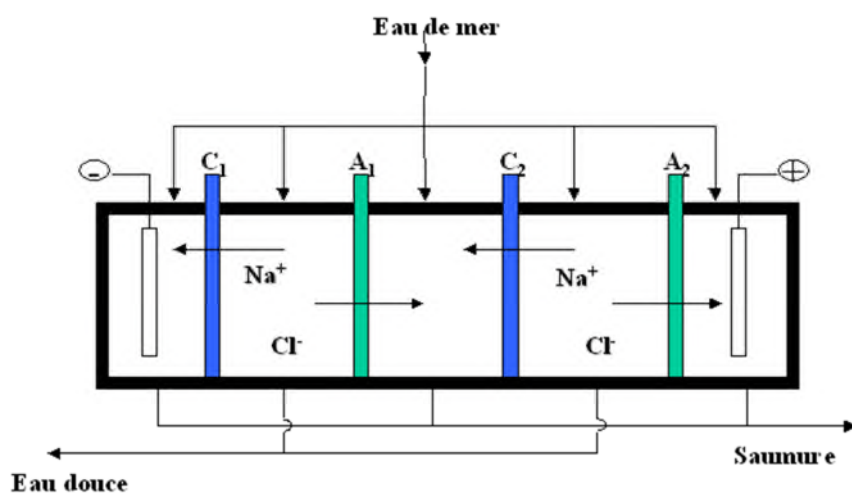


Figure I.3: Schéma représentatif d'un dessaleur fonctionnant par électrodialyse.

I.3. Les déchets issus de dessalement

I.3.1. Déchet ménagers et assimilés MA: Tous déchets issu des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers. [10]

I.3.1.1. Type de déchets ménagers

- Ordures ménagères.
- Déchet encombrant.
- Déchets du commerce assimilables aux déchets ménagers...etc. [9]



Figure I.4: Exemple de déchets MA récolter de l'usine Kahrama 12/04/2015.

I.3.2. Déchets inertes I:Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et / ou à l'environnement.[13]

I.3.2.1. Types de déchets inertes

Les déchets inertes représentent:

- environ 90 % des déchets issus de travaux publics ;
- environ 70 % de ceux des travaux des bâtiments.

Les déchets inertes sont surtout des matières minérales issues de l'activité de construction. On distingue:

- les matériaux issus de l'industrie extractive (c'est-à-dire relatifs aux exploitations de carrières) ;
- les matériaux qui ne sont pas issus de l'industrie extractive (béton, briques, verre, terre, pierres, amiante, etc). [13]



Figure I.5: Exemple de déchets I récolter de l'usine Kahrama 12/04/2015.

I.3.3. Déchets spéciaux S: Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matière qu'ils contiennent ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes, par exemple les boues provenant du lavage et nettoyage et déchets de tissus animaux...[12]



Figure I.6: Exemples de déchets S récolter de l'usine Kahrama 12/04/2015.

I.3.4. Déchets spéciaux dangereux SD: Tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et / ou à l'environnement, par exemple les boues de forage et autres déchets de forage... [13]



Figure I.7: Exemple de déchets SD récolter de l'usine Kahrama 12/04/2015.

I.4. Conclusion

Les installations de dessalement ne présentent pas de danger spécifique. Il s'agit de dangers liés au transfert et au stockage d'eau, de vapeur et de réactifs ainsi qu'à la distribution de l'électricité. On s'attachera à respecter la réglementation et les normes qui les concernent dès le début des études de la future usine de dessalement.

Le premier travail consiste à établir le référentiel pour que tous les acteurs du projet aient une vue claire de toutes les dispositions obligatoires et volontaires concernant l'hygiène, la sécurité et l'environnement (HSE). Les questions HSE sont donc une préoccupation de toutes les phases du projet depuis la conception jusqu'à la formation des opérateurs.



Chapitre II:

Présentation de la station de dessalement d'Arzew

II.1. Introduction

Pour faire face à l'augmentation de la demande en eau, et à la sécheresse qui sévit depuis plus de deux décennies en Algérie, une décision a été prise par le Gouvernement Algérien pour choisir "l'option dessalement d'eau de mer" afin de régler définitivement le problème de disponibilité de l'eau.

Le Complexe KAHRAMA est justement inscrit dans l'ambitieux programme national de « Dessalement d'Eau de Mer », qui est composé de quinze projets, totalisant une capacité approximative de 2 500 000 m³/jour, ces projets ont placés l'Algérie, parmi les pays ayant des capacités les plus importantes au monde.

Notre stage a été effectué au complexe KAHRAMA d'Arzew qui est un complexe pionnier du dessalement d'eau de mer en Algérie. Au cours de ce chapitre, on donne une description brève du complexe et plus exactement au projet de dessalement.

II.2. Généralités sur l'usine

II.2.1. Historique: création de la société de projet

KAHRAMA, abréviation de « Kahraba Wa Ma », est une société constituée pour : Concevoir, financer, construire, posséder, exploiter et entretenir un complexe de dessalement d'eau de mer et de production d'électricité et pour commercialiser l'eau et l'électricité produites.

Usine créée le 22/01/2002 [14]. Le complexe KAHRAMA est implanté dans la zone industrielle d'Arzew à proximité du port industriel de Béthioua, à 40Km de la ville d'Oran.

Il s'étend sur une superficie de 12,5 hectares et est délimité par:

- ✓ Le Complexe GL2Z à l'Ouest;
- ✓ Le site du Projet GNL3 à l'Est;
- ✓ La mer méditerranée au Nord;
- ✓ La route nationale N°11 au Sud. [15]

Le complexe contient :

- **La centrale électrique:** est composée de 03 unités de groupe turbo-générateur, d'un système de gaz combustible et du système de distribution d'électricité qui comporte 03 transformateurs principaux. [15]



Figure II.1: Photo des turbines à gaz récolter de l'usine Kahrama 16/04/2015.

Dans le système de gaz combustible, le gaz naturel est conditionné par la propreté, la température et la pression pour qu'il convienne à la turbine à gaz. Puis, avec le gaz naturel bien conditionné, les unités de groupe turbo-générateur peuvent être mises en service et générer l'électricité.

La vapeur d'eau pour le procédé de dessalement est disponible lorsque la turbine à gaz et la chaudière (HRSG) sont en mode de cogénération. Etant donné qu'une chaudière (HRSG) est capable de produire la quantité de vapeur plus importante que celle requise par une unité de dessalement, une quantité de vapeur en surplus pourra être produite, et un système, appelé "déversement de vapeur" qui traite le surplus de vapeur, est prévu. [16]

- **Une usine de dessalement d'eau:** est composé en principe de trois unités de dessalement identiques de capacité(Design) = $88,880\text{m}^3/\text{Jour}$, de réchauffeur de saumure, de prise d'eau de mer, de rejet de saumure, et de bacs d'eau. [15]

L'eau de mer amenée dans le réchauffeur de saumure gagne la chaleur de la vapeur d'eau. Puis, l'eau douce contenue dans l'eau de mer est extraite à travers le procédé d'évaporation à l'intérieur de l'évaporateur.

La vapeur d'eau dans le réchauffeur de saumure se transforme en condensat après son passage à l'eau de mer, puis le condensat retourne au système d'alimentation d'eau, et il est fourni encore à la chaudière (HRSG). C'est par cette manière que le cycle de vapeur et d'eau est établi.

L'eau douce extraite de l'eau de mer est collectée et séparée en deux objectifs. L'un est pour l'eau de produit, et l'autre est pour l'eau potable. Pour l'eau potable, l'eau douce extraite est conditionnée et dosée avec le gaz CO_2 et d'autres produits chimiques afin qu'elle puisse être potable.

Cette usine dispose d'autres systèmes qui soutiennent les systèmes principaux et qui assurent la sécurité. Ils sont ceux ce qu'on appelle "systèmes d'utilités". [16]



Figure II.2: Photo des unités de dessalement récolter de l'usine Kahrama 16/04/2015.

☒ L'usine de dessalement et centrale électrique d'Arzew est un complexe qui produit et fournit l'eau douce et l'électricité. Elle est capable d'assurer la totalité de production chiffrée dans le Tableau II.1. Elle comprend également le système qui surveille, contrôle et traite les sous-produits tels que les eaux usées, la saumure condensée et le gaz d'échappement, etc. Afin que l'environnement puisse être maintenu aux conditions acceptables, les valeurs environnementales indiquées dans Tableau II.2 sont exigés à l'usine. [16]

Tableau II.1: Production de système.

Centrale électrique	
Puissance de sortie du générateur	114,6 MW/Unité
Usine de dessalement	
Capacité de production de distillat	88,888 m ³ /j

Tableau II.2: Valeurs de contrôle d'environnement.

Centrale électrique	
NO _x	50 mg/Nm ³ à 10% O ₂
CO	25 mg/Nm ³ à 10% O ₂
Ensemble de l'usine et système commun	
Niveau sonore	55Db(A) Sur la route de la zone industrielle d'Arzew à la limite sud du site
Eau usée (PH)	5,5 à 8,5

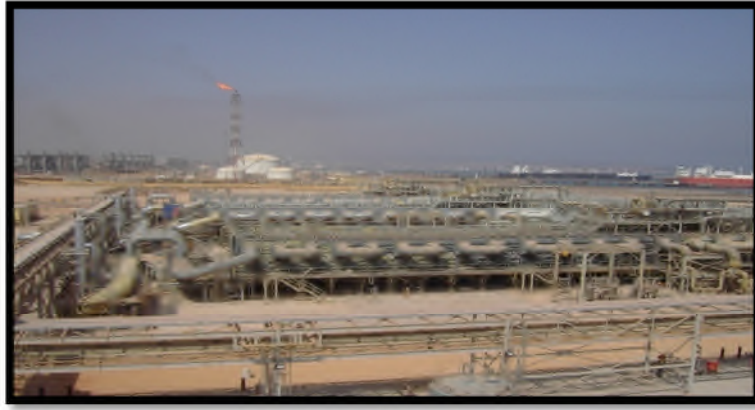


Figure II.3: Photo de l'ensemble de systèmes récolter de l'usine Kahrama 16/04/2015.

II.3. Système de dessalement

Le système de dessalement consiste en trois unités identiques de dessalement, et les systèmes communs qui comportent le système de nettoyage par acide, les filtres de charbon activé et le système de traitement d'eau dessalée. [16]

II.3.1. Unité de dessalement

Chaque unité de dessalement produit l'eau distillée à taux de $29.629 \text{ m}^3/\text{jour}$ avec la qualité de 5ppm TDS en moyenne. La plupart d'eau produite est traitée pour être potable, et le reste d'eau non-traitée est utilisée pour l'eau d'appoint de chaudière et d'autres utilisations.

II.3.1.1. Description de système

II.3.1.1.1. Principe de dessalement par "détente (Flash)" [16]

Un liquide a sa propre température de saturation à une température donnée, et cette température descend au fur et à mesure que la pression baisse. Le liquide sous condition de saturation contient la quantité maximum d'énergie calorifique et bout qui se vaporise, soit lorsque la chaleur additionnelle est fournie, soit que la pression est réduite.

Lorsqu'un liquide à la température de saturation est introduit dans une chambre non chauffée où la pression est maintenue plus basse que celle de saturation du liquide, ce dernier bout et se vaporise immédiatement. Ce phénomène est appelé "évaporation par détente".

Autrement dit, il produit le distillat à haute pureté en condensant la vapeur détendue. L'usine de dessalement utilise ce principe pour produire le distillat à partir de l'eau de mer. Pour mettre en œuvre ce phénomène au maximum, l'évaporateur à détente de multi-étage (Multi-Stage Flash) est divisé en un certain nombre d'étages dont chacun est à pression successivement plus basse. Ces pressions respectives sont maintenues par le système de vide. [16]

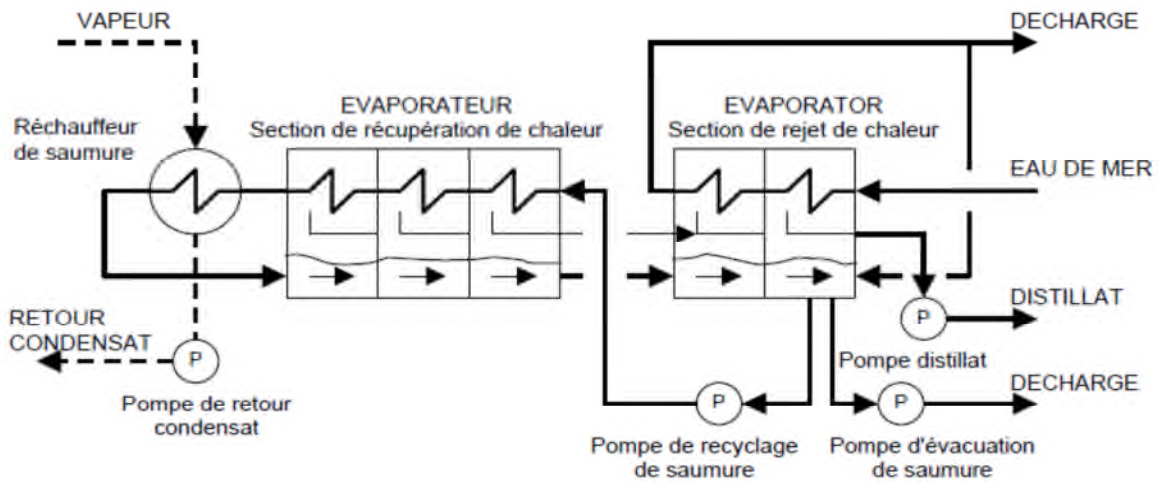


Figure II.4: Schéma simplifié d'évaporateur MSF.

L'unité de dessalement se compose des composants et systèmes suivants:

✓ **Evaporateur:** L'évaporateur est construit comme échangeur de chaleur horizontal à calandre et faisceau tubulaire en une seule passe avec la vapeur se condensant au côté calandre et la saumure se véhiculant à l'intérieur du faisceau tubulaire. Les premiers 14 étages constituent la section de récupération de chaleur (HRC), tandis que les derniers 03 étages constituent la section de rejet de chaleur (HRJ). La boîte d'eau en avant et en arrière de chaque étage de l'évaporateur dirige l'écoulement vers le faisceau tubulaire.

✓ **Réchauffeur de saumure:** Le réchauffeur de saumure est prévu pour réchauffer la saumure recyclée. C'est un échangeur de chaleur horizontal à calandre et faisceau tubulaire en une seule passe avec la vapeur se condensant au côté calandre et la saumure se véhiculant à l'intérieur du faisceau tubulaire.

✓ **Dégazeur:** Le dégazeur enlève l'air dissous de l'eau d'appoint avant que ce dernier entre dans l'évaporateur. Le dégazeur minimise la possibilité de corrosion des composants de l'évaporateur, surtout la calandre d'évaporateur, en dégazant la teneur en oxygène dans l'eau d'appoint.

✓ **Système de vide:** Le système de vide est utilisé pour maintenir le système évaporateur aux conditions de vide en aspirant les gaz non-condensables générés de l'eau d'appoint ou de la saumure. Le système de vide aspire également l'air fuit dans le système évaporateur des environs atmosphériques.

Le système de vide se compose de 02 éjecteurs de vapeur d'eau, du précondenseur, du condenseur de premier étage et du condenseur de second étage.

L'éjecteur de vapeur hogging est utilisé pour évacuer le système évaporateur durant le démarrage.

✓ **Pompes:** Les pompes jouent un rôle majeur dans l'usine de dessalement. Les pompes suivantes sont installées dans chaque unité de dessalement :

a- **Pompe de recyclage de saumure:** Deux (2 X 50%) pompes de recyclage de saumure sont installées. La saumure est véhiculée par les pompes de recyclage dans le circuit de recyclage de saumure.

b- **Pompe de distillat:** Deux (2 X 100%) pompes de distillat sont installées pour refouler le distillat produit de la boîte de distillat.

c- **Pompe d'évacuation de saumure:** Deux (2 X 100%) pompes d'évacuation de saumure sont installées pour refouler la saumure du dernier étage au ponceau de décharge d'eau de mer.

d- **Pompe d'adoucissement d'eau de mer:** Deux (2 X 100%) pompes d'adoucissement d'eau de mer sont installées pour chauffer l'eau de mer entrant dans les tubes de la section de rejet de chaleur de l'évaporateur lorsque la température d'eau de mer est basse, notamment en hiver. L'eau de mer adoucissante est véhiculée de la sortie à l'entrée de la section de rejet de chaleur de l'évaporateur.

e- **Pompe de retour de condensat:** Deux (2 X 100%) pompes de retour de condensat sont installées pour refouler le condensat du réchauffeur de saumure. Le condensat retourne à l'usine de dessalement, via le collecteur de condensat

✓ **Système de nettoyage à billes:** Le système de nettoyage à billes est utilisé pour nettoyer les surfaces intérieures de tubes de la section de récupération et le réchauffeur de saumure durant l'exploitation normale. Le principe de base d'opération du système de nettoyage à billes consiste en circulation de billes de mousse (éponge) dont le diamètre est légèrement supérieur que celui intérieur du tube. Le système de nettoyage à billes se compose d'un filtre à billes, d'un collecteur de billes et d'une pompe de recyclage de billes.

✓ **Système de dosage de produits chimiques:** Le système de dosage de produits chimiques est composé de :

a- **Système de dosage d'inhibiteur de tartre.**

b- **Système de dosage d'anti-mousse:** Le système de dosage d'inhibiteur de tartre est utilisé pour empêcher la formation de tartre à l'intérieur de tubes de la section de récupération de chaleur et du réchauffeur de saumure en injectant l'inhibiteur de tartre dans la boîte de puisard de recyclage de saumure montée dans le dernier étage de l'évaporateur.

Le Système de dosage d'anti-mousse est prévu pour injecter la solution d'antimousse dans la ligne d'appoint en amont du dégazeur, afin d'empêcher le moussage d'eau d'appoint dans le dégazeur et de saumure de recyclage dans la chambre de l'évaporateur.

✓ **Système de récupération de gaz CO₂:** Les gaz non-condensables générés dans l'unité de dessalement sont utilisés pour être injectés dans le distillat au système de traitement d'eau. Le système de récupération de gaz CO₂ est prévu pour récupérer ce gaz non condensable, et envoyer ce dernier dans les filtres de charbon activé pour être désodorisé.

✓ **Système d'alimentation de vapeur et de retour de condensat:** La vapeur à pression moyenne, 14 barA, est alimentée dans l'usine de dessalement à partir de la centrale électrique. Le collecteur commun de vapeur à pression moyenne, venant de la centrale, est raccordé à la canalisation principale de 14 barA de chaque unité de dessalement.

La plupart de vapeur à pression moyenne est envoyée au réchauffeur de saumure après la dépressurisation et le désurchauffage, tandis que le reste de vapeur à pression moyenne est alimenté au système de vide et au désurchauffeur installé en amont du réchauffeur de saumure. [16]

II.3.2. Système commun [16]

✓ **Système de nettoyage à l'acide:** La prévention de tartrage dans les tubes de transfert de chaleur a une importance capitale pour les unités de dessalement. Le tartrage important cause la réduction de production d'eau. Le système de nettoyage à l'acide est utilisé pour nettoyer périodiquement les tubes de l'évaporateur et du réchauffeur de saumure au moyen d'un acide chlorhydrique (ou acide sulfamique).

✓ **Filtre à charbon actif:** Les gaz non-condensables provenant de l'évaporateur sont récupérés par le système de récupération de CO₂ de chaque unité de dessalement. Les filtres à charbon actif sont utilisés pour désodoriser les gaz non-condensables provenant des unités de dessalement.

✓ **Système de traitement d'eau dessalée:** Ce système a pour l'objet d'ajouter la dureté et de neutraliser l'eau distillée provenant des unités de dessalement comme suit :

- Alcalinité : 35 à 65 ppm as CaCO₃;
- Dureté totale : 50 à 60 ppm as CaCO₃;
- PH : 8,0 à 8,5;
- Indice de saturation Langelier : 0 à 0,4.

II.3.2.1. Description de système

✓ **Système de nettoyage à l'acide:** Le système de nettoyage à l'acide est utilisé pour nettoyer périodiquement :

- Tubes de la section de récupération de chaleur et du réchauffeur de saumure par la circulation d'une solution d'acide;
- Dispositifs anti-buée par un bassin de nettoyage/rinçage.

Un patin mobile composé des équipements suivants et un bassin de nettoyage/rinçage de dispositif anti-buée sont prévus pour 03 unités de dessalement : Réservoir d'acide, réservoir d'inhibiteur, pompe de dosage d'acide, pompe de dosage d'inhibiteur, pompe de décharge d'acide, tableau de commande locale

✓ **Filtre à charbon activé:** Deux (2 X 100%) filtres à charbon actif sont installés au collecteur de gaz d'évent situé près de pipe-rack nord au côté nord-est de l'unité-3 de dessalement. Le gaz passant par le filtre à charbon actif est envoyé vers le système de traitement d'eau dessalée.

✓ **Système de traitement d'eau dessalée:** Le système de traitement d'eau dessalée est divisé, du point de vue de procédé, en les systèmes principaux suivants :

a-Système d'absorption de dioxyde de carbone;

b-Dissolution de calcaire, dégazage, lavage par inversion du courant, soufflage à l'air;

c-Système de traitement chimique;

d-Système de récupération d'eau de lavage par inversion du courant.

En particulier, les points les plus remarquables dans le schéma de procédé sont récapitulés comme suit :

- Addition de dureté par dissolution de calcaire dans l'eau distillée acidifiée par dioxyde de carbone pour former le bicarbonate de calcium.

- Enlèvement de CO₂ (par le dégazeur) et neutralisation finale (par la soude caustique) afin d'enlever l'excès de CO₂ après les dégazeurs et d'obtenir PH et LSI requis.

- Pour optimiser les exigences de mélange d'eau potable, le système est conçu en mode by-pass, si bien qu'une seule partie de distillat est amenée à l'absorbeur de CO₂ et aux filtres de calcaire avec le mélange final dans le mélangeur statique avec l'eau non-traitée pour atteindre l'alcalinité requise.

- Système d'injection d'hypochlorite pour obtenir l'eau exempte de bactéries.

La capacité totale conçue de traitement est 3705 m³/h d'eau distillée de l'usine de dessalement. Ce système peut être contrôlé dans une portée de 375 à 3705 m³/h.

Dans la portée de 926 à 3705 m³/h, l'ensemble de système est en mode d'exploitation automatique, tandis que dans la portée de 375 à 926 m³/h, il se trouve en mode d'exploitation manuelle. [16]

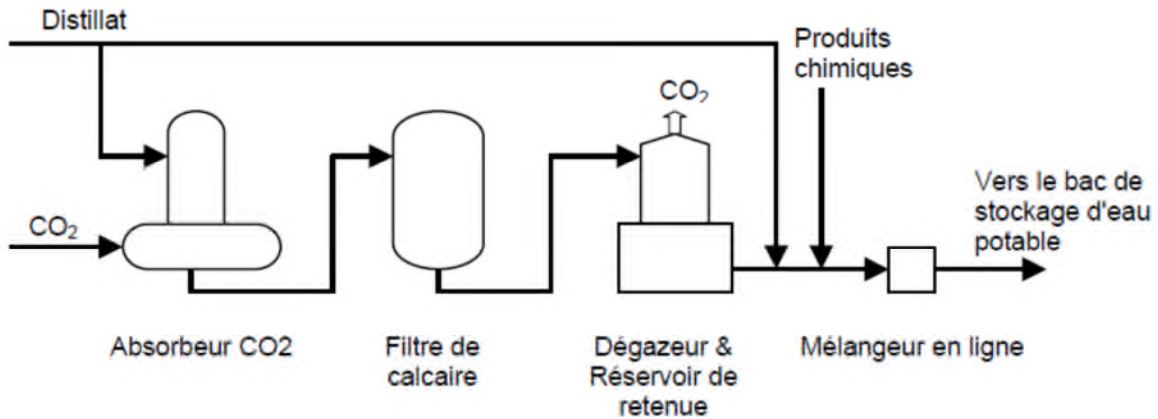


Figure II.5: Schéma simplifié du système d'eau potable.

II.4. Système de stockage et distribution d'eau produite [16]

II.4.1. Système d'eau potable

L'eau distillée venant de l'usine de dessalement est traitée par le système de traitement d'eau distillée, puis introduite dans le système d'eau potable.

L'eau potable est fournie au bac d'eau potable pour son stockage, et distribuée aux installations et équipements suivants :

- ✓ Complexes de la SONATRACH;
- ✓ EPEOR;
- ✓ Camion-citerne;
- ✓ Utilisation interne pour : Eau incendie, Eau de service, Eau de refroidissement de secours pour compresseur d'air.

II.4.1.1. Description de système

Le niveau de bac d'eau potable est surveillé. Le niveau Très-Bas (LL) du bac arrêtera les pompes de distribution d'eau potable, et celui Très-Haut (HH) arrêtera l'alimentation d'eau vers le bac.

Le niveau d'eau est surveillé pour les alarmes de niveau Bas (L) et niveau Haut (H). 02 débitmètres d'eau potable (01 en réserve) sont montés dans les lignes allant aux complexes de la SONATRACH et à l'EPEOR respectivement.

En outre, en cas de coupure générale d'électricité, l'eau potable est fournie au compresseur d'air pour permettre l'arrêt total de l'usine en toute sécurité. [16]

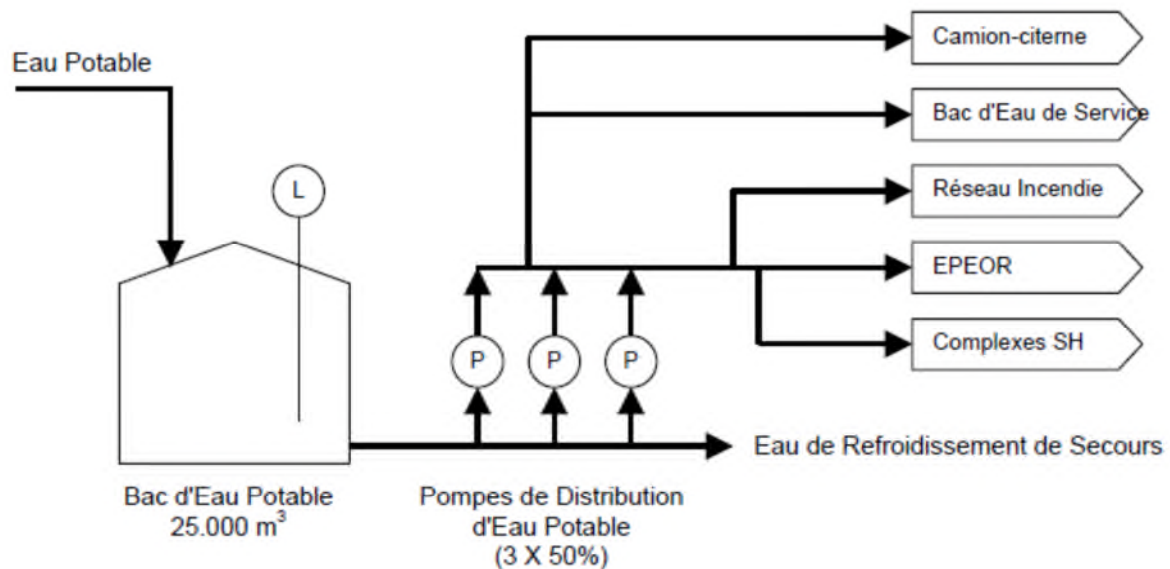


Figure II.6: Schéma simplifié du Système d'Eau Potable.

II.4.2. Système d'eau de process

L'eau distillée venant de l'usine de dessalement est fournie au bac d'eau de process pour son stockage, et distribuée aux installations et équipements suivants :

- ✓ Complexes de la SONATRACH;
- ✓ Système de traitement d'eau distillée;
- ✓ Utilisation interne pour l'usine de dessalement, la centrale électrique et installations communes. [16]

II.4.2.1. Description de système

L'eau de process venant de l'usine de dessalement est fournie au bac de stockage d'eau de process (1 X 25,000 m³). Les pompes de distribution d'eau de process (3 X 50%) refoulent l'eau au complexe de la SONATRACH. Les pompe de décharge d'eau de process (2 X 100%) envoient l'eau au système de traitement d'eau distillée.

Le niveau de bac d'eau de process est surveillé. Le niveau Très-Bas (LL) du bac arrête toutes les pompes, et celui Très-Haut (HH) arrête l'alimentation d'eau vers le bac. Les alarmes Haut (H) et Bas (L) sont deux débitmètres d'eau (01 en réserve), sont montés dans la ligne allant au complexe de la SONATRACH.

En outre, l'eau de process sera fournie à l'usine de dessalement, à la centrale électrique et aux installations communes. [16]

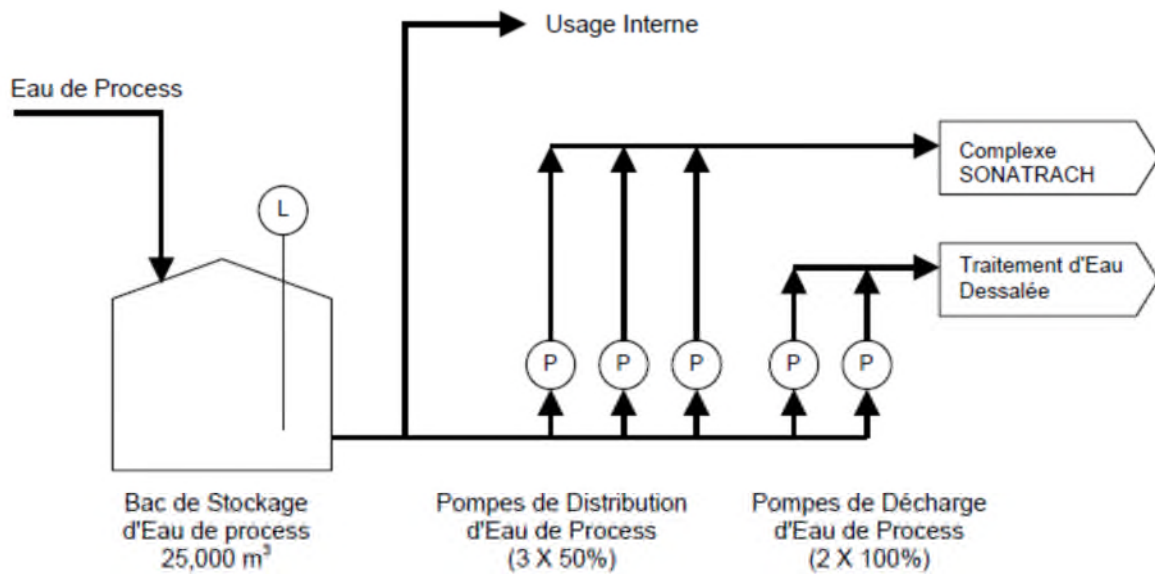


Figure II.7: Schéma simplifié du Système d'Eau de Process.

II.5. Qualité de l'eau produite

La qualité de l'eau potable & de l'eau distillée produites par le Complexe KAHRAMA est selon les normes contractuelles, ayant comme spécifications aux points de livraison: [15]

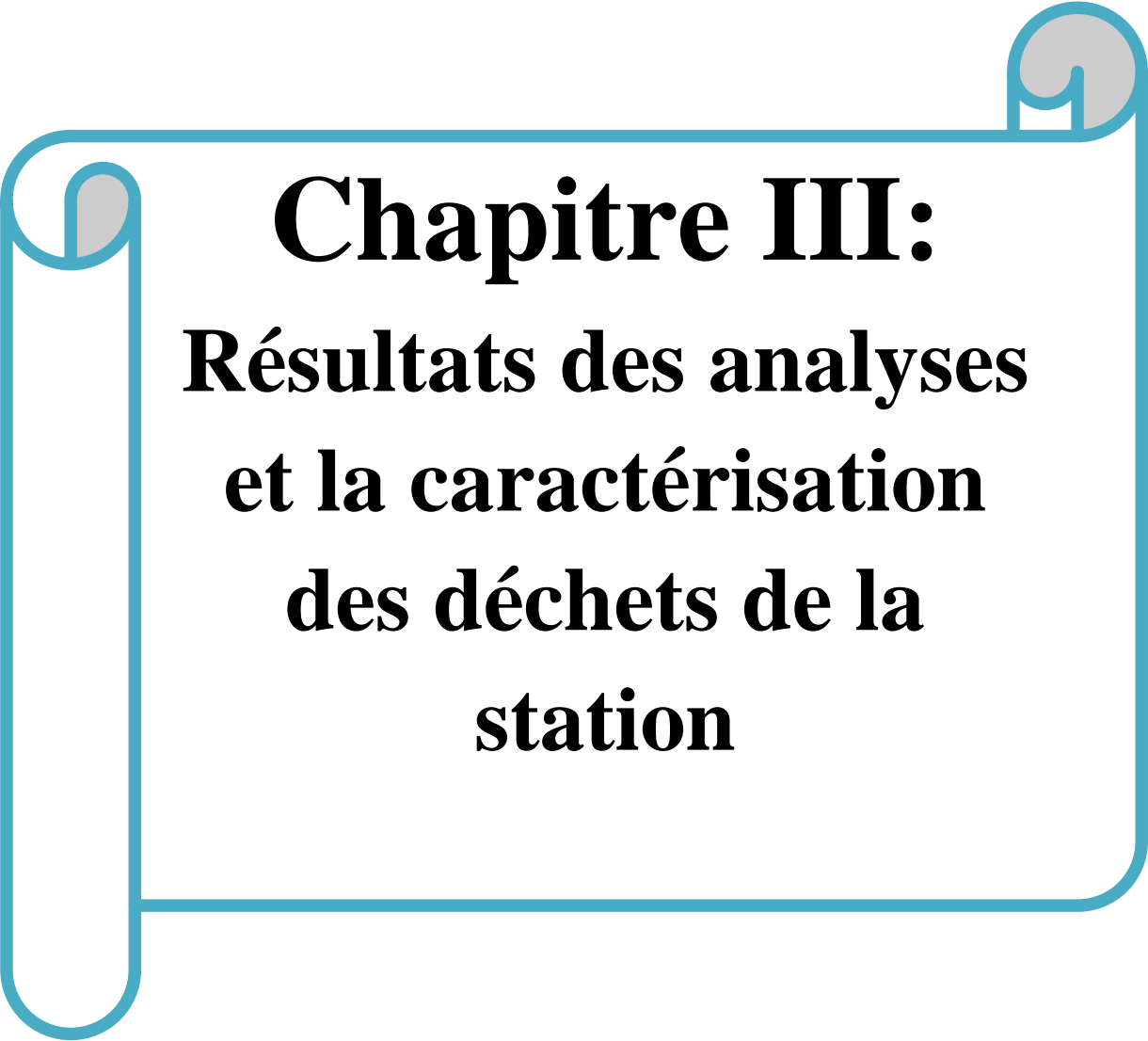
- Eau potable:
 - Alcalinité: 35 à 65 ppm comme CaCO_3 ;
 - Dureté totale: 50 à 65 ppm comme CaCO_3 ;
 - PH: 8,0 à 8,5;
 - Indice de Langelier : 0 à 0,4.

NB: Cette qualité de l'eau potable est conforme à la norme fixée par l'OMS.

- Eau distillée:
 - TDS moyen < 5 mg/l.

II.6. Conclusion

Une présentation brève de l'usine est effectuée au cours de ce chapitre, ainsi qu'une description du mode de fonctionnement de la station de dessalement est détaillée. Il est à noter que le complexe continue à déployer tous les efforts nécessaires pour le respect des normes, des standards et des lois en vigueur conformément au système de management afin de maintenir et d'assurer l'exploitation des installations dans de bonnes conditions de production et de sécurité.



**Chapitre III:
Résultats des analyses
et la caractérisation
des déchets de la
station**

III.1. Introduction

La question des déchets industriels est devenue aujourd'hui un objet de préoccupation d'un nombre croissant de concitoyens, chercheurs et hommes politiques. De tout temps, la génération de déchets solides industriels et d'effluents été intrinsèque à l'activité industrielle, ceux-ci ont toujours été sources de problèmes ou de risques, variables selon les civilisations, leur impact s'avère d'autant plus grand que la zone d'activité est importante.

Les industriels essayent progressivement de mieux prendre en compte les volumes croissants, les risques sanitaires, leur nature plus technique, et plus généralement toutes les gênes qu'occasionnent les déchets solides industriels, surtout mais il reste toujours un sujet complexe.

Dans ce chapitre, nous présentons les différents résultats obtenus à partir des analyses des échantillons prélevés. Ces analyses vont nous permettre de préciser les caractéristiques des différents déchets de la station d'Arzew.

III.2. Les différents déchets issus de la station et leurs caractérisations

III.2.1. Les différents déchets de la station

La première étape de notre partie de notre stage effectué à la station de dessalement d'Arzew était de collecter les déchets depuis la zone des déchets de l'usine. L'étape de tri était la deuxième étape avant de passer à l'étape de caractérisation. Les trois tableaux ci-dessous illustrent les principaux déchets de la station.

Tableau III.1: Les déchets solides de la station. [14]

Déchets Solides	Classement	Responsabilité
1- Batteries	SD	HSE/DE
2- Piles alcalines	S	HSE/DE
3- pneus/ Tuiles	S	HSE/DE
4- Filtres d'air	S	HSE/DE/EXP
5- Filtres (chicanes en plastiques)	MA	HSE/DE/EXP
6- Pièces de rechanges usagés mécaniques	S	Ingénieur mécanique

7- Pièces de rechanges usagés électriques	S	Ingénieur électricité
8- Pièces de rechanges usagés instrumentation	S	Ingénieur instrumentation
9- Matériels informatiques	SD	Ingénieur informatique
10-Demisters usages	S	HSE/DE/EXP
11-Matériaux en FRP	S	Ingénieur mécanique /DE/HSE
12-Futs en plastiques	MA	ADM/HSE/DE
13-Futs métalliques	MA	ADM/HSE/DE
14-Bois	MA	Ingénieur génie civil /DE
15-Papiers /Cartons	MA	HSE/DE
16-Ferrailles	S	ADM/HSE/DE/ Ingénieur génie civil
17-Chiffons souillés	SD	Ingénieur mécanique /DE
18-Emballages des produits chimiques (labo)	SD	RESP LABO /HSE/DE
19-Verreries cassés (labo)	S	RESP LABO /HSE
20-Appareillages cassés (labo)	S	RESP LABO
21-Rubriques métalliques /plastiques	S	HSE /DE
22-Néons	SD	Ingénieur électricité /HSE
23-Prières	I	DE/HSE
24-Boues provenant du lavage et du nettoyage	S	Ingénieur électricité /HSE
25-Absorbeur des HC	SD	Ingénieur électricité /HSE
26-Charbon actif usé	SD	Ingénieur électricité /HSE
27-Peintures uses	S	Ingénieur électricité /HSE
28-Climatiseurs	SD	Ingénieur électricité /HSE
29-Déchets ménagers	MA	DE/HSE
30-Plastiques	MA	DE/LABO/EXP/HSE/ADM

31-La laine de verre (fibre de verre)	SD	EXP/HSE/DE
---------------------------------------	----	------------

Tableau III.2: Les déchets liquides de la station. [14]

Déchets liquides	Classement	Responsabilité
1- Eaux de nettoyage des compresseurs GT	SD	EXP/HSE/DE
2- Eaux de nettoyage des demisters	S	EXP/HSE/DE
3- Produits chimiques primes	SD	HSE/DE
4- Eaux sanitaires (fosses septiques)	S	HSE/DE
5- Huiles usages	SD	Ingénieur mécanique /DE/HSE
6- Rejets du laboratoire	SD	DE
7- Rejets des dessaleurs et HRSG vers la mer	S	EXP/HSE/DE
8- Colles primes	SD	HSE/DE

Tableau III.3: Les déchets gazeux de la station. [14]

Déchets Gazeux	Classement	Responsabilité
1- Poussières	S	MAIN/EXP/HSE/DE
2- Vapeurs d'eaux	I	EXP/HSE/DE
3- NOX, CO, CO ₂	S	EXP/HSE/DE
4- Vapeurs d'acides (préparation du lavage acide /lavage)	SD	EXP/HSE/DE

III.2.2. La caractérisation des déchets

III.2.2.1. Les paramètres mesurés pour caractériser les eaux usées

a) La demande chimique en oxygène ou la DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans un effluent industriel ou une eau usée. [18]

Les eaux d'un effluent industriel dont la DCO est élevée peuvent provoquer des problèmes de diminution de la concentration d'oxygène dans des cours d'eau.

Le principe de la DCO repose sur l'oxydation de la matière oxydable contenue dans un échantillon. L'oxydation se fait par chauffage à reflux en milieu fortement acide avec une quantité connue de bichromate de potassium dans une éprouvette fermée. La matière oxydable dans l'échantillon qui réagit avec le bichromate de potassium provoque un changement de couleur dont l'absorbance est proportionnelle à la quantité de bichromate de potassium réduit et se mesure en équivalent d'oxygène.

La réaction se fait en présence d'un catalyseur, l'argent qui joue le rôle d'un catalyseur d'oxydation permettant de réduire les ions dichromates ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) en ions chromates (Cr^{3+}) [18,19].

➤ **Réactifs** [18]

Les réactifs utilisés sont:

- ❖ Dichromate de potassium < 0,5%;
- ❖ Acide sulfurique > 64%;
- ❖ Sulfate de fer < 1%;
- ❖ Eau déminéralisée < 34%.

Pour calculer le DCO d'un échantillon, on applique l'équation suivante:

$$\text{DCO} = 8000 * C * (V_1 - V_2) / V_0$$

C : concentration en mol/l de sulfate de fer (II) et d'ammonium;

V_0 : volume en ml de la prise avant dilution ;

V_1 : volume en ml de sulfate de fer (II) et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc;

V_2 : volume en ml de sulfate de fer (II) et d'ammonium utilisé pour la détermination de l'échantillon. [19]

b) Demande biologique en oxygène DBO₅

La DBO₅ ou Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours.

Pour mesurer la DBO₅, on réalise une première mesure de la concentration en dioxygène d'un échantillon d'eau. On répète cette mesure 5 jours plus tard. La DBO₅ représente la différence entre les deux concentrations mesurées. Les mesures sont réalisées à l'aide du dispositif ExAO. [20,22]

Il est à noter qu'il est nécessaire de préparer plusieurs solutions correspondant à des dilutions différentes pour pouvoir choisir celle d'entre elles à laquelle correspond une consommation d'oxygène comprise entre 40 et 60 % de la teneur initiale. [21]

➤ Réactifs [18]

Les réactifs utilisés sont les suivants:

-Eau distillée ou eau de pureté au moins équivalente;

-Solution de phosphate (A);

-Dissoudre séparément dans de l'H₂O 8.5g de monohydrogenophosphate de sodium (Na₂HPO₄ ,2H₂O) ou 17g de Monohydrogenophosphate de sodium dodecahydrates (Na₂HPO₄, 12H₂O) et 2,8g de dihydrogénophosphate de potassium(KH₂PO₄);

-Solution de sulfate de magnésium à 20 grammes par litre de CaCl₂;

-Solution de chlorure de calcium à 25 grammes par litre de FeCl₃, 6H₂O;

-Solution de chlorure d'ammonium à 2 grammes par litre de NH₄Cl;

NB : le dosage de l'oxygène dissous peut être effectué par voie chimique (dosage volumétrique) ou par voie électrochimique (oxymétrie).

c) Mesure de la température

Il est important de connaître la température de notre échantillon, c'est un paramètre qui influe sur tous les processus chimiques tel que le pH, et la conductivité.

Pratiquement la température est mesurée sur site soit avec un thermomètre à mercure gradué en (°C) soit avec un appareil électrométrie. [17]

d) Mesure de pH

Le pH est l'un des paramètres chimiques importants l'or qu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau à l'entrée de la station d'épuration. Des variations importantes du PH sont presque toujours la conséquence du rejet industriel. [18]

La mesure de pH peut être effectuée par méthode électrométrie à l'aide d'un pH-mètre.

e) Matière en suspension (MES)

Cette méthode est basée sur la détermination des matières en suspension après évaporation de l'échantillon [18]. Au cours du traitement, on filtre l'échantillon sous vide ou sous pression sur un filtre en papier, le filtre est en suite séché à 105 C°, et la masse du résidu quand à elle retenu sur le filtre est déterminée par pesée. [17]

Les MES sont calculés à partir de l'équation suivantes :

$$\text{MES} = 1000(B-A)/V$$

MES : matières en suspension.

B : poids du filtre vide.

A : poids du filtre après filtration.

V : volume d'échantillon (ml).

❖ Résultat et discussion

Tableau III.4: Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.

Paramètres	Valeurs mesurées avant traitement	Valeurs mesurées après traitement	Valeurs limites (Réglementation)
DBC₅	189 mg d'oxygène/l	35 mg d'oxygène/l	35 mg d'oxygène/l
DCO	322 mg d'oxygène/l	60 mg d'oxygène/l	120 mg d'oxygène/l
MES	21 mg/l	5,05 mg/l	35 mg/l
PH	8,56	7,2	6,5 à 8,5
Température	27 °C	19 °C	30 °C

☒ Les valeurs de la DBO₅ enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 189 mg/l (entrée) à 35 mg/l (sortie).

Vu la nature et l'origine de l'eau usée collectée et acheminée vers la station d'épuration afin qu'elle soit traitée. La valeur élevée de la DBO₅ au niveau de l'entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables.

La valeur minimale enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable, surtout si on considère que la norme exige une DBO₅ < 35mg/l.

☒ Les valeurs de la DCO enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 322 mg/l (entrée) à 60 mg/l (sortie).

Les résultats de la demande chimique en oxygène mentionnés présentent dans le tableau (III.4). Une diminution à la sortie de la station d'épuration signifie la dégradation des matières oxydables. Ce qui laisse supposer un ralentissement de l'activité bactérienne.

La valeur de la DCO dans notre prélèvement d'échantillon reste inférieure à la norme (120mg /l) à la sortie de la station. Cela veut dire que la quantité d'oxygène est suffisant pour l'oxydation des matières organiques donc le fonctionnement de la station est bien fait.

☒ L'analyse des MES révèle une diminution importante des valeurs de l'entrée (20,5mg/l) vers la sortie (5,05 mg/l) de la station d'épuration.

Le résultat obtenu au niveau de l'entrée de station d'épuration est évidemment élevé car il s'agit d'eau usée urbaine, et sa diminution à la sortie est due au traitement d'épuration qu'a subie l'eau usée. Cette diminution est très importante car elle donne une idée sur l'efficacité du traitement, surtout si on considère que les normes des MES pour le rejet des eaux traitées est < 35 mg/l.

☒ Les valeurs du pH révèlent une diminution de l'entrée (8,56) à la sortie (7,2) au niveau de la station d'épuration.

On obtiendra de bons résultats si l'écart varie entre 6,5 et 8,5. Si le pH est bien au-delà de 6,5 à 8,5, on procède à un ajustement à l'aide de produits chimiques afin de satisfaire les exigences biologiques et assurer la stabilité et l'hygiène du procédé de traitement biologique.

Dans notre cas le PH des eaux usées prélevées au niveau de la station d'épuration est acceptable pour une eau en voie de traitement et pour sa réutilisation en irrigation.

☒ Au niveau de la station d'épuration, les valeurs de la température indiquent une légère diminution de l'entrée (27°C) vers la sortie (19°C).

Au niveau des stations d'épuration la température des eaux usées influe beaucoup sur l'efficacité du procédé de traitement, par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées. De plus, l'activité biologique prenant place lors du traitement décroît avec le froid, la vitesse de nitrification est très ralentie en dessous de 10°C (Martin ,1979). Selon Ollier et Poirie (1983), une eau trop chaude ou trop froide peut donner lieu à des accidents surtout sur des jeunes plantes.

f) Analyse des huiles graisses & hydrocarbures

Cette méthode permet de mesurer la quantité des huiles, graisses et hydrocarbures totaux en mg/l contenus dans les eaux usées [19]. Les huiles, graisses et hydrocarbures totaux dissous dans les eaux usées; sont extraites par le solvant S-316 (tetrachlorohexafluorobutanetane) ($C_4Cl_4F_6$). Après extraction, la phase solvant est séparée et dirigée vers la cellule de mesure de l'analyseur à infrarouge OSMA310(HORIBA). [19]

g) Analyse de l'azote kjeldhal

Cette méthode est basée sur la détermination de l'azote organique et inorganique existant dans l'eau. Le résultat de la méthode est la somme d'azote organique (protéine, acide nucléiques, urée, produits chimiques organiques synthétiques) et l'azote ammoniacal. [20] L'échantillon à analyser est distillé, l'azote organique et inorganique s'évapore et se trouve piégé dans la solution d'acide borique.

Cette méthode comporte une digestion énergétique des matières organiques en présence d'acide sulfurique concentré et d'un catalyseur (sulfate de mercure) à une température de 360°C.

Le processus de digestion convertit l'azote organique en sulfate d'ammonium par passage en milieu alcalin, on libère l'ammonium que l'on dose après distillation par acidimétrie ou par colorimétrie. [19]

➤ Réactif [18]

Les réactifs utilisés sont les suivants:

- Hydroxyde de sodium (NaOH) de 30 à 35 %;
- Acide borique (H_3BO_3) 4%;
- Eau distillée (H_2O).

La concentration de l'azote kjeldhal se lire directement sur le spectrophotomètre.

h) Dosage de chlore résiduaire

Le chlore, ou ses dérivés chlorés, est un oxydant puissant qui, mélangé à l'eau, brûle les matières organiques qu'elle contient, et en particulier les virus pathogènes et les microbes en une demie heure. Une partie importante du chlore étant nécessaire pour neutraliser ces matières organiques, il n'en reste cependant qu'une partie, appelée chlore résiduel libre, pour traiter la contamination éventuelle ultérieure de l'eau dans le réseau ou les habitations. La concentration en chlore libre de l'eau traitée doit être selon l'OMS de 0,2 à 0,5 mg/l.

Il faut donc utiliser assez de chlore pour qu'il en reste assez une fois l'eau traitée, sauf consommation immédiate. [20]

Il existe plusieurs procédés de chloration, lesquels varient d'ailleurs selon la qualité de l'eau à traiter.

La chloration n'est en effet efficace que sur une eau claire. Si l'eau n'est pas transparente, si des impuretés visibles à l'œil nu sont présentes, la chloration sera beaucoup moins efficace. Il faut dans ce cas procéder à un traitement préliminaire.

Si l'eau est claire, on peut procéder directement à la chloration. La quantité de produit chloré nécessaire varie néanmoins selon la qualité de l'eau brute (elle est d'autant plus faible que l'eau est claire et que son PH est inférieur à 8, donc plutôt acide), selon le degré de concentration du produit utilisé, le volume d'eau et la durée souhaitée de maintien de la qualité de l'eau après traitement.

On considère dans la majorité des cas, et si l'eau est claire, qu'il faut utiliser 5 mg de chlore actif par litre d'eau et attendre environ 30 minutes. Mais si l'eau est trouble, il convient de la filtrer et de la faire décanter.

Il existe cependant maintenant des produits assurant les deux fonctions : décantation et chloration.

Les tests biologiques doivent déterminer si le résiduel est suffisant pour désinfecter l'effluent. [21]

i) Dosage de phosphore total

Le phosphore que l'on retrouve dans les cours d'eau et dans les eaux usées est presque exclusivement sous la forme phosphate. Il existe plusieurs catégories de phosphates qui peuvent être classifiées en trois groupes principaux :

- Les orthophosphates (PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$).

- Les phosphates condensés, où deux ou plusieurs atomes de phosphore sont réunis par des liaisons P-O-P, comme les métaphosphates (PO_3^- , $\text{P}_2\text{O}_6^{-2}$, $\text{P}_3\text{O}_9^{-3}$, etc.), les pyrophosphates ($\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$), les polyphosphates ($\text{P}_3\text{O}_{10}^{-5}$), etc.

-Les phosphates organiques où les liaisons P-O-C sont présentes, comme les phosphoprotéines, les phosphoglucosides, les phospholipides et les acides nucléiques. Les phosphates organiques proviennent surtout des procédés biologiques. Ils se retrouvent dans les égouts par suite du déversement des déchets domestiques alimentaires et humains et peuvent aussi être formés par l'action du biota aquatique du cours d'eau récepteur ou dans les procédés de traitement biologique.

Les orthophosphates qui sont appliqués comme fertilisants sont entraînés par les pluies dans le cours d'eau récepteur et à un moindre degré par la fonte de la neige.

Des quantités importantes peuvent être ajoutées lorsque l'eau est utilisée pour la lessive ou le nettoyage industriel, car ces phosphates, surtout du tripolyphosphate de sodium ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), forment une partie importante des composés chimiques dans les solutions nettoyantes commerciales. On les retrouve aussi dans certains types de détergents pour adoucir l'eau en complexant les ions calcium et magnésium. [20]

Le phosphore est un élément essentiel à la croissance des organismes vivants et peut être l'agent nutritif qui limite la production primaire d'une eau naturelle. Dans le cas où le phosphore serait le nutriment limitatif, le déversement d'eaux usées traitées ou brutes, le drainage agricole ou certaines eaux industrielles dans le cours d'eau peuvent stimuler la croissance des micros et macro organismes aquatiques responsables de la photosynthèse en des quantités nuisibles. Il peut s'en suivre l'eutrophisation du plan d'eau. [21]

La méthode de dosage du phosphore total repose sur l'oxydation de la matière organique et la conversion de l'une ou l'autre des catégories de phosphate en orthophosphate soluble, par l'action d'un acide et d'un agent oxydant.

En milieu acide, le molybdate d'ammonium et le tartrate d'antimoine et de potassium réagissent avec l'orthophosphate pour former l'acide phosphomolybdique. Ce dernier est ensuite réduit par l'acide ascorbique pour former un complexe bleu intense, de type colloïdal. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration d'orthophosphates et est mesurée par spectrophotométrie à 880 nm. [20]

❖ **Résultat et discussion****Tableau III.5:** Autres caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.

Paramètres	Valeurs mesurées avant traitement	Valeurs mesurées après traitement	Valeurs limites (Réglementation)
Azote de KJELDAHL	139,4 mg/l	04 mg/l	30 mg/l
Huile et graisses	9,96 mg/l	08 mg/l	20 mg/l
Chlore résiduelle	0,856 mg/l	0,1 mg/l	1 mg/l
Phosphore totale	11,8 mg/l	05 mg/l	10 mg/l

☒ Les résultats obtenus indiquent une teneur en azote Kjeldhal qui diminue de l'entrée (139,4 mg/l) vers la sortie (04 mg/l) de la station d'épuration.

La valeur enregistrée à la sortie est inférieure à 30 mg/l et par conséquent, une valeur répond à la norme requise de rejet.

☒ L'analyse des huiles et graisses révèle une diminution importante des valeurs de l'entrée vers la sortie de la station d'épuration (la quantité des huiles, graisses dans les eaux usées de l'entrée (9,960 mg/l) et (8 mg/l) de la sortie).

Ces valeurs sont dans le cadre de la conformité, car il ne faut pas qu'elle dépasse 20 mg/l.

☒ Les valeurs de chlore résiduel enregistré au sein de la station d'épuration varient de 0,856 mg/l (entrée) à 0,1 mg/l (sortie).

Le chlore résiduaire est typiquement entre 0,5-1mg/l, donc il est capable d'éliminer les bactéries pathogènes. On constate que le chlore résiduel est suffisant pour désinfecter l'effluent.

☒ Les valeurs du phosphore total révèlent une diminution de l'entrée 11,8 mg/l à la sortie 5 mg/l au niveau de la station d'épuration.

Dans les eaux usées, la part des rejets ne présente que 30 à 50 % du phosphore total (entre 5 et 20 mg/l), le reste provenant des produits de nettoyages. Cela explique les teneurs élevées perçues dans les prélèvements sur l'eau usée.

Le phosphore total échappe en grande partie au traitement des stations d'épuration biologique, et la diminution des teneurs en phosphore total de l'entrée de la station (11,8 mg/l) vers la sortie (5 mg/l) est due à sa consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration.

J) Dosage des métaux lourds par Absorption Atomique

Les analyses ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre d'Absorption Atomique avec Flammes 'Perkin Elmer, ANALYSTE 100'.

Il consiste à nébuliser dans la flamme d'un spectromètre d'absorption atomique d'une prise d'essai de l'échantillon ou de l'échantillon dilué. La procédure décrit 02 méthodes de dosage dans les eaux par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme des six (05) éléments métalliques suivants : fer, nickel, cuivre, zinc, et plomb.

Un spectromètre d'absorption atomique, équipé de lampes à cathode creuse ou lampes à champ haute fréquence sans électrodes appropriées aux métaux à doser, d'un dispositif ou de lampes permettant la correction de l'absorbance non spécifique et d'un ensemble « Nébuliseur-Brûleur » à flamme acétylène – air. [23]

➤ Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique reconnue, de façon à ce que leur emploi n'affecte pas la précision du dosage. L'eau utilisée doit être déionisée ou distillée ; et ne doit pas contenir de métaux à des concentrations détectables par l'analyse d'un essai à blanc. [23]

-Acide Nitrique C (HNO_3) = 1,5 mol/l.

-Ajouter 100 ml d'acide nitrique à 600 ml d'eau et diluer à 1000 ml.

❖ Résultat et discussion

Tableau III.6: Autres caractéristiques physico-chimiques des eaux usées.

Paramètres	Valeurs mesurées avant traitement	Valeurs mesurées après traitement	Valeurs limites (Réglementation)
Cuivre totale	0,001 mg/l	0,0001 mg/l	0,5 mg/l
Plomb total	0,0601 mg/l	0,001 mg/l	0,5 mg/l

Nickel total	0,0281 mg/l	0,001mg/l	0,5 mg/l
Zinc total	0,4081 mg/l	0,117 mg/l	3 mg/l
Fer	0.9149 mg/l	0,259 mg/l	3 mg/l

☒ La quantité de cuivre total dans l'eau usée obtenues, que ce soit à l'entrée (0,001 mg/l) où la sortie (0,0001 mg/l) de la station d'épuration, sont largement inférieures à la norme requise (0,5 mg/l).

☒ Les valeurs de plomb total enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 0,0601mg/l (entrée) à 0,001 mg/l (sortie). Donc la valeur de sortie est dans la norme < 0,5mg/l.

☒ L'analyse de nickel total révèle une diminution importante des valeurs de l'entrée 0,0281 mg/l vers la sortie 0,001 mg/l de la station d'épuration.

☒ A l'entrée de la station de traitement, on constate que le teneur en Zinc de l'ordre 0,4081 mg/l et 0,117 mg/l a la sortie de station. Les valeurs enregistrées sont très nettement inférieures aux valeurs de la norme requise de rejet limitée à 3mg/l.

☒ Les valeurs enregistrées du Fer ne dépassent pas la norme requise (3 mg/l). A l'entrée de la station, la valeur atteinte est de 0,9149 mg/l tandis qu'à sa sortie, elle est de 0,259 mg/l.

III.2.2.2. Les paramètres mesurés pour caractériser les Boues du traitement des eaux usées

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

Les boues résiduaire représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes). [25]

III.2.2.2.2. Méthode d'analyse des boues [27]

La connaissance des composés chimiques existants dans la boue est très importante afin de déterminer le type de ce déchet, pour sa valorisation en fabrication des engrais.

Préparation de la poudre de boue pour les différentes analyses

Au niveau du laboratoire, nous avons préparé la poudre de boue comme suit :

-Séchage : dans une étuve à 105°C pendant 24h jusqu'à élimination totale de l'humidité;



Figure III.1:Boue dans l'étuve.

-Broyage de la boue séchée dans un mortier à agat puis un tamisage de la poudre est effectué afin d'éliminer les grosses particules;

Cette poudre sera utilisée pour les différentes analyses chimiques :

- Détermination de taux d'humidité et la perte au feu;
- Détermination des métaux lourds.

A) L'analyse physico-chimique de la poudre de boue

Le but de l'analyse est la détermination des caractéristiques physico-chimiques de la poudre de boue. [26]

a) Calcul de l'humidité

Les caractéristiques des boues sont extrêmement variables d'une source à l'autre. Elles dépendent de la nature des effluents et du type de traitement appliqué. La caractérisation des boues passe par la détermination des paramètres suivants : PH, siccité, pourcentage de matière organique, PCI, composition en NTK, NH_4^+ , P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO . La boue est constituée d'eau et de matières sèches (MS). Le pourcentage d'eau représente l'humidité alors que le pourcentage de matières sèches représente la siccité : une boue ayant 10% de siccité a un taux d'humidité de 90%.

Le taux d'humidité est calculé suivant la relation:

$$H \% = (m_1 - m_2) / m_0 * 100$$

Avec

m_0 : masse d'échantillon (=2,0008g)

m_1 : masse de creuset + masse de l'échantillon (20,2544 + 2,0008)

m_2 : la masse de la boue après deux heures de séchage dans l'étuve de 150°C (22,1297g)

❖ Résultat et discussion

La valeur de l'humidité est donc de l'ordre de :

$$H\% = (22,2552 - 22,1297) / 2,0008 * 100$$

$$H\% = 6,27 \%$$

Nous remarquons que la poudre de boue contient un taux d'humidité de 6,27%, nous pouvons dire que même après séchage de la boue pour la préparation de la poudre nous n'avons pas pu éliminer tout l'eau continue dans l'échantillon initial et cela a cause de la forme de l'échantillon recueilli (sous forme bloque) d'une part. D'autre part une partie de l'humidité est due par l'absorption de l'humidité de l'air par la boue.

b) Détermination de la Perte Au Feu

La perte au feu permet de mesurer directement la matière organique et l'eau de constitution existante dans notre boue.

- La calcination à 500° C: réalisé au niveau du laboratoire El Feth

Pour calculer la PAF, on applique l'équation suivante:

$$PAF_1\% = (m_0 - m_1) / m_0 * 100$$

- La calcination à 900°C : réalisé au niveau du laboratoire A.O.A

$$PAF_2\% = (m_2 - m_3) / m_0 * 100$$

❖ Résultat et discussion

- La calcination à 500°C

$$m_0 = 10 \text{ g}$$

$$m_1 = 8,16 \text{ g}$$

$$PAF_1\% = 18,4\%$$

Ce pourcentage représente le taux d'eau de constitution existante dans notre boue

- La calcination à 900°C

$$m_0 = 2,0008 \text{ g}$$

$$m_2 = 22,1297 \text{ g}$$

$$m_3 = 20,8562\text{g}$$

$$\text{PAF}_2\% = 63,649\%$$

Ce pourcentage représente l'eau de constitution et la M.O existant dans la boue nous pouvons déduire la quantité du M.O par une soustraction de la PAF à 900° C et de la PAF de 500°C donc :

$$\text{M.O} = \text{PAF } 900^\circ - \text{PAF } 500^\circ$$

$$\text{M.O} = 63,649\% - 18,4\%$$

$$\text{M.O } \% = 45,25\%$$

c) Détermination de la composition chimique de la boue

Le but de cet essai est de déterminer les composés chimiques de pourcentage élevé tel que: SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO . Avant de procéder à l'analyse chimique de la boue nous devons passer par la préparation de l'eau régale suivant le protocole expliqué dans l'annexe B. [28]

➤ Détermination du taux de la silice [26]

Le taux de silice est déterminé par deux moyens, celle qui n'est pas solubilisé dans l'acide appelé acide insoluble et l'autre sont des traces qui sont passés lors de la filtration de l'eau régale appelé acide soluble.

✓ Acide insoluble

$$\text{SiO}_2 \% = (m_3 - m_4) / m_0 * 100$$

❖ Résultat

$$m_0 = 2,0008\text{g}$$

$$m_3 = 20,8562\text{g}$$

$$m_4 = 20,5656\text{g}$$

$$\text{SiO}_2\% = 14,52\%$$

✓ Silice soluble en mg/l

• Réactifs utilisés

- 50 ml d'échantillons;
- 1 ml d'acide chlorhydrique (agiter et attendre 5 min);
- 1,5 ml de molybdate d'ammonium à 10% (agite et attendre 2 min);
- 1,5 ml de l'acide oxalique (agite et attendre 2 min);
- 4 ml de l'acide aminonaphtole sulfonique;

- Durée d'attente : 20 minutes;
- Puis cette solution sera passée dans appareil d'analyse (photomètre de flamme).



Figure III.2: Analyse de la silice.

➤ **Détermination du taux Fe_2O_3** [26]

Le protocole de détermination du taux de l'oxyde ferrique est décrite comme suit:

- On ajoute au filtrat obtenu deux réactifs, l'hydroxyde d'ammonium et le chlorure d'ammonium produisant un complexe; ce dernier est filtré;
- Peser le creuset en platine vide, on obtient une masse m_6 ;
- On prend le filtré et on le met à l'intérieur du creuset puis on le brûle au four à 9000°C pendant 2 heures;
- Refroidir le creuset puis le mettre au dessiccateur pendant 15 mn;
- Peser le creuset, on obtient une masse m_5 .

$$\text{Fe}_2\text{O}_3\% = (m_5 - m_6) * 100$$

❖ **Résultat**

$$m_5 = 20.2770\text{g}$$

$$m_6 = 20.2481\text{g}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3\% = 2.89\%$$

➤ **Détermination de CaO** [25]

La détermination se fait suivant les étapes suivantes:

- Prendre 10 ml dans un erlen;
- Ajouter 100 ml d'eau déminéralisée;
- Ajouter NaOH 1N jusqu'à pH= 12;
- Ajouter quelques gouttes de mirixdes;
- Titrer avec EDTA 0,02 N (V1).

❖ **Résultat**

Nous avons déterminé la valeur du CaO par titrage volumétrique.

CaO = 12,92%

➤ **Détermination de la MgO [29]**

- Prendre deuxième 10 ml dans un erlan et ajouter 100 ml d'eau;
- Ajouter la solution tampon (pH 10) jusqu' au pH=10;
- Introduire quelque gouttes de NET (environ 5);
- Titrée avec EDTA 0,02 N(V2);
- Entrer (V1) et (V2) dans le programme EXCEL existant au sein de la société qui nous donne directement le taux des deux composés.

❖ **Résultat**

Lors de l'ajout des réactifs (NET,EDTA) nous avons observé que la solution a viré directement au bleu ce qui veut dire que MgO existe en trace.

❖ **Discussion**

Tableau III.7: Récapitulatif des résultats des analyses par titrage volumétrique.

Paramètre	Résultat (%)
SiO ₂	14,52
Fe ₂ O ₃	2,89
CaO	12,92
MgO	Des traces

Nous remarquons que notre boue possède une quantité nécessaire et suffisante de la chaux pour la fabrication des engrais industriels mais nous avons remarqué l'absence magnésie (des traces).

B) Analyses des éléments nutritifs**a) Détermination de l'azote kjeldahl [28]**➤ **Dosage de l'azote kjeldahl par minéralisation au sélénium (norme NF EN 25663)**

Dans un premier temps l'azote organique est minéralisé par de l'acide sulfurique à ébullition, en présence d'une concentration élevée de sulfate de potassium (qui permet d'élever le point d'ébullition du mélange) et de sélénium comme catalyseur.

L'azote ammoniacal formé en milieu acide sulfurique se trouve sous forme de sulfate d'ammonium qui s'ajoute à l'azote ammoniacal présent dans l'eau à analyser.

Après la minéralisation, la minéralisât contient uniquement des ions NH_4^+ .

La suite du principe est le dosage direct de l'ion NH_4^+ dans le minéralisât par spectrophotométrie à 655 nm. [26]

❖ Résultat et discussion

Le résultat obtenu après l'analyse est de

$$\text{N}=2.80 \%$$

L'azote est un des éléments nutritif (N. P, K) et on peut utiliser dans l'agriculture.

b) Analyses des traces [19]

Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire chimique de la société de fabrication des engrais (FERTIAL) pour la disponibilité des appareils et les réactifs.

➤ Détermination de l'Ammonium en mg/l [29]

• Réactifs utilisés

- 25 ml d'échantions;
- 2 ml de sel de seignette;
- 2 ml de réactif de Nessle;
- Durée d'attente : 10 minutes.



Figure III.3: Analyse de l'ammonium.

➤ **Phosphates en ml/l [29]**

• **Réactifs utilisés**

- 50 ml d'échantillons;
- 1 ml d'acide sulfurique $\frac{1}{4}$;
- 10 ml de molybdate d'ammonium à 2,5 %;
- 4 ml d'acide aminonaphtole sulfonique;
- Durée d'attente : 20 minutes.

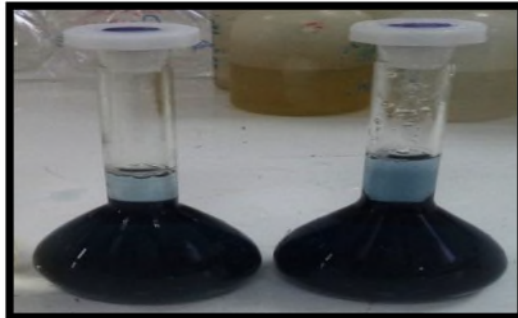


Figure III.4: Analyse des phosphates.

➤ **Nitrite en mg/l [28]**

• **Réactifs utilisés**

- 25 ml d'échantillons;
- 1 ml d'acide acétique 2%;
- 5 ml d'acide sulfanilique;
- 5 ml d'alpha naphtylanine;
- Durée d'attente : 10minute.

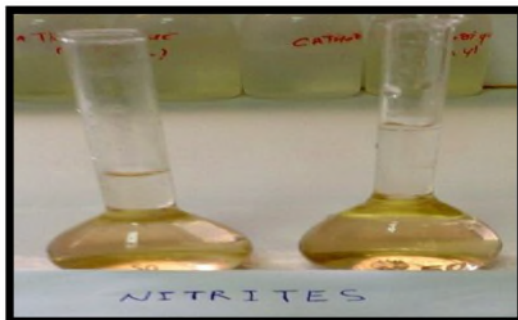


Figure III.5: Analyse du nitrite.

Toutes les solutions précédentes vont être analysées dans un spectrophotomètre de flamme.

❖ **Résultat et discussion**

Détermination de $[\text{NO}^{2-}]$, $[\text{PO}_4^{3-}]$, $[\text{NH}^{4+}]$ par spectrophotomètre:

Tableau III.8: Récapitulatif des résultats des analyses des éléments nutritifs.

Parameter	Résultat (%)
N	2,80
[NH ₄ ⁺]	0,00006
[PO ₄ ³⁻]	0,0022
[NO ₂ ⁻]	0,0045

D'après le tableau nous pouvons en conclure que notre boue est de nature azoté.

Les boues contiennent en moyenne 4 à 6 % d'azote (pourcentage de la matière sèche) ; ce taux d'azote est variable selon les types de boues. La fourchette extrême des teneurs s'étend de 1 à 9 % selon les caractéristiques des effluents traités,

La proportion d'azote ammoniacal (N-NH⁴⁺) par rapport à l'azote total est essentiellement fonction du traitement des boues (épaississement, déshydratation, séchage, chaulage, compostage...). Toutefois, pour un type de boue donné, la composition initiale en azote et le rapport N total/N ammoniacal peuvent évoluer au cours du stockage. Au niveau de la station d'épuration, ils varient aussi selon les fluctuations de charge et de composition des effluents admis.

Dans les boues, l'azote est présent sous deux formes : l'azote organique, l'azote minéral (N-NH⁴⁺). Les boues ne contiennent généralement pas d'azote nitrique (N-NO³⁻) ou d'azote nitreux (N-NO²⁻), notre boue contient des traces de ces éléments.

C) Détermination de la concentration des métaux lourds par spectrophotomètre

Le spectrophotomètre est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée (Fer, Cuivre, Nickel, Zinc, Plomb, Chrome ; Cadmium), généralement en solution. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert. [30]

Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire chimique EL- FETH.



Figure III.6: Spectrophotomètre

L'appareil utilisé est du type (Du 520 BACK.MAN) central puroxe UV/VIS spectromètre.

Avant de passer aux analyses, il est nécessaire de faire un étalonnage.

Le but de cet appareil est de mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée après le dosage de chlorure, phosphate, ions ammonium, fer, cuivre et la teneur de CO₂. [27]

La détermination de la quantité totale de métal s'effectue après une mise en solution de la boue, après séchage dans un mélange d'acides forts par spectromètre puisque ces métaux lourds existent en traces.

Selon la norme AFNOR les résultats doivent être représentés en mg du produit /kg de matière sèche tableau ci-dessous:

Les quantités des éléments contenues dans 10g de boue sont calculées en premier lieu et puisque nous avons dissous cette masse dans 1L de solution, nous avons déterminé la quantité des éléments dans 1kg de boue en deuxième lieu.

$m_0 \rightarrow$ 10g de boue

$m \rightarrow$ 1kg de boue (1000g)

$m = m_0 * 1000 / 10$

Avec

m_0 : la masse de l'élément contenu dans 1g de boue (la concentration obtenu)

m : le résultat converti en mg/kg de matière sèche

Nous avons comparé les concentrations des métaux lourds de la boue obtenue et nous l'avons comparé par les valeurs limites de la norme AFNOR. [29]

❖ **Résultat et discussion**

Toutes les valeurs sont regroupées dans le tableau ci-dessous:

Tableau III.9: récapitulatif des concentrations en métaux lourds des boues résiduelles de la station KAHRAMA avec les valeurs limites.

métaux-traces	Résultat (%)	Résultat (mg/kg)	valeurs limites (mg/kg MS)
Fe	0,0048	48,4851	-
Ni	0,0016	16,2841	200
Cu	0,0067	65,9065	1000
Pb	0.0030	30,1156	800
Zn	0,0158	158,9004	3000
Cd	0,00002	0,1984	20
Cr	0,0041	41,4739	1000

Il apparaît que les valeurs des concentrations en métaux lourds cadmium (cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), nickel (Ni), plomb (Pb), et le zinc (Zn) déterminées dans les boues résiduelles de la station, sont inférieures aux valeurs limites données par la norme AFNOR ce qui confirme notre suggestion d'utilisation de cette boue dans l'agriculture.

D) Analyse par Diffraction des rayons X

La production des rayons X se fait généralement suivant le même procédé que celui utilisé en imagerie médicale. Des électrons arrachés à un filament de tungstène chauffé électriquement sont accélérés sous l'effet d'un champ électrique intense (tension de 50 kV) pour bombarder une anode (ou anticathode) faite de matériaux différents selon les applications visées. [31]

Leur principe est que la lumière se propage de proche en proche et chaque élément de surface atteint par elle se comporte comme une source secondaire qui émet des ondelettes sphériques. L'amplitude de la vibration lumineuse en un point est la somme des amplitudes produites par toutes les sources secondaires. Une source secondaire est constituée par tout élément limitant le trajet de la lumière. Ces éléments doivent alors être du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du rayonnement. [31]

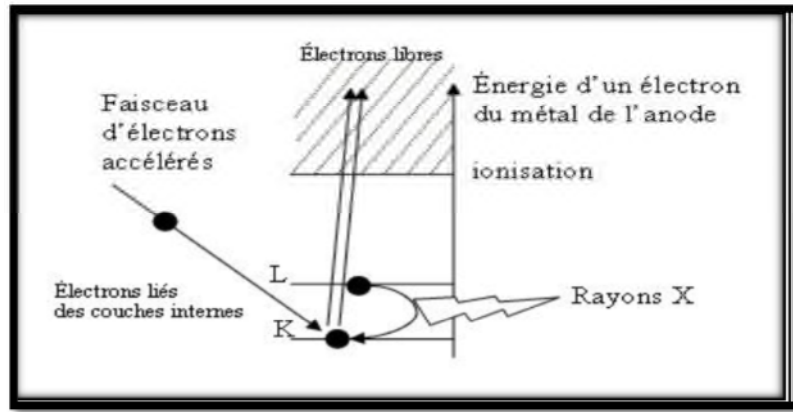


Figure III.7: Transitions électroniques responsables de la production des rayons X. [31]

❖ Résultat et discussion

La diffraction des rayons X est une méthode d'analyse non destructive des solides sous forme de poudre. Le spectre obtenu est illustré dans la figure III.11

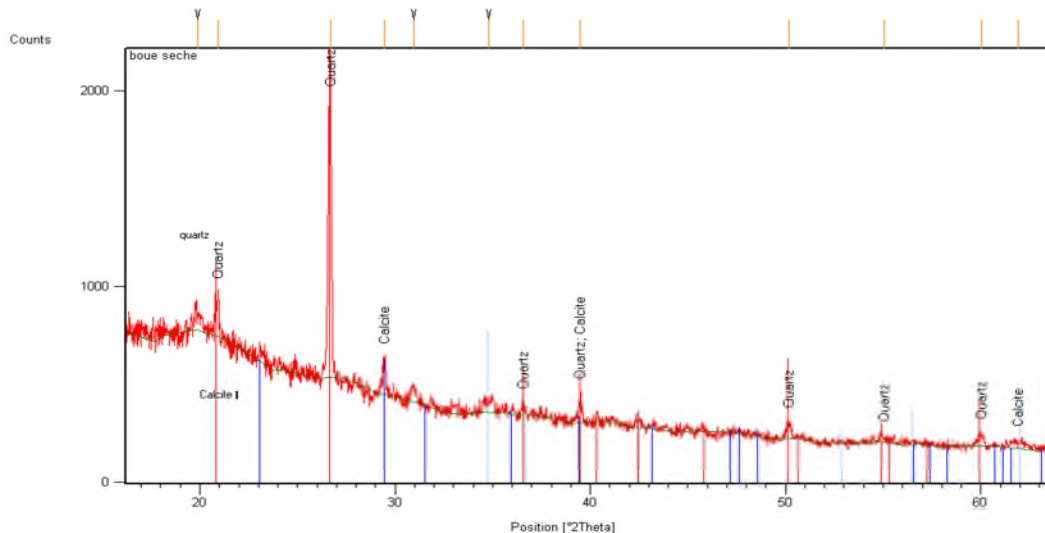


Figure III.8: Diffractogramme de la Boue.

La figure montre le diffractogramme de la Boue. Nous pouvons voir clairement que l'identification des phases a bien montré qu'il existe au moins deux phases, la calcite et le quartz.

III.2.2.3. Les paramètres mesurés pour caractériser les huiles usagées

a) Analyse physico-chimique: Comptage de particules

La surveillance des dimensions et des quantités de particules contaminées solides dans les huiles hydrauliques. Le niveau de propreté ou de contamination est établi selon le code ISO 4406. [35]

Nb : Si l'échantillon contient plus de 300 ppm d'eau (c'est-à-dire l'équivalent de 0,3 % d'eau présent dans l'échantillon), ce test ne peut être effectué. Les méthodes employées (en laboratoire) sont des comptages au microscope.

✓ **Contrôle des particules par comptage [35]**

On filtre un échantillon d'huile sur un filtre très fin (0,8 à 1,2 μm par exemple) puis on compte les particules insolubles qui ont été arrêtées, suivant leur taille. L'observation du filtre permet de compter les particules par tailles normalisées. Le nombre de particules dans chaque taille est ensuite ramené à un échantillon de 100 cm^3 . On détermine ensuite une classe de pollution pour chaque taille. L'ensemble de ces classes forme le code de pollution de l'huile. Le nombre le plus grand de ce code est la classe de pollution de l'huile (plus le nombre de la classe est élevé et plus l'huile est polluée. On vérifie alors si l'huile est conforme pour l'utilisation que l'on en fait. On peut également noter l'élévation de la pollution au cours du temps pour noter les dérives (maintenance préventive conditionnelle).

❖ **Résultat et discussion**

Tableau III.10: Résultat de comptage particules selon la norme (ISO/SAE).

Comptage particules (ISO/SAE)	Valeur
SAE AS4059 > 4 μm (c)	8
SAE AS4059 >6 μm (c)	5
SAE AS4059 >14 μm (c)	3
SAE AS4059 >21 μm (c)	4
SAE AS4059 >38 μm (c)	4
SAE AS4059 >70 μm (c)	0
SAE AS4059	8
ISO 4406 (1999)	17/13/9

Tableau III.11: Code chart ISO 4406 (1999).

Code	Particule par ml	
	Supérieur	Inférieur où égale
24	80000	160000
23	40000	80000
22	20000	40000
21	10000	20000

20	5000	10000
19	2500	5000
18	1300	2500
17	640	1300
16	320	460
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2,5	5
8	1,3	2,5
7	0,64	1,3
6	0,32	0,64

D'après les résultats d'analyse et le tableau III.11, le nombre des particules qui sont de granulométrie supérieure à 4, 6 et 14 micro mètre respectivement sont 8, 3, 4 selon la norme ISO4409 (1999) 17/13/9. Donc les résultats du comptage de particules sont corrects (bonne efficacité du système de filtration) pour cette huile usagée et pas de pollution anormale par de l'eau.

b) Analyse spectrométrique à émission optique

Cette analyse permet de déterminer de manière rapide les concentrations, exprimées en ppm en masse, des différents éléments présents dans les huiles sous forme d'additifs (calcium, magnésium...), de particules d'usure métalliques (fer, nickel, chrome, étain, cuivre, aluminium...), ou de contaminants solides divers (poussières atmosphériques, silicone...).

L'analyse de ces constituants permet de savoir ce qui se passe dans l'installation (par exemple : l'apparition d'un taux anormal d'étain ou d'aluminium indiquera une usure anormale des coussinets dans un moteur). [33]

❖ **Résultat et discussion****Tableau III.12:** Résultat de la spectrométrie.

Les métaux	Valeur (ppm)	Valeur limite (ppm)
Phosphore	3127	199
Zinc	0	155
Calcium	46	598
Magnésium	0	75,7
Fer	2	15
Chrome	0	1,25
Molybdene	0	0,085
Cuivre	0	28
Silicium	2	31
Sodium	2	89
Bore	0	2,87
Soufre	99	52

D'après les résultats d'analyse on remarque que certains métaux ont des teneurs élevées (ex: Phosphore très élevé et Soufre,) et les autres sont dans les normes limites c-à-d les éléments polluants (métaux lourds) sont piégés dans les huiles usagées, donc cette particularité rend leur destruction par incinération possible.

c) Teneur en eau

Ce contrôle est essentiel puisque l'eau altère les qualités de lubrification de lubrifiant et peut conduire à l'oxydation des métaux. [33]

❖ **Résultat et discussion****Tableau III.13:** Résultat d'analyse de la teneur en eau.

Teneur en eau EN ISO 12937 (ppm)	Valeur limite
Eau	200

D'après le tableau du résultat, on remarque que la teneur en eau dans cet échantillon est élevée par rapport à la valeur limite.

III.3. Conclusion

Pour pouvoir juger de la qualité d'une eau et son degré de pollution, on fait appel à une série d'analyse. L'échantillonnage ainsi que les modes opératoires des analyses effectuées ont été réalisés selon des normes.



Chapitre IV:

Traitement des déchets de la station de dessalement d'Arzew

IV.1. Introduction

Depuis quelques années nous remarquons, que la qualité de l'air et de la terre se détériore en raison de certains paramètres, dont notamment la pollution et l'accroissement du nombre de déchets. C'est pour cela qu'actuellement, de nombreux pays cherchent des alternatives pour pallier à ce problème. C'est ainsi, qu'apparaît la notion de développement durable, avec par exemple sur le plan énergétique, l'apparition des éoliennes ou de la géothermie. Cependant l'aspect du développement durable que nous avons choisi d'étudier est le recyclage, la valorisation des déchets et leur réutilisation.

IV.2. Traitement des déchets de la station de dessalement d'Arzew

IV.2.1. Procédés de traitement des eaux usées

La protection de l'environnement constitue une activité importante du développement des unités pétrochimiques. Dans ce sens, le Complexe SOGEX de KAHRAMA s'est attelé à cette politique et a procédé à la réhabilitation des unités et des systèmes installés pour la protection de l'environnement. A cet effet, lors du projet de rénovation des installations du Complexe, une station de traitement a été installée pour le traitement des eaux sanitaires. [35]

a. La station d'épuration des eaux usées

La station d'épuration des eaux usées (Figure IV.1) a été remise en service en juillet 2000. Les différentes phases de traitement des eaux sanitaires comprennent la collecte des eaux sanitaires dans un réseau puis leur renvoi dans une station de relevage située au niveau de la zone du train 400, le transfert de l'effluent par pompage vers la station de traitement des eaux sanitaires, la filtration, l'aération, la chloration et enfin le rejet vers la mer. [35]

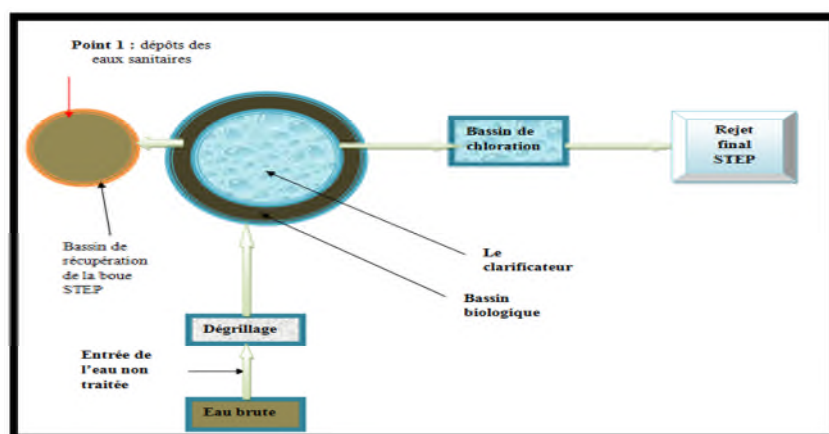


Figure IV.1 : Schéma de la station.

Le réseau des effluents rassemble et traite les eaux usées de l'usine pour assurer la santé publique et préserver l'environnement. Le traitement des eaux usées est assuré par un procédé d'épuration de type : boue activée. Ce procédé fonctionne par aération, et il est conçu

pour traiter un volume journalier de $190\text{m}^3/\text{j}$. Finalement, une désinfection est faite avant le rejet vers la mer. L'effluent est traité au Chlore avec un rejet inférieur à 1mg/l de Chlore total.

En ce qui concerne les procédés de traitement des eaux usées du Complexe KAHRAMA, le traitement se divise généralement en plusieurs étapes, qui sont : [35]

1-Le prétraitement : il comprend l'élimination des objets volumineux par dégrillage, déshuilage, ou par raclage. Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs, et d'endommager les équipements.

- **Le dégrillage** : au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères.



Figure IV.2: Dégrillage récolter de la station 20-04-2015.

- **Le tamisage** : Le tamisage est en fait un dégrillage poussé, et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro tamisage (mailles supérieures à 0.3 mm) et un micro tamisage (mailles inférieures à $100\mu\text{m}$). [16]

- **Le dessablage** : débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "Désableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage. [23]

- **Le dégraissage** : vise à éliminer la présence de graisses dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération). [18]



Figure IV.3: Dégraisseur/Déshuileur récolter de la station 20-04-2015.

b- Le traitement primaire : comprend l'élimination des impuretés, le criblage, la floculation (l'agglomération des solides) et la sédimentation. Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques, avec décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation et la floculation.

La décantation primaire consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. [19]

c- Le traitement secondaire à boue activée (traitement biologique) : Ce type de traitement crée un environnement idéal pour les micro-organismes qui assurent la dégradation de la matière organique. Les conditions idéales pour le traitement à boues activées sont :

- Une quantité suffisante d'oxygène (1 à 2 mg/l) ;
- Une température comprise entre 25°C à 30° C ;
- Un pH variant entre 6,5 et 8,5 ;
- L'eau usée ne doit pas contenir des produits toxiques.



Figure IV.4: Bassin de traitement biologique récolter de la station 20-04-2015.

Ces conditions assurent le bon fonctionnement du traitement à boue activée, donc une bonne réduction des matières organiques et un accroissement de la masse des bactéries dans la boue de traitement. [19]

Le traitement biologique par boue activée passe par les étapes suivantes : [18]

- Mélange de la boue avec l'eau d'égout par un mélangeur;
- Aération de l'agitation du mélange (Boue + Eau usée) pour une durée de temps demandée et à un niveau d'Oxygène dissout;
- Séparation de la boue du mélange liquide;
- Recyclage de la boue pour la réutilisation dans le même traitement.

Dans le bassin d'aération, les micro-organismes situés dans la boue, décomposent les matières organiques contenus dans les eaux usées. La quantité d'Oxygène dissout doit être habituellement maintenue entre 1 et 2 mg/l dans le bassin d'aération. L'alimentation et la digestion des bactéries se fait en deux étapes : la première étape appelée adsorption, où les particules des matières organiques se collent à la surface des bactéries, et la deuxième étape, qui est le passage des matières organiques vers les parois des cellules bactériennes où elles sont consommées. Les micro-organismes se dirigent en groupes et forment des flocons dans la boue du bassin d'aération. Le mélange de bactéries avec les eaux usées est appelé « liqueur ». La masse de boue formée précipite dans le décanteur secondaire et elle est recyclée au bassin d'aération. Lorsque les bactéries consomment les matières organiques (les aliments), ils augmentent en population, donc leur nombre sera suffisant pour le traitement des eaux usées.

Dans ce cas, la boue est rejetée et ne retourne plus au bassin d'aération. La boue en excès est habituellement pompée vers le digesteur pour la stabiliser. L'eau usée clarifiée s'écoule dans un réservoir de Chlore pour la désinfection.

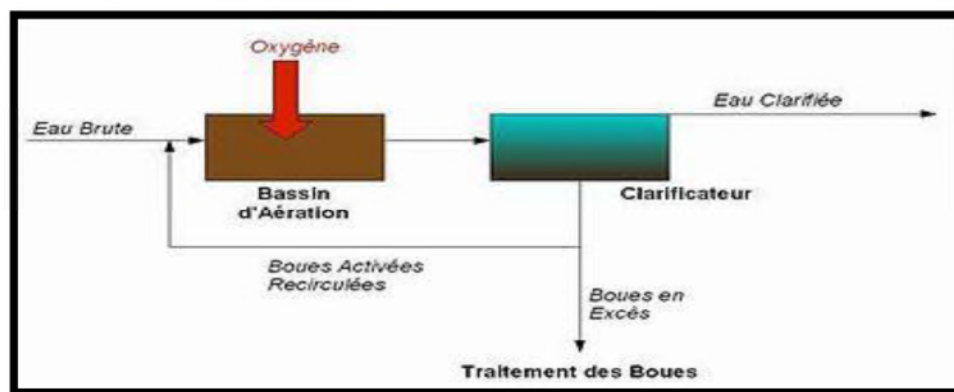


Figure IV.5: Procédé à boue activée.

4-Bassin de désinfection : La solution de l'effluent du bac de décantation est transférée au réservoir de mélange avec le Chlore. Ce réservoir d'une capacité de 200 litres est dimensionné pour un temps de rétention de 30 minutes. Un résidu de Chlore de 0,5 ppm dans l'écoulement de l'effluent vers le canal de rejet doit être maintenu en tout temps. [35]



Figure IV.6: Bassin de désinfection.



Figure IV.7: Canal de rejet.

récolter de la station 20-04-2015

IV.2.2. Procédés de traitement des boues

✓ Séchage

Après le traitement biologique des eaux usées par les boues, ces dernières sont stockées dans un bassin avec 80% d'eau, puis ils sont écoulés vers le lit de séchage pour les sécher par le soleil pendant certains jours et après sont réutilisés comme des engrais dans les jardins de la station. La technique des lits de séchage se réalise à l'air libre sur des boues liquides et combine évaporation naturelle et drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable et de graviers. [35]

Actuellement, il existe trois voies classiques pour éliminer les boues de station :

✓ L'épandage [35]

L'épandage des boues en agriculture est une pratique courante. Il consiste en l'application au sol des boues à l'aide de matériels appropriés, les conditions de mise en œuvre et de suivi étant parfaitement définies par un plan d'épandage (surfaces, stockages, filière de secours, etc.). Cet épandage peut concerner des boues liquides, mais pour des raisons réglementaires, cette pratique doit disparaître rapidement au profit de boues déshydratées mécaniquement ou provenant d'autres procédés. [22]

✓ La mise en décharge ou centre d'enfouissement technique des déchets de classe 2 [35]:

La mise en décharge de boues pures ou en mélange correspond à une concentration maximale de tous les déchets. Le carbone part dans l'atmosphère sous forme de méthane. Restent l'azote et le phosphore (non récupérable). Le lieu de stockage doit être confiné et on ignore quel peut être le devenir à long terme, ni la durée du confinement malgré toutes les précautions. [23]

Les boues doivent être préalablement stabilisées et déshydratées (humidité maximale de 70 %). Cette solution a perdu progressivement de son intérêt et se retrouve actuellement interdite pour des raisons financières (procédure de fermeture ...) et pour des problèmes environnementaux tels que les odeurs nauséabondes, pullulation de moustiques, entraînement d'éléments fertilisants (nitrates, phosphates) et de produits toxiques par les eaux superficielles et contamination des nappes d'eaux souterraines. [22]

✓ **L'incinération** [35]

Elle réalise la destruction de la matière organique des déchets par combustion à haute température (+ de 500 °C) produisant des fumées et des matières minérales résiduelles nommées cendres. Dans l'objectif d'une valorisation énergétique des déchets, la chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui-même, pour le chauffage urbain ou industriel. Les résidus de l'incinération (Mâchefer) sont utilisables pour les travaux publics. Les boues seules ne sont pas auto combustibles, elles nécessitent des fours spéciaux et un mélange avec d'autres déchets tels les déchets ménagers. L'élimination des cendres et des mâchefers exigent une décharge contrôlée de classe 1 ou une unité d'inertage. [33] Cette technique reste aussi néfaste de point de vue écologique et environnemental puisqu'elle contribue en plus du gaspillage de matières organiques utiles pour le sol à la diffusion de gaz très toxiques (NO, CO, SO, dioxine, etc.) qui ont fait l'objet de réglementations spécifiques.

IV.2.3. Procédés de traitements des huiles usagées

Après le stockage des huiles usagées dans la zone de déchets, la station KAHRAMA contacte une entreprise de collecte des huiles usagées (NAFTAL). Cette entreprise fait la collecte seulement, puis le produit est exporté vers la Grèce par des bateaux pour le traitement.

✓ **Traitement des huiles usagées** [36]

• Les huiles usagées peuvent être régénérées par "re-raffinage": le raffinage sulfurique ou le raffinage au propane. Mais le principal procédé reste la distillation et l'hydrotraitement sous vide qui comprend deux phases, soit la distillation pour éliminer l'eau résiduaire et le carburant piégés et l'hydrotraitement pour éliminer les impuretés telles le soufre, l'azote et les composés chlorés. La distillation de l'huile usagée comprend quatre étapes. La première étape permet d'éliminer l'eau, la plupart des solvants et la fraction légère (exp: l'essence). L'eau résiduaire est traitée par un système d'épuration des eaux usées avant d'être rejetée dans

l'environnement, et la fraction organique légère sert de combustible au procédé. L'huile ainsi purifiée passe par une étape de distillation plus poussée qui permet de séparer tout reste d'hydrocarbures par distillation sous vide dans une colonne de stripping. Au cours de ce processus, l'huile est chauffée sous vide à des températures basses.

On évite de chauffer à des températures élevées pour empêcher les chaînes d'hydrocarbures de se briser ou de former un résidu solide ressemblant à du coke (matériau solide semblable au charbon). Le produit, qui ressemble au mazout, sert de combustible pour le « réaffinage ».

- Les troisième et quatrième étapes de la distillation sont identiques et font appel à des évaporateurs à couche mince. Ces évaporateurs fonctionnent sous un vide moins poussé et à des températures plus élevées que la colonne de stripping, ce qui permet l'évaporation sous forme gazeuse des huiles lubrifiantes et ainsi, leur séparation des salissures et des autres impuretés physiques. Dans les évaporateurs à couche mince, l'huile s'écoule dans un échangeur de chaleur à double canalisation où un jeu de racloirs à lames étend l'huile usagée contre la paroi de la canalisation intérieure, ce qui facilite l'évaporation. Les gaz obtenus sont recueillis et condensés en huile liquide. Le résidu, substance qui ne s'est pas évaporée dans les troisième et quatrième stades d'évaporation, est vendu comme diluant pour le goudron qui sert à la réfection des couvertures et à l'asphaltage des chaussées.

- Après la distillation, l'huile liquide est traitée chimiquement à l'hydrogène dans des conditions de température et de pression élevées, afin de remplacer tout atome d'hydrogène manquant de la chaîne d'hydrocarbures et de catalyser l'élimination efficace du soufre, du chlore, de l'oxygène et de toute autre impureté.

La régénération permet d'obtenir, à partir de 3 litres d'huiles usagées, 2 litres d'huile de base ayant les propriétés de l'huile de base neuve.

- Les huiles usagées peuvent être également utilisées comme combustible dans les cimenteries autorisées, la température élevée de cuisson du mélange de matières premières minérales nécessaire à la fabrication du ciment (1450°C) permettant l'incinération de déchets dangereux combustibles. Les huiles contiennent des teneurs élevées en métaux et notamment en plomb.

Cette particularité rend leur destruction par incinération quasi complète puisque les éléments polluants (soufre, chlore, métaux lourds) sont piégés dans le produit final.

IV.2.4. Procédés de recyclage des déchets de verre

Après le stockage des déchets de verre dans la zone de déchets, la station KAHRAMA contacté une entreprise de récupération de verre qui s'appelle ALVER.

Cette entreprise fait le recyclage de leurs déchets de verre selon les étapes suivantes:

1-Le stockage: après un lavage pour débarrasser le verre de ses impuretés, les déchets de verre vont stockés par couleur dans des silos.

2-Station de traitement: après le stockage, les déchets entrent dans la station de traitement. Cette station c'est un tapis qui contient des défaisers, ce dernier consiste à éliminer tout ce qui est fer.

3-Triage: cette étape se fait manuellement sachons que il élimine les bouchants des bouteilles, les plastiques, les étiquettes ...etc.

4-Broyage: après le triage manuel, les déchets passent dans un broyeur qui diminue la granulométrie de ces déchets, puis ils ont passés au défaisseur.

5-Passage dans un défaisseur: les déchets passent dans le défaisseur pour la deuxième fois pour contrôler s'il y a quelque chose de fer passé.

6-Passage pour le deuxième broyage: toute fois les déchets sortent de défaisseur, ils sont passés dans le broyeur pour un deuxième broyage tel qu'ils deviennent des calcins.

7-Passage par un courant de Foucault: c'est le même que le défaisseur mais ça pour séparation du verre des non ferreux comme aluminium.

8-Stockage: ils sont stockés dans les silos comme une matière première.

9-Homogénéisation: se fait de 10% à 30% de cette matière avec la matière hétérogène qui contient la silice, calcaire, chaux, dolomie, et des autres composantes pour aider le verre de brayé et prendre la couleur blanc, après ils sont acheminés dans les fours verriers.

10-Fusion: après l'homogénéisation, la matière préparée passe dans un four à haute température ($T = \text{environ } 1500 \text{ } ^\circ\text{C}$), le calcin devient une pâte de verre destinée à la fabrication de nouvelles bouteilles.



Figure IV.8: Procédés de recyclage des déchets de verre. [39]

IV.2.5. Procédés de recyclage des déchets de métaux ferreux

Pour les déchets de métaux ferreux, KAHRAMA contacter l'unité de récupération de ferraille ERO.

L'unité ERO récupère la ferraille selon le slogan "Rien ne se perd ERO tout se récupère" suivant ces étapes:

1-**Le contrôle:** toute fois les déchets ferreux transporter de KAHRAMA à ERO par des camions, sont passés par un portique de détection s'appelle le Gama-Scan pour la détection de la radioactivité.



Figure IV.9: Le Gama-Scan récolter de l'entreprise 21-04-2015.

2-**La peser:** si le Gama- Scan ne signale pas, le camion passe au pont bascule électrique pour le peser.

3-**Stockage:** après la peser, le camion entrait au chantier pour la décharge. Le stockage se fait selon le type de déchets ferreux (charpente, bouteille, la tôle...etc).

4-**Traitement mécanique:** cette étape se fait par:

- **Cisaille fixe et mobile:** se traitement se fait pour les déchets ferreux de petit taille.
- **Presse cisaille fixe et mobile:** se fait pour les bouteilles, elles sont récupérés à la forme des balles et des pacquées.



Figure IV.10: Des balles récolter de l'entreprise 21-04-2015.

- **Oxycoupage:** ce type de traitement se fait pour les déchets de grande taille à l'aide d'un chalumeau.

5-**Vente à l'exportation:** après le traitement mécanique, ils ont vente le produit préparer à la série de Batioua qui le réutilisé à la fabrication des Ron béton, des tubes carrés où des tôles.

Ces derniers (les tôles) sont récupérés par ERO et réutilisé pour la fabrication des ponts bascule électrique.

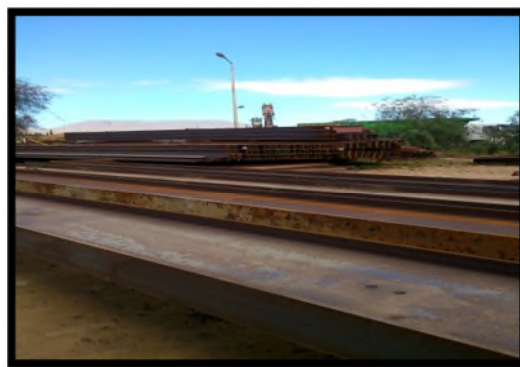


Figure IV.11: Des tôles réutilisé pour la fabrication des ponts bascule électrique récolter de l'entreprise 21-04-2015.

Ainsi qu'une vente de produit à des sociétés étrangères est possible puisqu'ils le réutilisent comme une matière première à la fabrication des différents produits tels que les capteurs, intégratrice, quartes capteurs, bascules industrielles de toutes démentions, indicateurs électriques commandés par microprocesseur et des ponts bascules électriques.

IV.2.6. Procédés de recyclage des déchets papier et carton

Dans le cas de déchets de papier et carton KAHRAMA est en contact avec l'entreprise GIPEC qui consiste à récupérer les déchets de carton et papier selon les suivantes:

1-**La peser:** quand l'entreprise collecte les déchets de papier et carton, ils se passent par le pont bascule électrique pour les peser.

2-**Stockage:** après le tonnage les déchets sont stockés dans des halles.



Figure IV.12: Des déchets sont stockés dans des halles récolter de l'entreprise 22-04-2015.

3-**Triage:** se fait manuellement tel qu'ils ont triés les déchets selon leur type des cartons, des papiers, des journaux, des papiers blancs et des archives...etc, et les plastiques sont rejetés.

4-**Pression:** la pression se fait par un machine sachons que les déchets entrer dans cette machine par des tapis roulantes et les sortent à la forme des balles et des craves bien tacher par des fils de fer et après ils stocker comme une matière première.



Figure IV.13: Des balles récolter de l'entreprise 22-04-2015.

5-**Transport et expédition:** l'entreprise vente cette matière première à des autres sociétés comme Oran sac qui utilisé dans la fabrication des sacs en carton exp: sac de coffee, sac de

ciment... et des sociétés étrangères qui les utilisent à la fabrication des boîtes en carton des médicaments, de savon et des boîtes de dentifrice...etc.

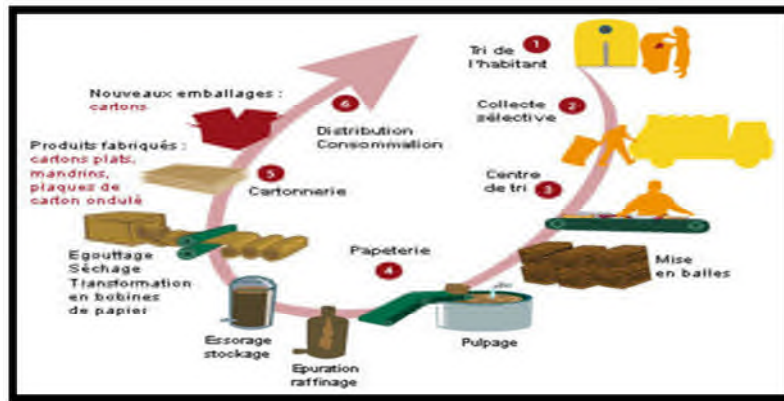


Figure IV.14: Procédés de recyclage des déchets de papier et carton. [40]

IV.2.7. Procédés de recyclage des plastiques

Pour les déchets plastiques, KAHRAMA contacte l'unité de récupération de plastique RECUPAK par les procédés suivants:

1-**La peser:** quand l'entreprise collecte les déchets plastiques, ils se passent par le pont bascule électrique pour les peser.

2-**Triage:** Au centre de tri, ils sont séparés manuellement par des agents en 3 catégories : PEHD (opaques) - PET clair - PET foncé - PVC.

4-**Pression:** la pression se fait par une machine sachons que les déchets sortent à la forme des balles bien tacher par des fils de fer et après ils stocker comme une matière première.



Figure IV.15: Les balles de plastiques récolter de l'entreprise 22-04-2015.

5-Transport et expédition: l'entreprise vend cette matière première à des sociétés étrangères qui les utilisent dans la fabrication :

-Utilisé pour contenir de l'eau ou des jus de fruit, le PVC est broyé jusqu'à l'obtention d'une poudre. Fondue, elle donne une pâte qui peut être étirée ou moulée. Cette poudre sert à fabriquer des tuyaux, revêtements de sol, fibres textiles, contreforts de chaussures, écrans anti-bruits...

-Transparent ou teinté, le PET sert pour les boissons pétillantes et les eaux minérales. Il est broyé puis fondu et transformé en fibres par étirage. Cette fibre sert à rembourrer des anoraks, des peluches ou des couettes.

-Le PEHD est un matériau souvent opaque employé pour les emballages de produits ménagers et liquides alimentaires. Broyé, il est transformé en granulés qui sont ensuite fondus pour servir à la fabrication de nouveaux flacons non alimentaires et des bacs de collecte des déchets ménagers.

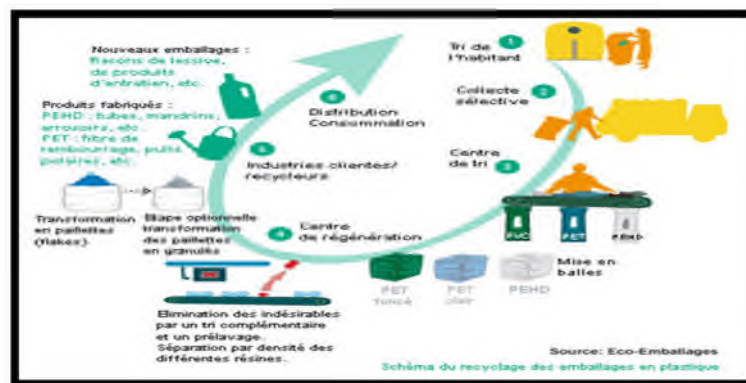
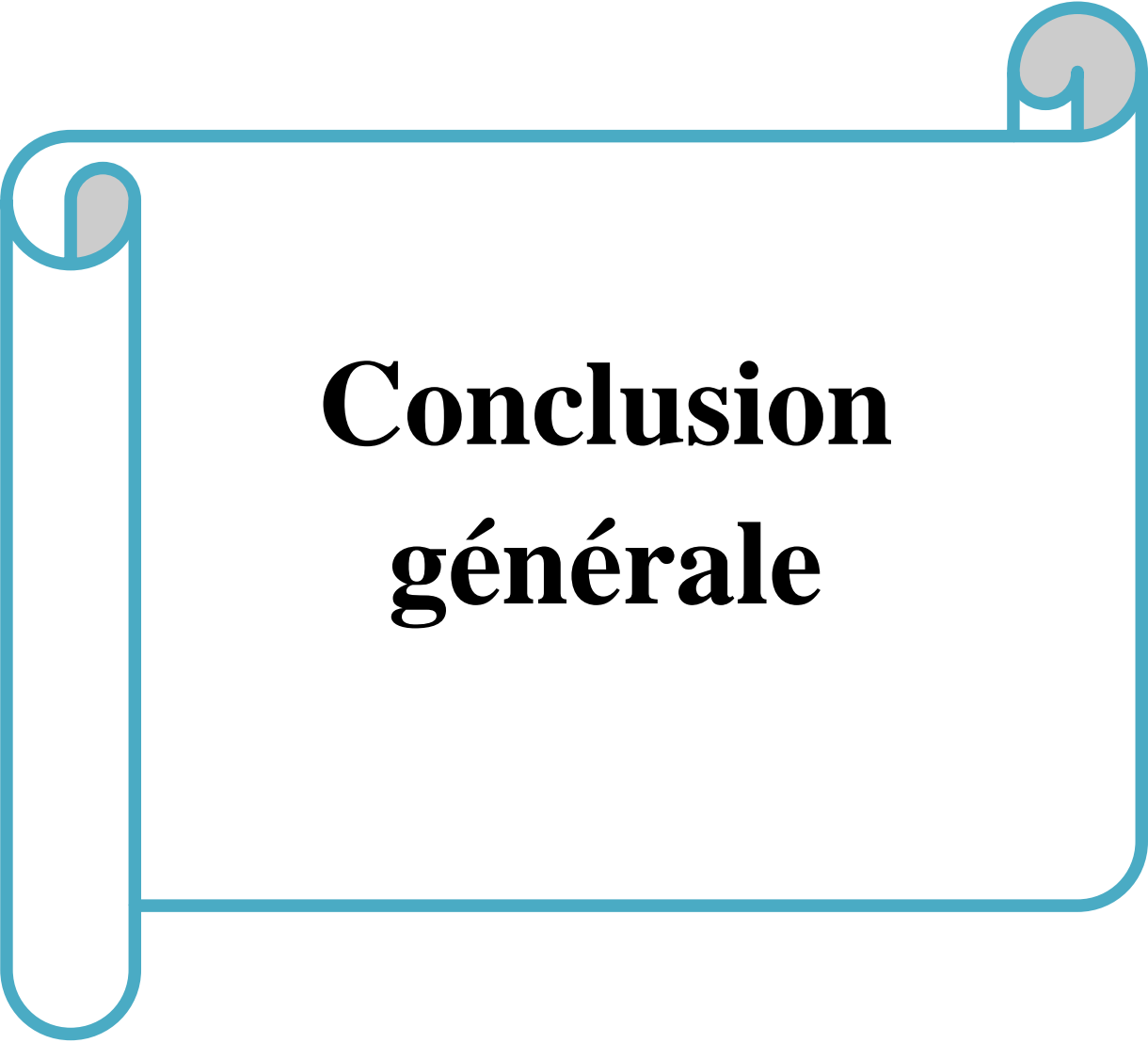


Figure IV.16: Procédés de recyclage des déchets plastiques. [41]

IV.3. Conclusion

Dans le but de rendre ses déchets moins volumineux et surtout moins polluants pour l'environnement et la santé, l'usine de dessalement d'Arzew a mis en place un programme afin de traiter tous types de déchets. Dans ce chapitre, nous avons exposé les procédés de traitement des déchets: plastiques, papier et carton, métaux ferreux, verre, eaux usées et des huiles usées. Nous avons constaté que l'usine respecte les lois et les réglementations.



**Conclusion
générale**

Conclusion générale

L'objectif principal de ce travail était d'analyser et de caractériser les différents déchets issus de la station de dessalement d'Arzew. Après collecte un tri des déchets a été effectué. Nous avons analysé trois types d'échantillons:

- Analyses des eaux usées
- Analyses des boues
- Analyse des huiles usagées

Dans la première partie de ce travail, plusieurs paramètres ont été mesurés au cours de ce travail pour caractériser les eaux usées avant et après traitement.

Pour les eaux usées, les paramètres mesurés sont: la demande chimique en oxygène ou la DCO, la Demande biologique en oxygène DBO₅, mesures de la température et du pH, et la matière en suspension, Analyse des huiles grasses & hydrocarbures, Analyse de l'azote kjeldhal, Dosage de chlore résiduaire, Dosage de phosphore total et enfin le dosage des métaux lourds.

Pour la DBO₅, nous avons remarqué avant traitement que la valeur est supérieure à la norme, cette hausse au niveau de l'entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables. Contrairement à la valeur après traitement qui est en bonne accord avec les normes. Ceci explique que l'efficacité du traitement. Nous avons constaté la même remarque pour la DCO, sa diminution à la sortie de la station d'épuration signifie la dégradation des matières oxydables. Ce qui laisse supposer un ralentissement de l'activité bactérienne. Une valeur acceptable du pH est retrouvée après traitement.

L'analyse des MES révèle une diminution importante des valeurs de l'entrée (20,5mg/l) vers la sortie (5,05 mg/l) de la station d'épuration. Le résultat obtenu au niveau de l'entrée de station d'épuration est évidemment élevé car il s'agit d'eau usée urbaine, et sa diminution à la sortie est due au traitement d'épuration qu'a subie l'eau usée. Cette diminution est très importante car elle donne une idée sur l'efficacité du traitement, surtout si on considère que les normes des MES pour le rejet des eaux traitées est < 35 mg/l.

Au niveau de la station d'épuration, les valeurs de la température indiquent une légère diminution de l'entrée (27°C) vers la sortie (19°C). Les résultats obtenus indiquent une bonne concordance avec les normes et ils sont dans la carte de la conformité.

Quand aux résultats de la en azote Kjeldhal, l'analyse des huiles et graisses, chlore résiduel, et du phosphore total révèlent une diminution de toutes les valeurs d'entrée à des valeurs conformes aux normes.

Concernant les métaux lourds, et d'après nos résultats, nous constatons que l'existence des métaux (Cu, Pb, Ni, Zn, et Fe) est sous forme de traces.

La deuxième partie englobe la caractérisation de la boue récupérée de la station de dessalement. Après broyage, différentes caractérisations physico-chimiques sont mis en œuvre. Pour le taux d'humidité trouvé est l'ordre de 6,27%, cette valeur est due à l'absorption de l'humidité de l'air par la boue. 45,25% est le pourcentage de la matière organique dans notre boue. Dans le but de calculer le taux d'oxydes existants, nous avons constaté que la boue possède une quantité nécessaire et suffisante de chaux. Ceci pourra servir à la fabrication des engrais industriels.

Les calculs effectués nous ont permis de conclure d'une part que notre boue est de nature azoté et l'existence des quantités infimes de métaux lourds dans cette boue nous laisse suggérer son utilisation dans l'agriculture d'une autre part.

Dans la troisième partie de ce travail, nous avons caractérisé les huiles usagées. D'après les résultats d'analyse, nous avons constaté que le nombre des particules qui sont de granulométrie supérieure à 4, 6 et 14 micro mètre respectivement sont 8, 3, 4 selon la norme ISO4409 (1999) 17/13/9. Donc les résultats du comptage de particules sont corrects (bonne efficacité du système de filtration) pour cette huile usagée et pas de pollution anormale par de l'eau.

Ce travail nous a permis d'avancer dans la connaissance des déchets issus de la station de dessalement d'Arzew. Dans la perspective de nos travaux, des études de valorisation de ces déchets seront effectués. C'est dans cette optique que nous projetons la poursuite de nos travaux.



**Les references
bibliographiques**

Les références bibliographiques

- [1] Patrick DANIS, «Dessalement de l'eau de mer», technique de l'ingénieur, J 2 700; 2012;
- [2] M^{lle} Morsli Mebarka Soumia, Mémoire de magister en management, «Impact des arrêts techniques de l'usine de dessalement de l'eau de mer sur l'entreprise et l'environnement, 2013.
- [3] Mémoire de Géopolitique du lieutenant-colonel Alban GALABERT, sous la direction de M. Barah Mikaël, Collège Interarmées de Défense « Le dessalement de l'eau de mer », Mars 2006;
- [4] Alain. Maurel « dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres » édition technique et documentation, 2011;
- [5] M.S. Tanvir, I.M. Mujtaba « Neural network based correlations for estimating temperature elevation for seawater in MSF desalination process », desalination vol. 195, pp: 251-272, 2006;
- [6] Viviane Renaudin, « le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », CNRS, Nancy, 2003;
- [7] Khalid Z. Al-Subaie, « Precise way to select a desalination technology », desalination vol.206, pp: 29-35, 2007;
- [8] J.P. BRUN, « Procédé de séparation par membranes », Masson, 1989;
- [9] F.H.Meller, « Electrodialysis and electrodialysis reversal technology », Ionics brochure.1984;
- [10] Annie Resse « Les fermentescibles dans les ordures ménagères. Deux gestions séparées : la collecte des fermentescibles et le composteur individuel »; CEMAGREF décembre 1999;
- [11] Florence Campan. LE TRAITEMENT ET LA GESTION DES DECHETS MENAGERS A LA REUNION : APPROCHE GEOGRAPHIQUE. Geography. Université de la Réunion, 2007;
- [12] ECO AUSTRAL. « Traitement et valorisation des déchets », n° 143, p. 6. 2001;
- [13] Franck BOELHY, guide des dechets, SNEF; 2010;
- [14] Projet dessalement / électricité d'Arzew KAHRAMA, Séminaire national Arzew du 28 au 30 Mars 2011;
- [15] Complexe KAHRAMA dessalement eau de mer et production électricité, rapport interne, 2011 – 2012;

- [16] Manuel d'exploitation et de maintenance, complexe de dessalement d'eau de mer et production d'électricité KAHRAMA, Volume I, Descriptions de systèmes; IHI D0100-4001(F) le 30 Juin 2005;
- [17] M.BENMECHERANE ET K.ATTATBA- étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées-ingénieur d'état ,2002/2003;
- [18] TOUIL KARIMA : « Etude des unités de traitement des rejets liquides et contrôle de qualité Station De Traitement Des Eaux Sanitaires Phase I et Unité De Déshuilage »; 2005;
- [19] BOUREZK Fadila FOUIRAT Aicha MEMOIRE fin d'études pour l'obtention du diplôme de master ETUDE DE LA PERFORMANCE D'UNE STATION DES EAUX SANITAIRE AU NIVEAU DU COMPLEXE GL1/Z, Soutenu le 23 juin 2014;
- [20] Belakeb Hafida et Lardjam Amina « Suivi des analyses des rejets liquides au niveau du complexe GP2/Z » mémoire d'ingénieur d'état en Chimie, USTO-Oran, 2007-2008;
- [21] Msaim kada, m rouis lahouari, mémoire de fin d'étude (Ge), « station de traitement des rejets liquides vers mer» 2002-2003 (usto);
- [22] ADDA BOUCHEIKH Ahmed, MENOUEUR Abdelkader, « Étude et Caractérisation des boues» mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de MASTER, Soutenu 23 / 06 / 2014;
- [23] ECHAB, A. « Réutilisation des boues de stations d'épuration des eaux usées en Agriculture : Impact des métaux lourds»; 1998;
- [24] MEINCH.F, STOOFF.H, HÜTTER.H, "Les eaux résiduaires industrielles", 2ème Edition Masson, 1977;
- [25] VELLAU D J. P « La valorisation agricole des boues des stations d'épuration, Revu. La technique de Veau et de l'assainissement »; 2000;
- [26] MICHEL LEGRET « Les métaux lourds dans les boues de stations d'épuration Valorisation agricole et extraction des métaux toxiques »; 1998;
- [27] ECHAB, A. « Réutilisation des boues de stations d'épuration des eaux usées en Agriculture : Impact des métaux lourds»; 1998;
- [28] BOUSSELHAJ, K « Etude du potentiel fertilisant (N et P) de deux boues de stations D'épuration par lagunage anaérobie et par boues activées »; 1996;
- [29] MOULOUD MESTAPHA « Etude sur la fermentation méthanique des boues activées de la station d'épuration de Boumerdes en Algérie »; 2003;
- [30] Jacques VANDEGANS, Anne-Marie de KERSABIEC et Michel HOENIG, «Spectrométrie d'absorption Atomique», technique de l'ingénieur PE 2 825; 2012;

- [31] Norbert BROLL «Caractérisation de solides cristallisés par diffraction X», technique de l'ingénieur PE 1 080; 2012;
- [32] Nader BEN SALEM Contrôle, surveillance et analyse des huiles, Mémoire de fin d'études en Chimie des Hydrocarbures pollution ammoniacale.2012-2013 IAP;
- [33] Benouali D. Analyses et Contrôle des Huiles Usagées Master 2 – Contrôle de qualité, Faculté de Chimie, Département de Chimie Physique, USTO-MB 2003;
- [34] Jacques DESPUJOLS «Spectrométrie d'émission des rayons X. Fluorescence X», technique de l'ingénieur P 2 695; 2012;
- [35] Les étapes et procédés de traitement des eaux usées au niveau de KAHRAMA, rapport interne, 2011;
- [36] Linda Cizaire, «lubrification limite par les nanoparticules», thèse doctorat en génie des matériaux, école central de LYON, 2003.
- [37] Patrick MAUCHIEN, Spectrofluorimétrie moléculaire et spectrométrie de fluorescence atomique, technique d'ingénieur, PE 2 835; 2012;
- [38] La gestion des déchets de KAHRAMA, rapport interne, 2012;
- [39] Pauline Anderieux Responsable département Analyses et Essais, thèse «De la matière première au produit recyclé : analyses et essais tout au long de la production», 2014;
- [40] Les papiers et les cartons», Fiches informatives, Par Francis Vermette RECYC-QUÉBEC, 2008;
- [41] Rakotondranaivo Laingonala Fabienne, Mémoire de diplôme d'étude supérieur, «ETUDE D'IMPACTS DU PROJET DE TRAITEMENT ET DE VALORISATION DES DECHETS PLASTIQUES», 2011-2012;



Annexes

Annexe A: Modes opératoires

1. Analyse des eaux usées

La demande chimique en oxygène DCO

➤ Mode opératoire

- Homogénéiser 500 ml d'échantillon à analyser pendant 02 minutes dans un agitateur;
- Préchauffer l'appareil à 150 C°;
- Prendre les tubes pré dosés, ajouter 02 ml d'échantillon à analyser (pour le type 0 à 1,500 mg/l);
- Faire en parallèle un essai à blanc en suivant le même mode opératoire;
- Bien refermer les tube en s'assurant de bien les agiter plusieurs fois afin d'homogénéiser les échantillons;
- Relier les tubes pré doser à l'appareil AQUALITIQ T108 et porter à ébullition pendant 02 heures à 150°c;
- Laisser refroidir pendant 15 à 20 mn;
- Inverser avec précaution les tubes afin de les homogénéiser plusieurs fois en évitant de se bruler, les parois des tubes sont très chaudes;
- Mettre les tubes pré doser dans un rack, les laisser refroidir dans l'obscurité pendant 30mn;
- Essuyer et sécher le blanc avant de le calibrer;
- Calibrer le blanc au « zéro » afin de configurer la concentration initiale;
- Passer les tubes pré doses à l'analyse spectrale afin d'obtenir l'absorbance de l'échantillon.

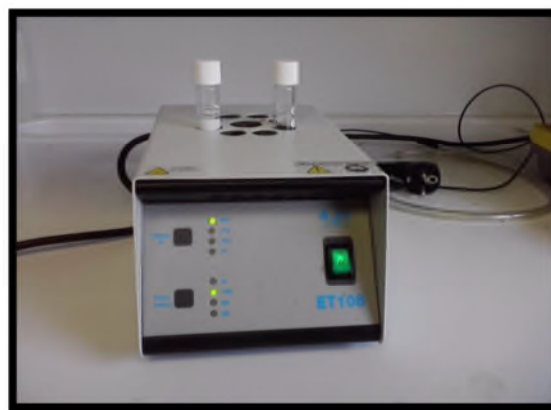


Photo B.1: DCO mètre.

La demande biologique en oxygène

➤ Mode opératoire

a-préparation de l'eau de dilution (à partir de l'H₂O)

Pour chaque litre de solution à préparer, ajouter à de l'H₂O, 5ml de solution de phosphates (B) et soit les volumes suivants de réactifs :

- 1 ml de solution de sulfate de magnésium (c);
- 1 ml de solution de chlorure de calcium (D);
- 1 ml de solution de chlorure de fer (E);
- 1 ml de solution de chlorure d'ammonium (F).

Préparer l'eau de dilution de cette solution en ajoutant 5 ml d'eau d'ensemencement par litre.

L'eau de dilution ainsi obtenue doit être maintenue à 20°C et utilisée dans la journée.

b-Exécution de l'essai

-Dans une fiole jaugée un volume connu d'échantillon, amener au volume à l'aide de l'eau de dilution et homogénéiser.

-vérifier que le PH du mélange obtenu est compris entre 6 et 8.



Photo B.2: DBO mètre.

Mesure de Température

➤ Mode opératoire

-Rincer l'électrode de l'oxymétrie avec de l'eau distillée;

-Plonger l'électrode dans l'eau à analyser;

-Effectuer la lecture après la stabilisation.

Mesure de PH

➤ Mode opératoire

- En rince l'électrode de pH-mètre avec de l'eau distillé;
- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser;
- Effectuer la lecture après la stabilisation.



Photo B.3: PH-mètre.

Matière en suspensions MES

➤ Appareillage

- Etuve pour MES;
- Dessiccateur;
- Dispositif de filtration;
- Balance.

➤ Mode opératoire

- Sécher le filtre à 105 C°, le conserver dans un dessiccateur et le peser;
- Placer le filtre dans l'entonnoir du dispositif de filtration, et connecter à un dispositif d'aspiration sous vide;
- Choisir un volume d'échantillon puis en le filtre;
- Elever le filtre après on le sèche à 105 °C puis le mettre dans un dessiccateur afin de terminer le refroidissement;
- Peser à nouveau le filtre qui ne contient que les matières qui étaient en suspension avant séchage.

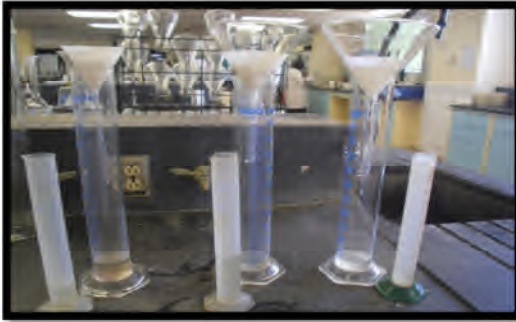


Photo B.4: Filtration de l'échantillon.



Photo B.5: Séchage des MES à 105°C.

Huile et graisse

➤ Préparation de mesure

✓ Préparation de l'échantillon.

✓ Echantillon inconnu:

-Pour éviter la pollution l'instrument avec un échantillon de concentration inconnu;

-Dilluer l'échantillon dans un bécher de 100ml;

-Rincer le bécher avec de l'eau distillée ;

-Prenez 50ml de l'échantillon et ajouter 50ml d'eau distillée (dilution ½).

➤ Mesure des huiles & graisses

☒ Appareillage & réactifs

-Acide chlorhydrique concentré;

-Solvant d'extraction tetrachlorohexafluorobutanetane ($C_4Cl_4F_6$) (HORIBA S316);

-Analyseur des hydrocarbures, huiles & graisses OCMA 310;

-Ampoule à décanté 100ml avec robinet d'arrêt;

-Entonnoir;

-Becher de 100ml.

☒ Mode opératoire

-Prendre 15ml de solvant pur du bécher avec la seringue et le verser dans la cuve d'extraction;

-ajouter 01 goutte d'acide chlorhydrique;

-additionner 15ml de l'échantillon;

-lancer l'extraction pendant 40s;

-ouvrir la vanne d'extraction;

-attendre la stabilisation de la mesure (sans appuyer sur le bouton **measure**);

-fermer la vanne d'extraction;

- ouvrir la vanne de drain;
- fermer la vanne de drain;
- répéter les opérations de « A à E » une seconde fois;
- ouvrir la vanne d'extraction et appuyez sur le bouton « **measure** »;
- lire sur l'écran LCD de mesure et multiplier par le facteur de dilution.



Photo B.6: appareil HORIBA OCMA 310.



Photo B.7: solvant HORIBA.

Azote de kjeldhal

➤ Mode opératoire

- Prendre 50ml d'échantillon à analyser, transvaser dans un tube de digestion et le brancher à l'appareil;
- Régler auparavant le programme à :
 - H₂O=50ml;
 - H₃BO₃=25ml;
 - NaOH=70ml;
 - Temps de distillation=3mm;
 - Vapeur=100%.
- appuyer sur le bouton énonçant le cycle de distillation;
- attendre 3 minutes (fin de distillation);
- prendre 25ml du distillat et l'analyser suivant la méthode du dosage de l'ammoniaque à la longueur d'onde 420nm.

Dosage de chlore résiduaire

☒ Mode opératoire (méthode spectrophotométrie)

- On prend 25ml d'échantillon (chlore libre);
- Ajouter 1 gélule de (dpd chlore-réactif) coloration rouge;
- Passer au spectre $\lambda=530\text{nm}$;

-Lire l'absorbance et déduire la teneur en chlore multiplier par facteur de correction 4.775
 $f=c/a$.

Dosage de phosphore total

➤ Appareillage et matériel

- pipettes de 1,5 et 10ml;
- fioles jaugées;
- éprouvette de 25ml;
- tube à essai;
- spectrophotomètre;
- molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;
- mono vanadate d'ammonium NH_4VO_3 ;
- acide nitrique concentré.

➤ Mode opératoire

- Prélever 25ml de l'échantillon à analyser dans un tube à essai, ajouter 1ml du réactif vanado-molybdate d'ammonium;
- Bien mélanger et laisser reposer 10 minutes;
- Passer au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 400;
- Lire l'absorbance et voir l'équivalent en ppm sur le tableau ci-joint;
- Faire l'essai à blanc (H_2O) pour ajuster le spectrophotomètre;
- Faire passer l'échantillon à analyser et lire le résultat sur le cadran.

➤ Préparation de la solution

Réactif vanadomolybdate d'ammonium, peser 40g de molybdate d'ammonium et les mettre dans un volume de 200ml d' HNO_3 et ajuster à 1000ml.



Photo B.8: Spectrophotomètre.

Dosage des métaux lourds par Absorption Atomique

➤ Appareillage

Un spectromètre d'absorption atomique, équipé de lampes à cathode creuse ou lampes à champ haute fréquence sans électrodes appropriées aux métaux à doser, d'un dispositif ou de lampes permettant la correction de l'absorbance non spécifique et d'un ensemble « Nébuliseur-Brûleur » à flamme acétylène – air.

➤ Échantillons

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons en polyéthylène et acidifiés ($\text{pH} < 2$).

Dans le cas où l'on ne veut doser que les métaux dissous filtrer les échantillons sur une membrane de $0,45\mu\text{m}$ de diamètre moyen.

➤ Mode opératoire

❖ Prise d'essai

- Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire une prise d'échantillon acidifié.
- Compléter au volume avec de l'eau.

❖ Essai à blanc

Effectuer au préalable un essai à blanc, en suivant le même mode opératoire et les mêmes quantités des réactifs que pour l'échantillonnage et le dosage, mais en remplaçant la prise d'essai par de l'eau.

❖ Solutions d'étalonnage

Avant chaque série de mesure, préparer à partir de chacune des solutions étalons au moins quatre solutions d'étalonnage couvrant pour chaque élément considéré, la gamme des concentrations à doser.

❖ Étalonnage et dosage

- Étalonner l'appareil suivant chaque métal à analyser.
- Régler les conditions de nébulisation et de la flamme (débit d'aspiration, nature de la flamme, position du faisceau optique dans la flamme).
- Ajuster le zéro instrumental avec de l'eau.



Photo B.9: Absorption Atomique.

2. Analyse des boues

L'analyse physico-chimique de la poudre de boue

a) Calcul d'humidité

L'analyse se fait au niveau du laboratoire A.O.A.

-Peser le creuset en platine vide, on obtient une masse m_0 ;

-Peser 2g d'échantillon puis mettre dans le creuset en platine puis sécher à nouveau, on obtient une masse m_1 ;

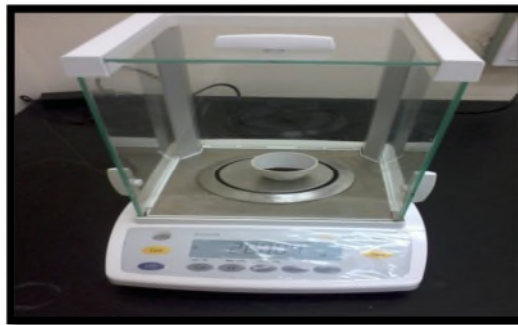


Photo B.10: La masse de l'échantillon.

-Prendre le creuset de masse m_1 et le sécher pendant 2 heures à 150 °C

-Refroidir et peser, on obtient une masse m_2

b) Détermination de la Perte Au Feu

- Nous avons pris le creuset de masse m_2 puis, le brûle au four à 900 °C pendant 2 heures;

- Refroidir et le mettre au dessiccateur pendant 15 mn;

- Peser le creuset, on obtient une masse m_3 ;

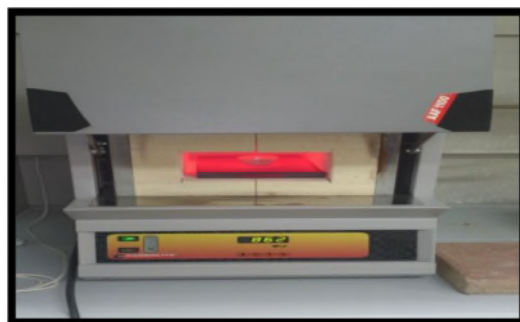


Photo B.11: La combustion de la matière organique.

c) Détermination de la composition chimique de la boue

-Préparation de la solution pour les différentes analyses

- Nous avons pris 1g de la boue poudre dans un bécher, nous avons ajouté 60 ml de HCl et nous avons chauffé ce mélange sur la plaque chauffante pendant une demi-heure avec une température de 200°C;



Photo B.12: Préparation de la solution.

-Verser le mélange dans une fiole de 1000 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée (pure);

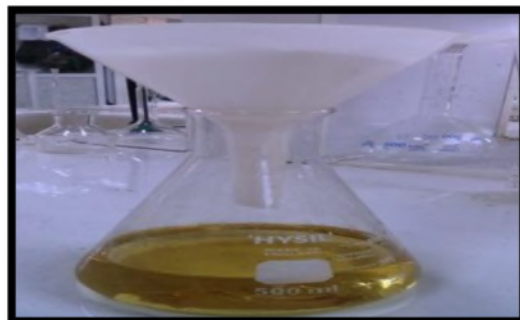


Photo B.13: Filtration de la solution.

-Filtrer le liquide avec un papier filtre dans une fiole de 200 ml qui servira à la détermination des quatre oxydes (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO).

Le résidu récupéré la quantité de la matière restante est la masse de silice non pure SiO_2 .

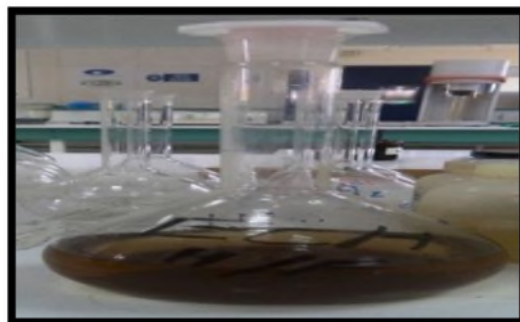


Photo B.14: L'eau régale.

☒ Détermination du taux de la silice

➤ **Acide insoluble**

- Peser le creuset en platine vide, obtient une masse m_0 ;
- prend le papier filtre contenant le filtré et le sèche puis on le met dans le creuset pour le bruler au four pendant 2 heures;
- Refroidir et peser, obtient une masse m_4 ;

☒ Détermination du taux Fe_2O_3

- On ajoute au filtrat obtenu deux réactifs, l'hydroxyde d'ammonium et le chlorure d'ammonium produisant un complexe;
- Ce complexe est filtré;
- Peser le creuset en platine vide, on obtient une masse m_6 ;
- On prend le filtré et on le met à l'intérieur du creuset puis on le brule au four à 9000C pendant 2 heures;
- Refroidir le creuset puis le mettre au dessiccateur pendant 15 mn;
- Peser le creuset, on obtient une masse m_5 .

Détermination de l'azote kjeldahl

• **Mode opératoire**

▪ **Echantillonnage**

Les échantillons doivent être prélevés dans des bouteilles en polyéthylène ou en verre et être analysés le plus rapidement possible.

Pour la conservation, une acidification avec de l'acide sulfurique concentré peut être effectuée à un pH 2 et les flacons sont placés entre 2°C et 5°C jusqu'à leur analyse.

▪ **Minéralisation**

Dans une fiole de kjeldahi, introduire :

- La prise d'essai E ml;
- 10 ml H_2SO_4 concentré, à l'éprouvette graduée;
- 5 g du mélange catalyseur;
- 4 à 5 granules régulateurs d'ébullition;
- Placer la fiole dans une rampe de minéralisation et faire bouillir rapidement le contenu du ballon, sous une hotte d'aspiration.

Le volume du contenu décroît au cours de l'ébullition jusqu' à apparition de fumées blanches pendant 60 minutes.

- **Réactifs et appareillage**

- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré;
- Hydroxyde de sodium (NaOH) à environ 500 g.l^{-1} ;
- Acide chlorhydrique (HCL) à $0,02 \text{ mlo.l}^{-1}$;
- Spéctrophotomètre à 655 nm.

Cette solution peut être préparée avec HCL concentré puis titrée par dosage acide –base.

L'analyse par la spectrophotométrie

- **Mode opératoire**

- Allumer le spectrophotomètre;
- Placer une solution colorée devant le faisceau lumineux en cliquant sur une des deux cuves à analyser;
- Modifier la longueur d'onde de la lumière à la monochromatique et comparer l'intensité lumineuse de la lumière à la sortie des deux cuves;
- Observer les valeurs de l'absorbance A.

3. Les paramètres mesurés pour caractériser les déchets de verre

Les analyses de composition des déchets de verre sont faites en Italie par :

Rayons X par fluorescence (XRF)

Le principe de la fluorescence consiste à envoyer des rayons X sur les déchets à analyser. Ces rayons X « primaires » excitent les atomes, qui en retour émettent un rayonnement X « secondaire » (les atomes emmagasinent l'énergie puis la restituent sous forme de lumière à une autre longueur d'onde) dont le spectre est analysé par un spectromètre. Le spectre de réémission est caractéristique de la composition atomique élémentaire de l'échantillon et de la concentration massique de chaque élément.

Cette technologie est utilisée principalement pour l'analyse fine de la composition d'alliages métalliques et pour le tri d'alliages contenant des métaux avec des teneurs différentes. Elle permet d'effectuer une quantification de la masse totale de chacun des métaux contenus. Elle peut également reconnaître et mesurer d'autres atomes lourds.

Par contre, le XRF ne permet pas de déterminer la proportion des différentes molécules présentes contenant un élément considéré. Ainsi, on peut détecter la présence de retardateurs de flammes mais on ne peut pas connaître le type précis de retardateur dont il s'agit.

Les axes d'amélioration portent sur l'efficacité du tri et l'élargissement à de nouvelles applications.



Photo B.15:Spectromètre de fluorescence X.

La spectrométrie de fluorescence X est aussi régulièrement employée comme outil de diagnostic pour déterminer la nature des objets archéologiques soumis pour étude au laboratoire (verres). C'est en effet une technique d'analyse rapide qui permet d'identifier sans aucune préparation les principaux constituants des matériaux ou des inclusions présentes dans ce dernier.

Cette instrumentation peut facilement être déplacée, et ainsi utilisée en dehors du laboratoire pour effectuer des mesures sur le terrain, en bibliothèque ou au sein d'autres laboratoires.

Analyse de la couleur par caméra ou spectrométrie (VIS)

On distingue deux technologies différentes de capteurs : le système de caméra couleur couplée à un prisme, qui effectue des mesures sur les couleurs primaires (rouge, vert et bleu) en fonction de leur intensité et le spectromètre qui analyse la totalité du spectre visible et permet d'obtenir des résultats plus sélectifs et plus précis que la caméra couleur.

La spectrométrie dans le visible est bien adaptée au tri des verres par couleur.

Les efforts des concepteurs se concentrent sur l'amélioration du traitement du signal, afin de mieux discriminer les matières en fonction de leur couleur.

Annexe B: Résultat d'analyse des déchets de verre.

Le résultat d'analyse

- **Calcin MI-BLANC**

Tableau C.1: Résultats d'analyses des déchets de verre (Calcin MI-BLANC).

Min	72,60	13,30	0,43	9,93	0,08	1,51	0,05	0,00	0,02	0,01	0,26	0	0,02	
Max	74,10	14,00	0,61	10,80	0,20	1,62	0,10	0,01	0,03	0,02	0,32	0	0,02	
Moy	73,39	13,57	0,54	10,37	0,14	1,54	0,07	0,00	0,02	0,02	0,29	0	0,02	
Résultats d'analyses des déchets de verre (Calcin MI-BLANC) ALVER														
(T° de four 500 °C)														
N° d'échantillon	Date	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂	SO ₃	PbO	BaO
01	22/04/15	73,0	13,5	0,49	10,7	0,13	1,73	0,065	0,005	0,024	0,016	0,31	0	0,02
02	23/04/15	72,1	13,8	0,46	10,3	0,17	1,61	0,069	0,004	0,026	0,020	0,34	0	0,02
03	24/04/15	72,6	13,8	0,42	10,8	0,16	1,72	0,065	0,004	0,026	0,019	0,33	0	0,02

- **Calcin VERRE VERT**

Tableau C.2: Résultats d'analyses des déchets de verre (Calcin VERRE VERT).

Min	71,90	12,40	0,39	11,90	0,18	1,55	0,16	0,07	0,04	0,02	0,19	0,00	0,02	
Max	72,70	12,60	0,50	12,40	0,51	1,90	0,25	0,12	0,05	0,03	0,40	0,00	0,03	
Moy	72,21	12,53	0,45	12,15	0,26	1,77	0,21	0,09	0,04	0,02	0,23	0,00	0,02	
Résultats d'analyses des déchets de verre (Calcin VERRE VERT) ALVER														
(T° de four 500 °C)														
N° d'échantillon	Date	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂	SO ₃	PbO	BaO
01	22/04/15	71,7	13,10	0,60	10,00	1,91	1,71	0,46	0,170	0,065	0,012	0,110	0,077	0,02
02	23/04/15	72,05	13,30	0,57	10,60	1,03	1,69	0,32	0,124	0,055	0,020	0,150	0,022	0,03
03	24/04/15	72,3	12,65	0,60	16,60	1,21	1,66	0,38	0,170	0,060	0,015	0,120	0,004	0,16

❖ **Discussion**

D'après les résultats d'analyses des déchets de verre, il y a certaines caractéristiques avec un teneur élevé à cause de la pollution de verre, la pluie...etc. Mais ce problème va régler dans le traitement par lavage ou bien par dosage par les matières premières (sable.....etc).

Résumé

Dans ce travail nous nous sommes proposé d'étudier l'analyse et la caractérisation des déchets issus de la station de dessalement d'Arzew

Nous avons dans un premier temps analysé les composés présents dans les eaux usées, les résultats des paramètres mesurés (DCO, DBO₅, T, pH, MES, des huiles grasses, l'azote kjeldhal, , Chlore résiduaire, Phosphore total et enfin les métaux lourds) montrent que l'eau usée d'Arzew est conforme au normes après traitement.

Dans un second temps, une caractérisation physico-chimique de la boue retirée de la station a été menée. Les résultats révèlent que la boue possède une quantité nécessaire et suffisante de chaux, de nature azotée et contient une quantité infime des métaux lourds. Ceci pourra servir à la fabrication des engrais industriels, et son utilisation dans le domaine agriculture.

La dernière partie de ce travail est consacrée à l'étude des huiles usagées, les résultats du comptage de particules sont conformes aux normes ISO4409 (1999) 17/13/9.

Mots clés: eaux usées, boue, huile usagée, déchets, analyse, caractérisation.