



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم التكنولوجية
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



N° d'ordre : M2../GPE/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés

Option: Génie des procédés de l'environnement

Thème

**RECYCLAGE DES EAUX DE LA STATION
D'EPURATION ZONE 27 VERS ZONE 03 (DE RA1Z)**

Présenté par

- 1- ZBALAH ZINEB
- 2- ZBALAH ANISSA

Soutenu le 21/07/ 2019 devant le jury composé de :

Président :	M ^r MEKHATRIA Djilali	Grade : MCB	Université de Mostaganem
Examineur :	M ^{me} HADDOU Nabila	Grade : MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M ^{me} BOUBEGRA Naima	Grade : MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2018/2019

Remerciement



En premier lieu, nous remercions le bon DIEU, notre créateur, pour la force, le courage et la patience qu'il nous a offert afin d'accomplir ce travail.

*Nous adressons nos profonds remerciements à notre encadreuse madame **Boubegra Naïma** pour son aide et ses conseils durant la réalisation de ce travail ainsi que mes jury **Mme HADDOU** et **Mr MEKHATRIA** .*

Nous remercions tout le personnel de la complexe RA1Z, zone 3 et de la zone 27, les ingénieurs et les opérateurs qui nous ont bien accueilli et bien aidé lors de notre stage
En fin nous adressons aussi un très grand remerciement à tous nos enseignants qui ont contribué de près ou de loin à notre étude

Dédicace



Ce modeste travail est spécialement dédié à :
Mes chers parents la lumière de ma vie
Mes frères houssam, Mourad, et ma sœur Siham,
Mes neveux et mes nièces
Toute la famille Zbalah et Guellil
A ma sœur et binôme ZINEB.



Tous les enseignants qui ont contribué de près ou de loin à
la réussite de mon Etude
Et enfin à tous ceux qui me connaissent.

ZBALAH ANISSA



Dédicace



Ce modeste travail est spécialement dédié à :
Mes chers parents la lumière de ma vie
Mes frères houssam, Mourad, et ma sœur Siham,
Mes neveux et mes nièces
Toute la famille Zbalah et Guellil
A ma suer et binôme Anissa.



Tous les enseignants qui ont contribué de près ou de loin à
la réussite de mon Etude
Et enfin à tous ceux qui me connaissent.

ZBALAH ZINEB



SOMMAIRE

Abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction général 01

Chapitre I : Présentation du complexe

I-Présentation du complexe et d'unité de traitement des rejets 03

I.1 Présentation de la raffinerie d'Arzew 03

I.1.1 Historique 03

I.1.2 Importance du raffinage 03

I.1.2.1 Département Production P1 03

I.1.2.2 Département Production P2 04

I.1.2.3 Département Production P3 : 05

I.1.2.4 Département de production P4 05

I-2-Description de zone 27 06

I-2-1- Principales étapes de traitement pour la zone 27 06

I-2-2-Prétraitemen 07

I-2-3-Traitement primaire 07

I-2-4-Traitement secondaire 08

I-3-Description de zone 0 3 11

I-3-1-Introduction

Chapitre II : POLLUTION DES EAUX

II-Introduction.

II-1-Définition des eaux industrielles. 14

II-2-Les différents types de pollution par les rejets liquides . 14

II-3-Caractérisation des eaux 15

Chapitre III : Epuration des eaux résiduaires industrielles

III - Epuration des eaux résiduaires industrielles 16

III-1-Les prétraitements 16

III-1-1 Dégrillage 16

III-1-2 Dessablage 16

III-1-3 Pré déshuilage (bassin API) 17

III-2- Coagulation-floculation 17

III-2- 1 Coagulation 17

III-2- 2 Flocculation	17
III-3- Flottation	17
III-4- Epuration biologique	18
III-5- Epaissement des boues	18
III-6- Déshydratation : (par lits de séchage)	18
III-7 Les paramètres d'appréciation de la qualité des rejets industriels	18
Chapitre IV : Protocole expérimental	
IV - 1 - Méthodes et normes d'analyses	24
IV - 2 - Analyse des eaux	24
IV- 3 - Matériels et Produits utilisés	24
IV - 4 - Normes et analyses	25
IV-5 Résultats et discussions	30
Conclusion générale	46
Recommandation	47
Références bibliographique	
Les Annexes	

List des Abréviation

SONATRACH : société nationale pour la recherche ,la production ,le transport , la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures .

ERI: eaux résiduaires industrielles .

API: American Petroleum Instituted .

SBR: Séquencions batch réacteur .

STEP: station de traitement des eaux polluées.

MES: matières en suspension.

pH: potentiel d'hydrogène.

TA: titre alcalimétrique.

TAC: titre alcalimétrique complet.

TH: titre hydrométrique (dureté).

TH Ca²⁺ : titre hydrométrique calcique.

TH Mg²⁺ : titre hydrométrique magnésien. **DCO**: demande chimique en oxygène.

DBO5: demande biologique en oxygène pendant cinq jours.

MOX: matières organiques oxydable.

HC: hydrocarbures.

CE: Conductivité. d'absorption .

Liste des Figures

Figure II-1 : Déversoir et Bassin d'orage	07
Figure II-2 : Bassins API	08
Figure II-3 : Bacs Biologiques SBR	08
Figure II-4 : Le filtrage	09
Figure III : zone 03	10
Figure III-2 : Coagulation-floculation	16
Figure III-3 : D'un flotteur	17
Figure- IV-5-2 : Variation de pH de zone 27 et 3 en fonction de temps	31
Figure IV -5- 3 : Variation de conductivité de zone 27 et 3 en fonction de temps	32
Figure IV-5-4 : Variation de TAC de zone 27 et 3 en fonction de temps	33
Figure IV-5-5 : Variation de Ca^{2+} de zone 27 et 3 en fonction de temps	34
Figure IV -5-6 : Variation de Cl^- de zone 27 et 3 en fonction de temps	35
Figure IV-5-7 : Variation de TH de zone 27 et 3 en fonction de temps	36

Liste des tableaux

Tableau IV-5-1 : variation de DCO , DBO ₅ , MEK , Furfural , HC de zone (27) en fonction de temps	30
Tableau IV-5-2 : variation de ph de zone (27) et (3) en fonction de temps	31
Tableau IV-5-3 : variation de conductivité de zone (27) et (3) en fonction de temps	32
Tableau IV-5-4 : variation de TAC de zone (27) et (3) en fonction de temps	33
Tableau IV-5-5 : variation de Ca ²⁺ de zone (27) et (3) en fonction de temps	34
Tableau IV-5-6 : variation de Cl ⁻ de zone (27) et (3) en fonction de temps	35
Tableau IV-5-7 : variation de TH de zone (27) et (3) en fonction de temps	36



INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Un approvisionnement adéquat en eau de bonne qualité est essentiel au développement continu de n'importe quelle société. Les données les plus récentes sur l'utilisation brute de l'eau indiquent que le prélèvement total d'eau croît de façon régulière. Les incertitudes que soulève l'avenir des ressources en eau accentuent ce défi en raison d'épisodes climatiques extrêmes et des changements du climat, d'une concurrence accrue pour l'accès à des ressources limitées en eau à l'échelle mondiale et d'une demande croissante pour ce qui est d'un meilleur contrôle de la pollution des eaux usées à l'appui d'une meilleure utilisation des eaux réceptrices. L'une des solutions réside dans la réutilisation de l'eau, ce qui facilite l'utilisation des effluents municipaux traités comme nouvelle source d'approvisionnement tout en réduisant l'évacuation d'effluents pollués dans les eaux réceptrices. Dans certains cas, la réutilisation de l'eau peut présenter des avantages économiques découlant en partie des économies réalisables sur l'expansion des infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées.

Dans ce mémoire on va voir un exemple de la réutilisation d'une eau épurée. L'objectif général de ce travail est d'étudier, la possibilité de recycler des eaux résiduelles industrielles chargées des matières organiques (les hydrocarbures) et des ions chlorures provenant du complexe de distillation et raffinage du pétrole brut ; vers la zone 03 (Les utilités) de ce dernier ; après avoir dégradé la totalité des polluants qu'elles véhiculent, passant par différentes étapes d'épurations.

Pour atteindre cet objectif, ce travail se compose de deux volets. Le premier volet est la partie théorique avec trois chapitres, dont le premier consiste à Présentation du complexe et le deuxième chapitre déterminer les principales causes de pollution des eaux industrielles ; enfin le troisième chapitre défini d'épuration ou de traitement des eaux rejets industriels.

Le deuxième volet est la partie expérimentale, comporte d'un part les résultats d'analyse de la composition physico-chimique des eaux usées à la sortie de la STEP(SVM), et des eaux brut de zone 03 D'autre part il regroupe les phases d'épurations des eaux polluées à l'échelle du laboratoire ; en essayant de localiser le problème de la STEP en question, et en même temps tentant à améliorer ces phases

Introduction général

d'épurations afin d'arriver à une eau épurée qui répond à notre objectif. Somme toute est l'optimisation du mélange .

Pour finir, on conclue sur la possibilité de faire recycler une eau usée de propriétés spécifiques vers zone 03, passant par certaines étapes d'épuration, on présente les différentes perspectives et recommandations de ce travail concernant les pistes à suivre pour la mise en marche et l'amélioration de la STEP en question.



CHAPITRE I
PRESEENTATION DU COMPLEXE (RA1Z)

I-Présentation du complexe et d'unité de traitement des rejets

I.1 Présentation de la raffinerie d'Arzew

I.1.1 Historique

La raffinerie d'Arzew est considérée comme un important complexe industriel réalisé dans le cadre du premier plan quinquennal dans les années 70 par un groupe japonais (Société Japonaise JAPAN GASOLINE CORPORATION). Elle occupe une superficie de **170** hectares de la zone industrielle sur le plateau d'El Mohgoun à environ **40** kilomètres d'Oran et environ 5 km de la mer méditerranée. En 1982 d'autres unités ont été rajoutées et en **2010** elle a procédé à la modernisation de ces unités de production avec lancement des projets ambitieux.

I.1.2 Importance du raffinage

L'importance du raffinage est d'assurer, à partir d'une matière première unique (PETROLE).

La fabrication d'une gamme très étendue de produits finis qui doivent satisfaire l'utilisateur en répondant à des nombreuses spécifications et couvrir la demande quantitative exigée par le marché.

L'industrie du raffinage met en œuvre des techniques de séparation et de transformation permettant de produire à partir du pétrole des produits commerciaux allant du gaz au carburant, lubrifiants et bitumes.

La raffinerie d'Arzew (RA1Z) comprend quatre départements de production le P1, P2, P3 et P4, chaque département est constituée de plusieurs zones ayant des activités spécifiques. Chaque département est composé des différentes unités de production, comme suite :

I.1.2.1 Département Production P1

Ce département concerne la production des carburants, des lubrifiants et les bitumes en traitant le pétrole brut de Hassi-Messaoud comme charge et le brut réduit importé (BRI) pour la production des bitumes. Elle est constituée des zones suivantes :

■ Zone d'utilités (Zone 3)

Cette zone est construit pour l'Alimentation des autres zone en : air, vapeur, eau, électricité, et gaz qui sont très importants pour les unités de traitement. Elle se divise en plusieurs unités

Unité 31 : Production de vapeur

- Unité 32 : Production de l'eau distillée
- Unité 33 : Circuit d'eau de refroidissement
- Unité 34 : Production d'électricité GTG (turbine à gaz)
- Unité 35 : Récupération et distribution du gaz combustible.
- Unité 36 : Unité d'air comprimé, production gaz inerte
- Unité 67 : systèmes du Réseau d'eau anti-incendie.

■ Zone des carburants (Zone 4)

C'est le point de départ du process de raffinage du pétrole brut. Elle comprend 5 unités :

- **Unité 11**: Unité de distillation atmosphérique « Topping »
- **Unité 12** : Unité de reforming.
- **Unité 13** : Séparation des gaz « Gas Plant »
- **Unité 17** : Unité d'isomérisation
- Unité 18 : Huile chaude « hot oil »

■ Zone de fabrication des huiles lubrifiants (Zone 7)

Cette zone a pour but la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA) venant du topin (unité 11), sa capacité de production est de 50 000 T/an. Elle comprend les unités suivantes :

- **Unité 21** : Distillation sous vide.
- **Unité 22** : Dés asphaltage au propane.
- **Unité 23** : Extraction au furfural des aromatiques.
- **Unité 24** : Déparaffinage au MEK-Toluène.
- **Unité 25** : Hydrofinishing.

■ Zone de fabrication des bitumes (Zone 10)

Cette zone concerne la production des bitumes routiers et oxydé, elle comprend 2 unités :

-**Unité 14 (Bitumes routiers)** : C'est l'unité de Flash sous vide. Elle traite un mélange de Brut réduit importé (BRI) l'asphalte qui est récupéré de l'unité 22. Ce mélange est fractionné sous vide en gasoils et en produit visqueux obtenu en fond de colonne, lequel est traité dans la section soufflage à l'air pur pour obtenir des bitumes routiers.

-**Unité 15 (Bitumes Oxydés)** : c'est l'unité de Semi Blowing (soufflage). Dans cette unité on procède à l'oxydation de la charge (Bitume routier + Gasoil) afin d'obtenir du bitume oxydé, conditionné dans des sacs de 25 Kg.

I.1.2.2 Département Production P2

En 1978, suite aux besoins importants en lubrifiants, la réalisation d'un ensemble de production de 120000 T/an d'huile de base fut lancé .Le démarrage de cet ensemble fut en 1984.

■ Zone d'utilités (Zone 19)

Elle comprend les unités suivantes :

Unité 1100 : Production de la vapeur

Unité 1200 : Production de l'électricité.

Unité 1300 : Tour de refroidissement

Unité 1400 : Fuel gaz.

Unité 1500 : Unité d'air comprimé.

Unité 1600 : Production de l'eau distillée.

■ **Zone de production des huiles de base (Zone 5)**

Cette zone assure la production des huiles de base (SPO, SAE10, SAE30, BS), elle a une capacité de production de 120 000 T/an. Le traitement se fait de la même façon que dans la zone 07. Elle englobe deux compartiments : HB3 et HB4.

➤ **HB3** : composé des unités suivantes:

- **Unité 100** : distillation sous vide.
- **Unité 150** : huile caloporteur.
- **Unité 160** : traitement des eaux acides.
- **Unité 200** : dés asphaltage au propane.
- **Unité 300** : extraction au Furfural.

➤ **HB4** : comprend les unités suivantes :

- **Unité 400** : déparaffinage au MEC/Toluène.
- **Unité 500** : hydrofinishing.
- **Unité 600** : hydrogénation des paraffines.

I.1.2.3 Département Production P3

Une nouvelle réorganisation des départements de production a ajouté un troisième département qui comprend la zone suivante :

■ **Zone de fabrication des huiles finies et graisses (Zone 6)**

Elle comprend les unités suivantes :

Unité 3000 : Huiles finies.

Unité 3100 : Blandin des huiles.

Unité 3200 : Graisses.

Unité 3300 : Conditionnement de la paraffine.

Unité 3600 : Remplissage des huiles en vrac.

Unité 3900 : Conditionnement et emballage des huiles finies.

I.1.2.4 Département de production P4

■ **Zones de stockage, mélange et expédition (Zone 28)**

Il s'agit du stockage des produits finies comme les carburant, les GPL ainsi que les additifs chimiques, le brut de Hassi-Messaoud, et le mélange des essences. Une dernière tâche, est l'expédition des produits finis au moyen des camions (propane, butane, essence, gasoil), par

canalisation et par navires au niveau de l'ISP.

■ Station de traitement des effluents (Zone 27 et Unité 1800)

Le rôle de cette zone est récupérer les eaux usées et les traiter.

I.1.3 Laboratoire de contrôle

Durant toutes les étapes de raffinage au niveau des différentes unités, les produits semi-finis et finis sont soumis selon un programme bien défini à un contrôle de qualité rigoureux au niveau du laboratoire.

Avant tout transfert ou expédition de produit fini, un certificat de qualité attestant la conformité de ce produit aux spécifications arrêtées est établi.

Le laboratoire contrôle aussi la qualité des eaux, les rejets et procède aux analyses des différents échantillons spéciaux.

I-2-Description de zone 27

Cette station est une nouvelle unité de traitement des eaux usées provenant des drainages des unités de production P1, P3 et P4. Cette zone dispose d'un réseau d'assainissement de type séparatif qui collecte les eaux usées de processus et les eaux pluviales ainsi que les drainages vers la station d'épuration. Elle est conçue pour traiter des eaux usées avec un débit de 200 m³/h et avec des caractéristiques

I-2-1- Principales étapes de traitement pour la zone 27

La station d'épuration des eaux usées (unité 27) comprend les étapes suivantes

- Déversoir d'orage
- Bassin d'orage
- Bac tampon,
- Déshuileurs API
- Unité de flottation
- Bac de rétention
- Réacteurs biologiques séquentiels (SBR)
- Filtres à sable et anthracite
- Epaisseur
- Déshydratation des boues
- Incinérateur de boues

I-2-2-Prétraitement

- **Déversoir d'orage** : Cet ouvrage permet d'alimenter gravitairement en eau usée le nouveau déshuileur API avec un débit max de 200 m³/h et le surplus (cas pluvial) se déversera dans le bassin

d'orage.

- **Bassin d'orage** : C'est un ouvrage en béton armé composé de trois différentes zones
1- Une zone de pré-sédimentation (dégrilleur) des matières en suspension véhiculées par les eaux pluviales, des pompes immergées assurent l'extraction des boues vers l'épaississeur et une zone de pré-déshuilage où est installé un disque (disc oïl) sur la surface pour la récupération des hydrocarbures libres.
2- Une station de pompage qui évacue les eaux vers le bac tampon.

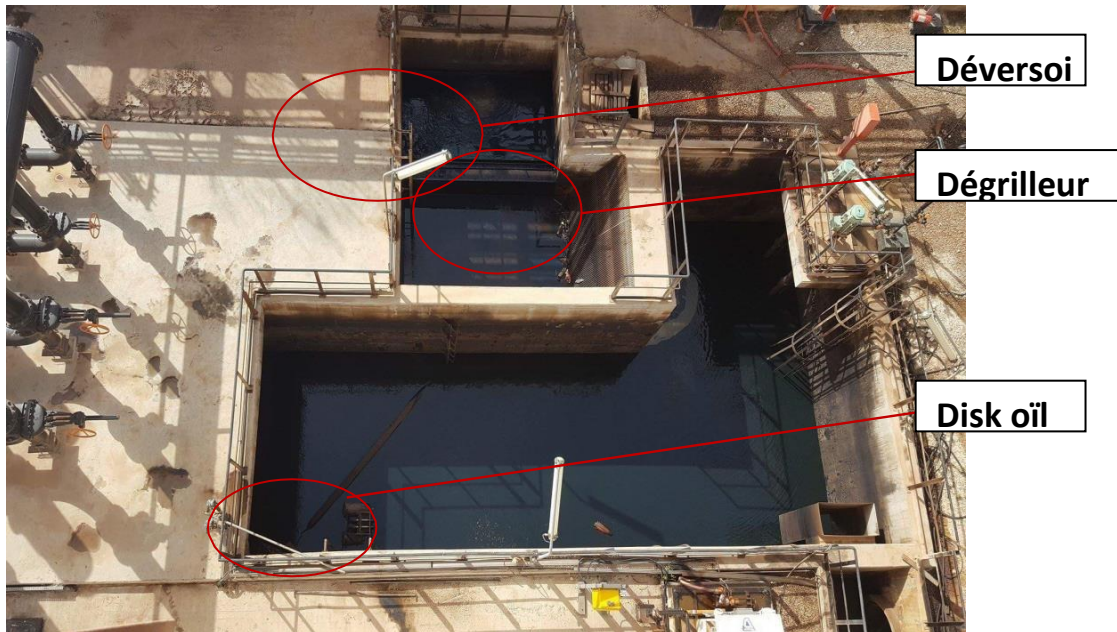


Figure I-2 : Déversoir et Bassin d'orage

- **Bac tampon** : Le bassin tampon est un bac métallique où les eaux pluviales chargées en pollution sont stockées puis traitées par la station d'épuration. Cet ouvrage est équipé d'une barrière de rétention des flottants et d'une goulotte de récupération des huiles.

I-2-3-Traitement primaire

- **Dégrillage** : élimination des déchets volumineux par un dégrilleur motorisé.
- **Déshuilage API** : C'est un traitement physique qui sert à séparer les hydrocarbures libres et les matières en suspension des eaux huileuses par la décantation.



Figure II-2: Bassins API

- **Système de flottation IGF (induced gaz flottation) :** Sert à éliminer les hydrocarbures et les matières en suspension dissoutes dans l'eau prétraitée jusqu'à satisfaction des normes à l'entrée de traitement biologique. Ce traitement est réalisé en utilisant un coagulant.
- **Coagulation :** procédé physico-chimique visant la déstabilisation et l'agglomération des particules colloïdales présentes dans l'eau.
- **Bac de rétention :** C'est un bac de stockage sert à retenir les eaux prétraitées sortie IGF et alimentation des bacs biologiques.

I-2-4-Traitement secondaire

- **Réacteurs biologiques séquentiels :** C'est un système à boue activée qui sert à éliminer la matière organique, l'azote et le phosphore par oxydation dans un bassin à réacteur séquentiel (**SBR**) où l'aération et la clarification sont réalisées dans le même bassin.



Figure II-3 : Bacs Biologiques SBR

Un cycle unique pour chaque réacteur est composé de cinq périodes :

- **Remplissage** : En anoxie : Durant le remplissage en anoxie, la DBO_5 soluble est absorbée et stockée par de la biomasse jusqu'à le début d'injection d'air qui va métaboliser la nourriture. Avec aération : durant l'aération et la recirculation, la biomasse commence à métaboliser la nourriture (pollution) qui a été déjà absorbée et cela jusqu'à ce que le niveau haut du bac soit atteint.
- **Réaction** : après le remplissage du bassin, à son niveau haut, commence la biodégradabilité de la pollution (DBO_5) et sa consommation totale par les micro- organismes.
- **Stabilisation** : arrêt de l'aération, stabilisation et décantation de la biomasse.
- **Récupération de l'eau traitée** : après la décantation, la récupération de l'eau traitée est envoyée vers le bassin.
- **Filtration** : sert à éliminer les particules solides à partir de l'eau traitée.



Figure II-4: Les filtrage

I-2-5-Traitement de boue

Epaississement : la diminution de la teneur en eau de boue.

Centrifugation : la déshydratation de la boue par l'injection de produit chimique (un polymère)

Incinération : c'est un réacteur à lit fluidisé contient de sable a pour but d'incinérer la boue sortie de centrifugeuse pour avoir une boue inerte.

Traitement des fumée : par l'injection des produits chimique (urétation e, charbon active, bicarbonate) à fin de protéger l'atmosphère.

I-3-Description de la zone 03



Figure I - 3: zone 03

Pour le bon fonctionnement d'une raffinerie de pétrole, les installations de production ont besoin de vapeur, électricité, eau de refroidissement, eau distillée, air instrument et air service.

Ainsi pour assurer ces besoins, on utilise l'eau brute qui arrive de KAHRAMA, il est acheminé à la zone 3 dans laquelle il sera stocké dans le bac T602 d'un volume de 12000 m³ et d'une hauteur de 15m, en cas de coupure d'eau une réserve de capacité de 30000m³ est assurée par le bac T603.

Les bacs T602 et T603 alimente le réseau contre incendie et l'appoint des évaporateurs 32B101 et 32B102 par les pompes 32G1 A/B et 32G2 A/B et 32G3 A/B pour la production d'eau distillée.

I-3-2-La zone 3 comporte 7 unités principales

- **Unité 31**: unité de production de vapeur, d'électricité et récupération des condensas.
- **Unité 32** : unité de production d'eau distillée.
- **Unité 33**: unité de conditionnement et distribution de l'eau de refroidissement.
- **Unité 35** : unité de réception et distribution de gaz naturel riche en méthane.
- **Unité 36** : unité de production d'air service et d'air instrument.
- **Unité 37** : Gaz inerte.
- **Unité 67** : Réseau incendie.

■ I-3-3-Unité 31 : production de la vapeur et d'électricité

L'unité 31 comporte 3 chaudières H1, H2, H3 dont deux sont identiques H1 et H2, elles produisent chacune 62 t/h maximum de vapeur à une pression de 50 Kg/cm² à une température de 430 °C, la troisième chaudière H3 produit une capacité maximum de 124 t/h, elle est prévue pour remplacer les deux anciennes chaudières. Les chaudières utilisent le gaz naturel ou le fuel gaz comme combustible, actuellement toutes les chaudières de la raffinerie fonctionnent au gaz naturel.

■ I-3-4-Unité 32 : Unité de production d'eau distillée

Elle est constituée de deux évaporateurs 32B1 et 32B101 de types MSF

(Multi stage Flash) à 6 et 5 cellules respectivement :

I-3-4-1- Evaporateur 32B1

C'est un équipement MSF de vaporisation instantanée à 6 cellules utilisant la vapeur à basse pression 3 kg/cm² pour source de chaleur, les 4 premiers étages constituent les cellules chaudes de la section de récupération de chaleur, tandis que les deux autres étages représentent les cellules froides.

■ Caractéristiques techniques

Eau de l'alimentation : **130m³/h, 23,5°C, 3kg/cm².**

Eau distillée : **40m³/h, 39°C, 2kg/cm².**

Rejet de saumure : **40m³/h, 39,8°C.**

Débit de circulation de saumure : **462,7m³/h.**

I-3-4-2- Evaporateur 32B101

Il se présente sous forme d'un équipement MSF de 5 cellules d'évaporation (3cellules de circulation et 2 de réfrigération) monté sur un châssis en poutrelles d'acier il est exécuté en tôle d'acier inoxydable et renforcé pour subir le vide complet à l'intérieur.

Le corps d'évaporateur est fabriqué en **INOX 316** ainsi que les tubes de condenseurs, séparateurs, caisson eau distillée, et les tubes de passage de saumure.

I-3-4-3- Dégazeur 32 D 101

Le dégazage de l'eau d'appoint se fait dans une tour sous vide, l'eau est pulvérisée par une rampe à la partie supérieure, elle est ensuite dispersée sur une charge en anneaux puis est récupérée en fond et dirigée vers la cellule froide.

■ **I-3-5 Unité 33 : Unité de conditionnement et distribution de l'eau de refroidissement**

L'eau représente un excellent liquide de refroidissement, il est l'élément le plus utilisé dans l'industrie, pour éliminer les calories dégagées dans les différents procédés chimiques ou physiques. La nature des équipements qui exploitent l'eau comme un refroidisseur varie entre :

- Condenseurs et échangeurs thermiques.
- Moteurs, compresseurs.
- Four et réacteur chimique.

L'eau froide pénètre dans les appareils à refroidir et sa température augmente par échange thermique avec les parois chaudes dans un circuit de réfrigération semi ouvert, l'eau chaude est refroidie dans une tour de refroidissement puis retourne à l'équipement. L'unité 33 de la raffinerie d'ARZEW dispose d'une tour de refroidissement 33E101 d'une capacité de circulation de 5200m³/h, où l'eau chaude arrive à une température de 42°C et part à une température de 27°C.

■ **I-3-6 Unité 35 : Réception et distribution de gaz naturel riche en méthane**

L'unité 35 est destinée à réceptionner le gaz naturel riche en méthane en provenance de RTO et le gaz de raffinerie à partir de la zone 04, les deux gaz sont mélangés dans le ballon 35D1 et distribués à travers les zones de production.

Le gaz naturel arrive à la raffinerie à une pression de 24 kg/cm², après avoir subi une première détente de 45 à 25 kg/cm² au niveau du SKID GAZ situé à proximité de la CAMEL, la température est portée à 50°C dans un réchauffeur à vapeur le 35 E1, avant son entrée au ballon, le gaz est détendu à 3,5 kg/cm².

Le gaz en provenance des zones 4 et riche en hydrogène et en propane est introduit directement au ballon.

■ I-3-7 Unité 36 : Unité de production d'air service et d'air instrument

C'est l'unité de production de l'air service et l'air instrument, deux utilités nécessaire au fonctionnement de l'ensemble des instruments de contrôle et différentes installations de la raffinerie.

L'unité 36 comporte 7 compresseurs alternatifs À piston double effet 36 G1 A/B/C/D/E/F/G dont les quatre compresseurs 36G1 A/B/F/G sont des turbos compresseurs, et les 36G1 C/D/E sont des compresseurs entraînés par des moteurs 5500V.

■ I-3-8 Unité 37 : Unité de stockage et de distribution d'azote

Le gaz inerte est réceptionné par camion en provenance de l'unité de production de l'azote liquide ENGI dans le ballon 37-D1 puis il est réchauffé au niveau d'un réchauffeur pour alimenter les unités de productions.



CHAPITRE II
POLLUTION DES EAUX

II-Introduction

Au cours du processus de transformation de la matière première, des produits chimiques sont mis en jeu pour le traitement des eaux industrielles qui arrivées à terme de leur efficacité sont rejetées ; on dit qu'elles sont polluées. Cette pollution se traduirait sur le plan pratique par :

1-Altération de la qualité de l'eau rejetée dans le milieu naturel (mer, oued, nappe souterraine. etc....).

2-Une dégradation du cadre de vie (présence des boulettes d'hydrocarbures sur les berges).

3-Une diminution de l'oxygène dissous en milieu aquatique.

Une modification dans la qualité d'éléments entrant dans la chaîne alimentaire.

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles. Nous nous intéressons aux rejets liquides transportés par l'eau, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés.

II-1-Définition des eaux industrielles

Tous effluents ou rejets industriels obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels.

Les eaux de rejets des services généraux des industries (sanitaire et cuisine) sont considérées également comme eaux résiduaires industrielles. [1-3].

II-2-Les différents types de pollution par les rejets liquides

Ces effluents entraînent une pollution du milieu aquatique qu'on peut classer en plusieurs types que l'écosystème parvient à maîtriser avec plus ou moins d'efficacité.

Cette classification n'est pas stricte, d'autre part, dans la pratique on observe plusieurs de ces types de pollution en même temps et leurs actions sont combinées :

II-2-1 La pollution thermique

La pollution thermique par l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il s'ensuit qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution. [1], [2].

II-2-2 La pollution organique

La pollution organique est la plus répandue. Elle peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'auto-épuration, n'est pas atteinte. Au-delà de cette limite, la respiration de divers organismes aquatiques prend le pas sur la production d'oxygène. [2], [6]

II-2-3 Pollution physique

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique,

thermique et radioactive [1], [5].

II-2-4 La pollution par les hydrocarbures

La pollution par les hydrocarbures qui sont des substances peu solubles dans l'eau est difficilement biodégradable, leurs densités inférieures à l'eau les fait surnager et leurs vitesses de propagation dans le sol sont 5 à 7 fois supérieure à celle de l'eau. Ils constituent un redoutable danger pour les nappes aquifères. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère. [7], [5].

II-2-5 La pollution minérale

La pollution minérale due

ont la fâcheuse propriété de s'accumuler dans certains tissus vivants et constituent essentiellement aux rejets industriels modifie la composition minérale de l'eau. Si certains éléments sont naturellement présents et sont indispensables au développement de la vie, un déséquilibre de ces mêmes éléments provoque le dérèglement de la croissance végétale ou des troubles physiologiques chez les animaux.

D'autres comme les métaux lourds hautement toxiques une pollution différée pour les espèces situées en fin de la chaîne alimentaire. [5], [9].

II-2-6 La pollution microbiologique

La pollution microbiologique se développe conjointement à la pollution organique par une prolifération de germes d'origines humaines ou animales dont certains sont éminemment pathogènes. [10].

II-2-7 La pollution chimique

La pollution chimique génère des pollutions souvent dramatiques pour les **écosystèmes** par leur concentration dans le milieu naturel à certaines époques de l'année. C'est le cas des herbicides et des sels d'épandage par exemple.

On distingue parmi les polluants chimiques ; les métaux lourds, les pesticides et les détergents. Ils comprennent en particulier le plomb, le mercure, le cadmium qui sont les plus dangereux en plus d'autres métaux lourds.

II-3- Caractérisation des eaux [3]

Pour traiter un problème de pollution des eaux destinées au rejet vers l'environnement ou pour un éventuel recyclage, il est nécessaire de définir et d'évaluer les éléments susceptibles d'altérer la qualité de ces eaux. Aussi les paramètres de la pollution permettent de juger de la gravité d'un problème.



CHAPITRE III

EPURATION DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES



III - Epuration des eaux résiduaires industrielles

L'épuration des ERI a pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, afin de rendre au milieu aquatique qui est le milieu récepteur une eau de qualité, respectueuse des équilibres naturels et de ses usages futurs. Dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes ; dont on va les présenter ci- dessous : les prétraitements suivis des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements d'affinage.

III-1-Les prétraitements

Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physiques et mécaniques: dégrillage, dessablage et dégraissage-déshuilage. Ils dépendent de la nature et des caractéristiques des rejets industriels et de la ligne d'épuration prévue en aval. [15-17].

III-1-1 Dégrillage

Il permet de filtrer les objets ou les détritres les plus Grossiers véhiculés par les eaux usées. Son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontal. Le choix d'espacement des barreaux de la grille est défini par la taille et la nature des déchets acceptés par la STEP. Un espacement de 10mm (dégrillage fin) maximum est utilisé pour protéger les filières d'épuration des eaux ou des boues spécifiques (décantation lamellaire, centrifugation...).

Plus communément, l'espacement des barreaux est de 2,0 à 2,50 cm pour un dégrilleur mécanique et 3 à 4 cm pour un dégrilleur manuel. [18].

La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s [17]. Les déchets récupérés sont compactés afin de réduire leur volume puis stockés dans une benne avant d'être envoyés vers une filière de traitement adapté [19].

III-1-2 Dessablage

Les matières minérales grossières en suspension tels que les sables et les graviers, dont la vitesse de chute est inférieure à 0,3 m/s, susceptibles d'endommager les installations en aval, vont se déposer au fond d'un dessaleur par décantation. Il faut 60 secondes à l'eau pour traverser le dessaleur et éliminer 90% du sable qui ensuite récupéré par un râteau mécanique et poussé dans un centenaire d'évacuation [18], [20], [21].

III-1-3 Pré déshuilage (bassin API)

Les effluents bruts peuvent contenir des quantités variables d'hydrocarbures présents à l'état libre, en solubilité de partage ou en émulsion plus ou moins importante (de l'ordre de 500 à 1000 mg/l).

III-2- Coagulation-floculation

Les eaux contiennent des particules en suspension colloïdales ou pseudo colloïdales, très fines, qu'il est nécessaire d'agglutiner en un pseudo colloïdal, très fines, qu'il est nécessaire d'agglutiner en un floc volumineux afin d'assurer leur flottation. Les colloïdes possèdent des charges électriques à l'interface qui empêchent les particules voisines de se rapprocher.

L'action s'effectue en deux stades :

- La coagulation, qui permet de décharger les colloïdes afin de donner naissance à un précipité.
- La floculation qui a pour but d'accroître le volume et la cohésion du floc formé par la coagulation.

• III-2- 1 Coagulation

On utilise un polymère organique du type poly électrolyte cationique. La dose à utiliser dépend de la nature de l'eau à traiter : souvent déterminée au laboratoire et corrigée par des essais sur site.

• III-2- 2 Floculation

Elle est favorisée par un brassage mécanique homogène et lent qui augmente les chances de rencontre des particules colloïdales déchargées susceptibles de se rencontrer, sans casser le floc. Le tout alimentent la section flottation pour racler tous les floccs flottants. [22], [23].

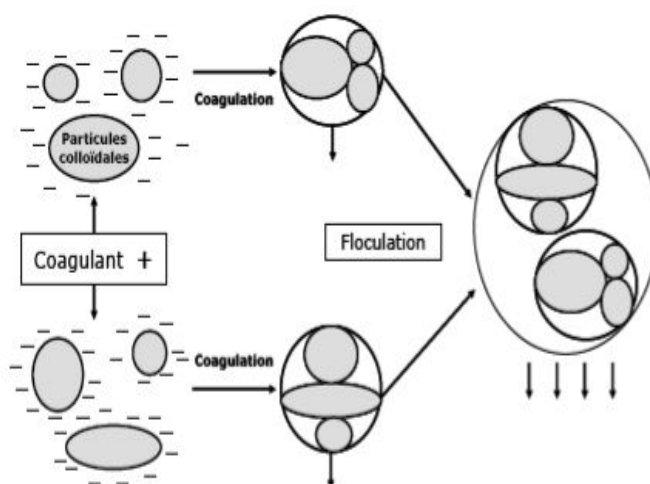


Figure III-2-: Coagulation-floculation.

III-3- Flottation

La flottation est un procédé de séparation des matières en suspension dans l'eau, utilisant la densité apparente plus faible de ces matières et conduisant à leur rassemblement et à leur collecte à la surface libre.

La flottation est provoquée par la fixation de microbulles d'air aux particules à éliminer, leur donnant ainsi une masse volumique moyenne inférieure à celle de l'eau et permettre de récupérer tous les flocs dans un ballon de slop par un racleur qui tourne à une vitesse minimale constante.

La production des microbulles s'effectue par pressurisation d'une partie de l'eau déjà traitée en flottation. La pressurisation consiste à produire des microbulles par détente à la pression atmosphérique de l'eau enrichie en air sous pression de 5 à 6 bars. [24], [25], [26].

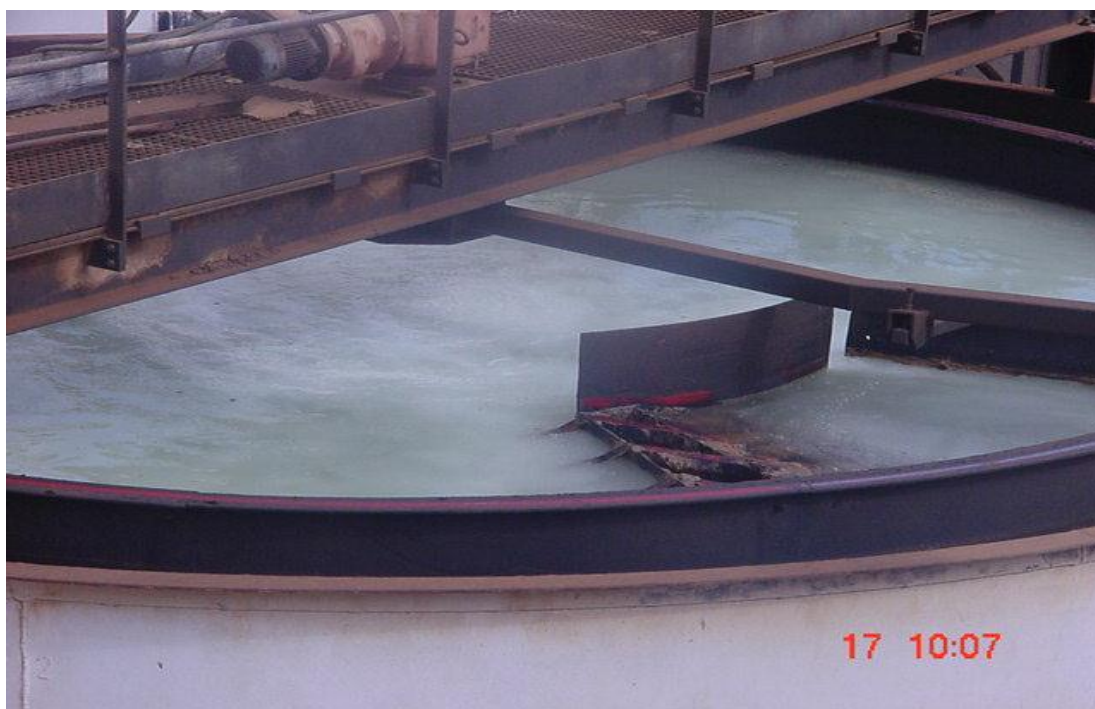


Figure III-3: D'un flotteur

III-4- Epuration biologique

C'est l'utilisation des êtres vivants pour consommer la pollution organique des effluents. Les matières organiques passent de la forme dissoute ou colloïdale à la forme solide qui permet de les extraire des eaux usées par décantation. Ce sont les bactéries, organismes doués des plus fortes capacités de reproduction et d'assimilation, qui servent d'intermédiaire pour cette transformation. La pollution assimilable par ces bactéries sera appelée **nourriture** ou **substrat**.

Le procédé consiste à provoquer le développement d'un flocc bactérien (boues activées) dans un bassin d'aération alimenté en effluent prétraité.

Dans ce bassin, le mélange eau brut plus floc (liqueur mixte) est brassé pour maintenir les boues en suspension et apporter l'oxygène nécessaire à la prolifération bactérienne.

Pour un bon développement de floc bactérien, le substrat doit être équilibré, c'est à dire contenir les éléments de la nature vivante en particulier azote et phosphore assimilable.

Une injection d'azote (sous forme d'urée) et de phosphore (sous forme d'acide phosphorique) est effectuée à l'entrée du bassin d'aération à l'arrivée de l'effluent à traiter.

III-5- Epaissement des boues

Les corps polluants et leurs produits de transformation, retirés de la phase liquide au cours de traitement de l'eau en flottation, épuration biologique ou décarbonatation, se trouvent rassemblés dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées boues.

Toutes ces boues constituent un déchet extrêmement liquide.

Elles nécessitent un traitement final avant de pouvoir être rejetées dans le milieu naturel.

Le traitement final consiste en une déshydratation plus ou moins poussée, permettant d'obtenir un déchet résiduel au minimum peltable.

L'épaississement, par décantation naturelle, des suspensions boueuses provenant directement des appareils des traitements de l'eau, permet l'amélioration de la production du dispositif de déshydratation.

Les suspensions boueuses sont introduites dans une capacité (épaississeur) où le temps de séjour est élevé, de façon à provoquer le tassement sur elles-mêmes des boues, dans l'évacuation se fait par le fond, tandis que le liquide interstitiel est évacué par le haut.

Les dimensions de l'épaississeur permettent d'envisager d'obtenir :

- Boues flottation.....30 à 40 g/l
- Boues épuration biologique.....25 à 30 g/l
- Boues décarbonatation150 à 200 g/l

III-6- Déshydratation : (par lits de séchage)

L'essorage des boues par filtration, consiste en un simple drainage sur lit de sable.

1-Dans un premier temps, il y'a départ de l'eau libérée de la suspension boueuse jusqu'à une teneur en eau de 80% environ.

2-Dans un deuxième temps, il y'a départ de l'eau lié jusqu'à obtenir siccité de 65% (max. 50%) en matières en suspension selon la durée de séjour, les conditions climatiques et les caractéristiques de la boue.

III-7 Les paramètres d'appréciation de la qualité des rejets industriels

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

III-7- 1- La température (T)

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C. [10], [11].

III-7- 2- Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution bio disponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9. [1], [11].

III-7-3-La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau. [12].

III-7- 4- La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{Sm/cm}$, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire. [7], [8], [13] [14].

III-7-5-La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO₅. La mesure de DBO₅ sur les effluents pétroliers est difficile pour trois raisons :

- La plupart des hydrocarbures ne sont pas normalement dégradables sinon très lentement (25 à 30 jours).
- Ils viennent s'adsorber sur les boues biologiques de l'ensemencement en bloquant l'activité de celles-ci.
- Des composés toxiques présents avec les hydrocarbures peuvent inhiber le processus biologique.

III-7-6- La demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg/l.

La valeur du rapport **DCO/DBO** indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine. Généralement la valeur de la **DCO** est : [1], [8], [14].

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines.
- DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.
- DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg/l.

La valeur du rapport **DCO/DBO** indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine. Généralement la valeur de la **DCO** est :

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines.
- DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.
- DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO5 et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$MO = (2 DBO5 + DCO)/3$$

III-7-7-La biodégradabilité

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

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que :

$$K = DCO / DBO5$$

- Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable.
- Si $1,5 < K < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

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

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



CHAPITRE IV
PROTOCOLE EXPERIMENTAL



Protocole expérimental**IV - 1 - Méthodes et normes d'analyses**

Différentes analyses sont effectuées au laboratoire afin de suivre tous les paramètres caractérisant la qualité des eaux avant et après chaque étape d'épuration, ainsi que pour chaque proportion des mélanges d'optimisation .

IV - 2 - Analyse des eaux

Les paramètres à analyser sont : la turbidité, le potentiel d'hydrogène pH, la conductivité le taux de sels dissout TDS, le titre alcalimétrique TA, le titre alcalimétrique complet TAC, le titre hydrométrique TH, la dureté calcique TH Ca^{2+} , la dureté magnésienne TH Mg^{2+} , les chlorures libre Cl^- les demandes chimique et biologique en oxygène ainsi que le fer total (par TPTZ). Enfin le calcul des indices de saturation et de stabilité pour déterminer le caractère de l'eau (entartrant ou corrosive).

IV- 3 - Matériels et Produits utilisés**IV – 3 – 1 - Les matériels**

- ✓ Erlenmeyers de 100 ml et 50 ml
- ✓ Eprouvette de 50 ml et 25ml et 100 ml et 10 ml
- ✓ Pipette de 10 ml et 1 ml et 20 ml 0,5 ml
- ✓ Burette graduée
- ✓ Bêchers de 100 ml et 250 ml
- ✓ Entonnoir
- ✓ Ampoule à décanter de 25 ml et 100 ml
- ✓ Appareil à reflux
- ✓ pH-mètre

IV – 3 - 2 –Les produits :

- ✓ Solution de nitrate d'argent (Ag NO_3)
- ✓ Chromate de potassium(K_2CrO_4)
- ✓ Méthylorange
- ✓ Phénol phtaléine
- ✓ Eau distillée
- ✓ Solution ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{S}$)
- ✓ Bleu de brome phénol
- ✓ HCl
- ✓ Acide chlorhydrique

- ✓ Solution d'EDTA
- ✓ Solvant d'extraction ($C_4Cl_4Fe_6$)
- ✓ Solution tampon pH=10

IV - 4 - Normes et analyses

IV- 4 - 1 - Détermination de la demande chimique en oxygène DCO

- **Principe**

Ce mode opératoire est basé sur ébullition, il permet de complexer les ions chlorure et la détermination de l'excès de dichromate avec une solution titrée de sulfate d'argent jouant le rôle d'un catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure, il permet de complexer les ions chlorure et la détermination de l'excès de dichromate avec une solution titrée de sulfate de fer et d'ammonium, le calcul de la DCO sera donc à partir d'une quantité réduite de $K_2Cr_2O_7$. sur une ébullition à reflux dans les conditions définies de la présente norme d'une prise d'essai de l'échantillon ;en milieu acide en présence sulfate d'argent jouant le rôle d'un catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure.

- **Mode opératoire**

Introduire dans l'appareil à reflux 10 ml d'échantillon à l'aide d'une pipette jaugée, ajouter 5 ml de $K_2Cr_2O_7$ à 0,04mol/l , et quelques granulés régulateurs d'ébullition , puis ajouter lentement et avec précaution 15 ml de Ag_2SO_4 en agitant soigneusement le doseur d'un mouvement circulaire ,relier au réfrigérant et porter à ébullition à reflux pendant 2h.

Laisser refroidir puis laver les parois internes du réfrigérant à l'eau distillée en recueillant les eaux de lavage. Débrancher le réfrigérant et compléter le contenu à environ 75ml avec de l'eau distillée.

Titrer l'excès de dichromate de potassium par la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium en présence de 1 à 2 gouttes de la solution d'indicateur à la féronie (virage rouge pourpre), faire en parallèle un essai à blanc ; en suivant le même mode opératoire.

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

C: concentration exprimée en mol/l de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$.

V_1 : volume de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, utilisé pour l'échantillon (ml).

V_2 : volume de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, utilisé pour le blanc (ml).

V_e : volume de la prise d'essai avant dilution (ml).

IV - 4 - 2 - Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO₅**• Principe**

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est la quantité d'oxygène exprimée en (mg /l) consommée dans les conditions de l'essai (incubation pendant 5 jours à 20° C) par la biomasse épuratrice pour décomposer les matières organiques contenues dans l'effluent, Elle est donc représentative de la somme des matières organiques biodégradables .

• Mode opératoire

Prendre 164 ml d'échantillon avec la fiole de mesure, verser les dans le flacon, ajouter 3 gouttes de la solution d'inhibiteur de nitrification et introduire le barreau aimanté, mettre la capsule sur le flacon contenant 2 pastilles de soude et fermer le avec le bouchon Oxi Top, presser sur S et M pendant 2 secondes pour avoir le zéro.

En parallèle ; faire un blanc avec 432ml d'eau distillée, mettre les flacons dans l'incubateur sous une agitation pendant une période de 5 jours.

IV - 4 - 3 -Teneur en hydrocarbures (HC)**• Principe**

Les hydrocarbures totaux dissous dans les eaux (usées ou huileuses) ; sont extraites par le solvant S-316®. Après extraction, la phase solvant est séparée et dirigée vers la cellule de mesure de l'analyseur à infrarouge OCMA-310.

• Mode opératoire**Calibration :**

Le solvant S-316 ne doit pas être prélevé directement de la bouteille afin d'éviter la contamination du produit. Remplir dans un bécher déjà rincé avec du solvant S-316.

-Prendre 15 ml de solvant pur du bécher avec la seringue, et verser les dans la cuve d'extraction.

- Ajouter une goutte d'acide chlorhydrique, ensuite ajouter 15 ml d'eau distillée.

-Lancer l'extraction pendant 40 sec.

-Ouvrir la vanne d'extraction (EXTRACT) (A).

-Attendre la stabilisation de la mesure (sans appuyer sur le bouton de mesure MEAS.) (B).

-Fermer la vanne d'extraction (EXTRACT) (C).

-Ouvrir la vanne de drainage (DRAIN) (D).

-Fermer la vanne de drainage (DRAIN) (E).

-Répéter de A à E une seconde fois.

-Ouvrir la vanne d'extraction et appuyer sur le bouton de mesure MEAS.

-Appuyer sur le bouton ZERO CAL quand la valeur est stabilisée.

-En cas de doute, faire un autre passage de solvant afin de confirmer la valeur

IV - 4 - 4 - Détermination du solvant MEC

- **Mode opératoire**

Prendre un volume de 100 ml échantillon dans un bécher de 250 ml après avoir bien agité, et ajouter 20 ml du réactif hydroxylamine hydrochlorique puis 1 ml du bleu de brome phénol , s'il y a virage au jaune ; cela veut dire présence du solvant ,procéder alors à la mesure du pH pour lire ensuite la concentration en mg / l du solvant MEK à partir de la courbe d'étalonnage préalablement établir .

A défaut, s'il vire au bleu cela veut dire absence du solvant dans l'eau à analyser.

NB : Le dosage ne pourra s'effectuer que pour des teneurs inférieures à 1000 ppm.

Expression des résultats : Lire, sur la courbe d'étalonnage, la concentration du solvant (ppm)en fonction du pH mesuré.

IV-4-5-Détermination du FURFURAL

- **Mode opératoire**

Prendre un volume de 70 ml d'échantillon (filtrer le s'il est trouble) dans une éprouvette de 100 ml après avoir bien agité , ajouter 1 ml du réactif ,agiter pour mélanger , et laisser reposer pendant 15 min à l'abri de la lumière . Faire un blanc avec de l'eau distillée en parallèle.

Faire passer le blanc au spectrophotomètre pour calibrer le zéro d'absorbance à une longueur d'onde de 510 nm dans une cuve de 20 mm.

Remplir une seconde cuve avec de l'échantillon et faire passer au spectrophotomètre à la même longueur d'onde (510 nm).

Lire la concentration en ppm de furfural

IV - 4 - 6 - Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

- **Principe**

Si l'on plonge une électrode indicatrice en verre dans le milieu à analyser, il s'établi entre celui-ci et l'électrode une différence de potentiel, qui est en fonction du pH. Il s'agit donc de mesurer cette différence de potentiel.

- **Mode opératoire**

Etablir les connexions électriques nécessaires de pH-mètre, on lave l'électrode avec l'eau distillée, et on verse l'échantillon d'eau dans le bêcheur puis y plonger les électrodes et lire la valeur du pH indiquée sur l'écran de l'appareil.

IV- 4 - 7 -Détermination de la conductivité

- **Principe**

Le passage du courant électrique est en fonction directe de la concentration ionique de la

solution, sa détermination donne la quantité des sels dissous.

- **Mode opératoire**

On suit les mêmes étapes que pour la mesure du pH.

IV -4 - 8 - Détermination de la dureté total (TH)

- **Principe**

La dureté de l'eau, ou le titre hydrotimétrique (TH), est l'indicateur de la minéralisation de l'eau, Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. Les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} , présents dans l'eau, sont complexés par l'addition de l'EDTA, le point final est détecté par le noir d'eriochrome (NET) ,qui donne une couleur pourpre en présence d'ions et une couleur bleue lorsque ces derniers sont complexés.

- **Mode opératoire**

Prélever 10 ml d'eau à analyser et verser les dans un erlenmeyer, ajouter 1ml de solution tampon pH=10 et une pincée d'indicateur NET et titrer lentement par la solution d'EDTA jusqu'à coloration bleue. Faire un blanc avec 10 ml d'eau distillée.

$$\text{TH (en(ppm) CaCO}_3) = (V (\text{EDTA}) * N (\text{EDTA}) * EG (\text{CaCO}_3) * 1000) / 10$$

V : volume (ml) d'EDTA utilisé pour la titration.

N : normalité de l'EDTA (ég /l).

IV - 4 - 9 - Détermination de la dureté calcique (Ca^{2+})

- **Principe**

Les ions Ca^{2+} présents dans l'eau sont complexés par l'addition de l'EDTA, le point final est détecté par le murexide qui donne une couleur pourpre en présence de Ca^{2+} et une couleur violette lorsque ces derniers sont complexés.

- **Mode opératoire**

A 10 ml d'échantillon on ajoute 2 goutte de solution NaOH, un pincé de l'indicateur murixide , La solution se colore alors en rose est titrée par l'EDTA jusqu'au virage au mauve.

IV- 4 -10 - Détermination de l'alcalinité TA /TAC

- **Principe**

Ces mesures sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué ; en présence d'indicateurs colorés

- L'alcalinité TA est le dosage des ions hydroxydes et ; bicarbonates en moitié ; à pH alcalin dans la zone de virage de la phénolphtaléine.
- L'alcalinité TAC est le dosage des ions restants ; tels les carbonate et hydrogénocarbonate en plus des ions sulfite et phosphate, au point de virage du méthylorange.

- **Mode opératoire**

Mesure de TA

Prélever 50 ml d'eau à analyser et verser les dans un erlenmeyer, ajouter 0,5 ml de phénolphtaléine. Si la solution reste incolore ; TA=0. Si elle vire plutôt au rose, procéder donc au titrage par une solution de HCl à 0,01N jusqu'à l'incolore. Noter le volume d'acide versé.

Mesure de TAC

Prélever 50 ml d'eau à analyser et verser les dans un erlenmeyer, ajouter 0,1 ml de méthylorange puis titrer avec du HCl (0,01N) jusqu'au virage rouge-orangé. Sinon, ajouter 0,1 de méthylorange au premier échantillon dont on a déterminé le TA, et continuer à verser doucement l'acide en agitant constamment, et ceci jusqu'au virage du jaune au rouge-orangé (dans ce cas, noter le volume versé depuis le début du dosage ; il correspond au TAC).

$$\text{TA ou TAC(en ppm CaCO}_3) = (V(\text{HCL}) * N(\text{HCL}) * \text{EG}(\text{CaCO}_3) / 2) / (S * 1000)$$

S : La prise d'essai (ml).

V : volume (HCl) utilisé pour le titrage (ml) .

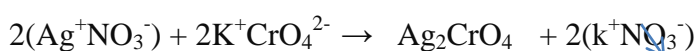
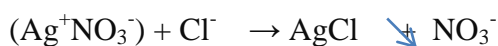
N : la normalité (HCl) (éq /l).

IV- 4 -11 – Détermination des chlorures méthode argent métrique (Cl⁻)

- **Principe**

Les ions chlorure sont dosés avec une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur. La fin du dosage est indiquée par la persistance de la coloration rouge brique due à la formation d'un précipité de chromate d'argent (Ag₂CrO₄) .

Les réactions mises en jeu dans ce dosage sont :



- **Mode opératoire**

Procédures d'analyse

Prendre 10ml d'échantillon dans un erlenmeyer, ajouter approximativement 1ml d'indicateur chromate de potassium et agiter pour mélanger. Titrer lentement par la solution de nitrate

d'argent (AgNO_3) jusqu'à obtention d'un précipité rouge brique. Faire un blanc avec 10ml d'eau distillée.

$$\text{Cl}^-(\text{mg/l}) = (V_1 - V_2) * N * \text{EG}(\text{Cl}^-) * 1000 / S$$

V_1 : Volume de nitrate d'argent pour l'échantillon (ml).

V_2 : Volume de nitrate d'argent pour le blanc (ml).

N : Normalité de nitrate d'argent (éq/l).

S : Prise d'essai d'échantillon (ml).

IV-5 Résultats et discussions

Tableau IV-5-1 : variation de DCO, DBO₅, MEK, Furfural, HC de zone (27) en fonction de temps

Les Dates	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	MEC (ppm)	Furfural (ppm)	HC (mg/l)
08/05/2019	112,28	32,75	0	0	0
12/05/2019	114,96	/	0	0	0
13/05/2019	109,11	25,75	0	0	0
15/05/2019	106,85	/	0	0	0
19/05/2019	103,5	26,70	0	0	0
20/05/2019	113,25	/	0	0	0
24/05/2019	103,53	28,35	0	0	0

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des différents jours, on remarque que les analyses effectuées dans le laboratoire répondent aux normes.

(DCO: 100-120 (mg/l))

(DBO₅ :25 – 30 (mg/l))

Tableau IV-5-2 : variation de ph de zone (27) et (3) en fonction de temps

Les Dates	Ph zone03	Ph zone27
20/05/2019	7,4	7,8
22/05/2019	8,1	8
27/05/2019	7,9	7,3
10/06/2019	8,2	7,9
11/06/2019	6,7	7,1
12/06/2019	8,1	6,9
13/06/2019	7	6,8

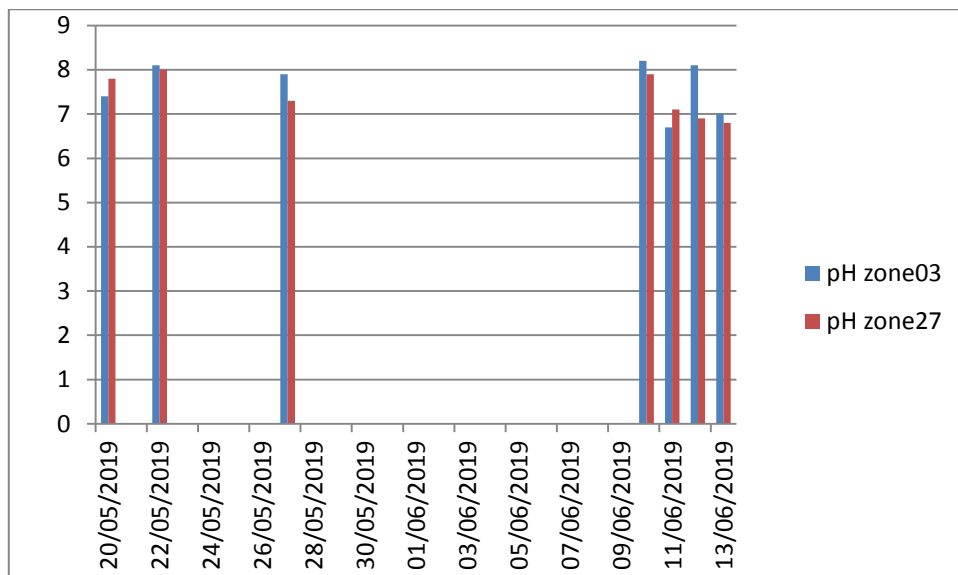


Fig- IV-5-2 : Variation de pH de zone 27 et 3 en fonction de temps

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des différents jours, on remarque que les analyses effectuées dans le laboratoire répondent aux normes.

Pour les eaux épurées le pH est compris entre 5,5 et 8,5.

En examinant les résultats obtenus, on remarque que le pH est compris entre 6,8 et 7,5. Il joue un rôle dans la croissance des micro-organismes, car s'il est inférieur à 5 et supérieur à 9, il affecte la viabilité et la croissance des micro-organismes.

Tableau IV-5-3 : variation de conductivité de zone (27) et (3) en fonction de temps

Les dates	Conductivité de Zone 03 (µs /cm)	Conductivité de Zone 27 (µs /cm)
20/05/2019	104	192
22/05/2019	107	316
27/05/2019	107	467
10/05/2019	98	143
11/05/2019	100	439
12/05/2019	113	429
13/05/2019	109	417

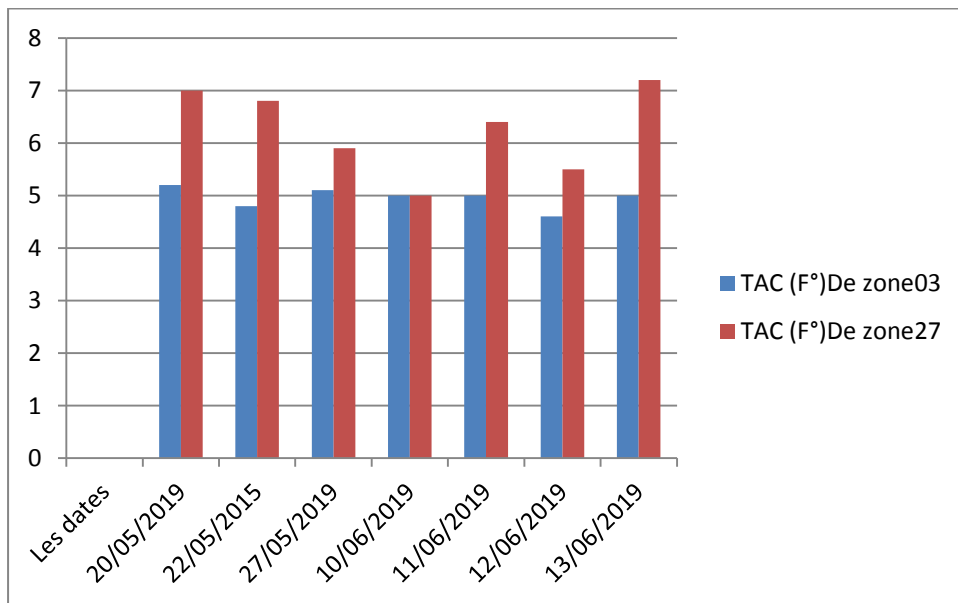


Fig IV -5- 3 : Variation de conductivité de zone 27 et 3 en fonction de temps

Le tableau suivant montre les résultats d’analyse des différents jours. On remarque que les analyses effectuées dans le laboratoire répondent aux normes. (Voir annexe)

Tableau IV-5-4 : variation de TAC de zone (27) et (3) en fonction de temps

Les dates	TAC (F°) De zone03	TAC (F°) De zone27
20/05/2019	5,2	7
22/05/2015	4,8	6,8
27/05/2019	5,1	5,9
10/06/2019	5	5
11/06/2019	5	6,4
12/06/2019	4,6	5,5
13/06/2019	5	7,2

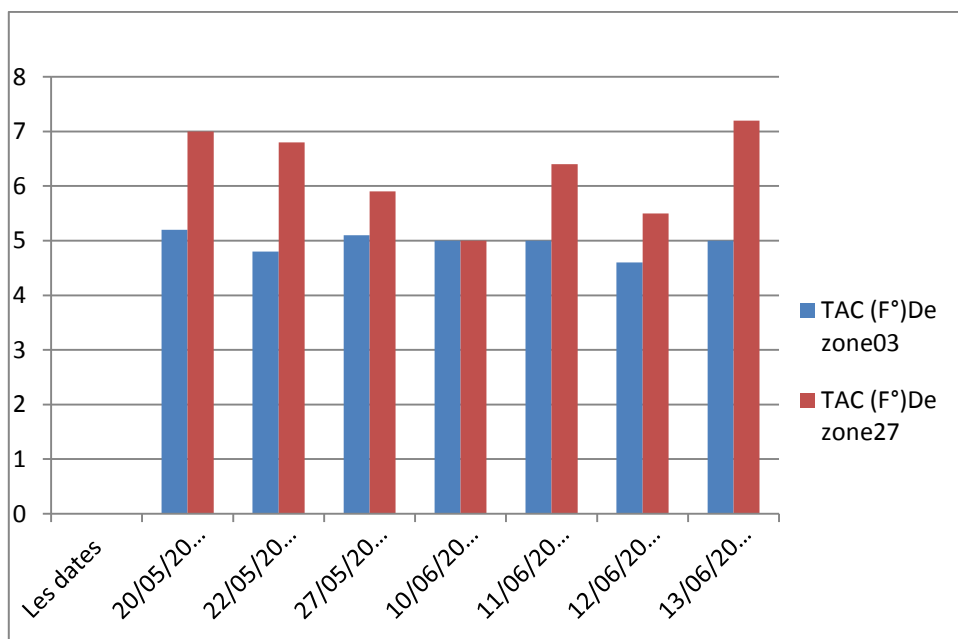
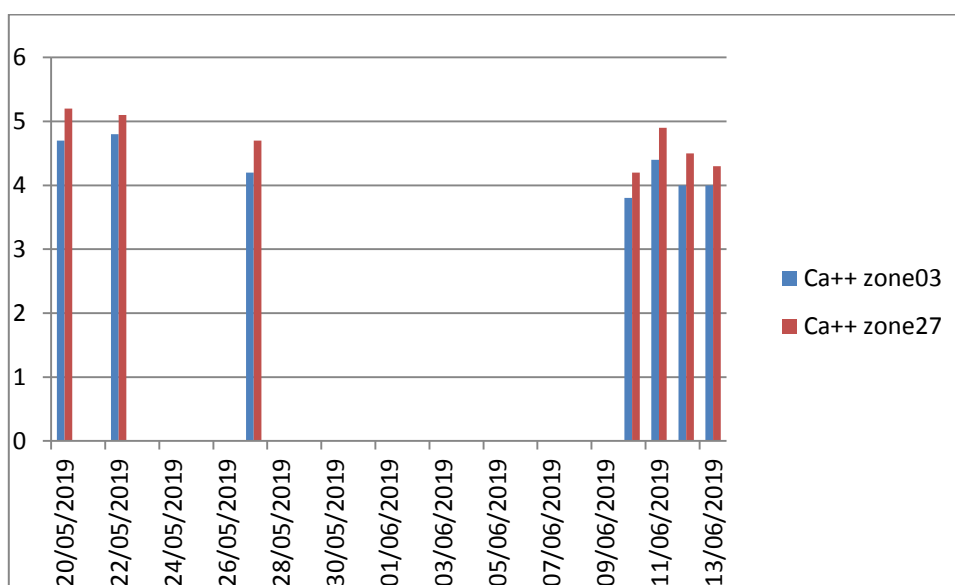


Fig IV-5-4 : Variation de TAC de zone 27 et 3 en fonction de temps

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des différents jours. On remarque que les analyses (TAC) effectuées dans le laboratoire répondent aux normes. (Voir annexe)

Tableau IV-5-5 : variation de Ca^{2+} de zone (27) et (3) en fonction de temps

Les Dates	Ca^{2+} (F°) de zone (03)	Ca^{2+} (F°) de zone (27)
20/05/2019	4,7	5,2
22/05/2015	4,8	5,4
27/05/2019	4,2	4,7
10/06/2019	3,8	4,2
11/06/2019	4,4	4,9
12/06/2019	4,0	4,5
13/06/2019	4,0	4,3

Fig IV-5-5 : Variation de Ca^{2+} de zone 27 et 3 en fonction de temps

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des différents jours. On remarque que les analyses (Ca^{2+}) effectuées dans le laboratoire répondent aux normes. (Voir annexe)

Tableau IV-5-6: variation de Cl⁻ de zone (27) et (3) en fonction de temps

Les Dates	Cl ⁻ (°F) De zone (03)	Cl ⁻ (°F) De zone (27)
20 /05/2019	1,12	4,5
22/05/2019	1,12	5,9
27/05/2019	1,12	4,9
10/05/2019	1,12	4,7
11/05/2019	1,12	6,0
12/05/2019	0,98	6,2
13/05/2019	0 ,98	5,8

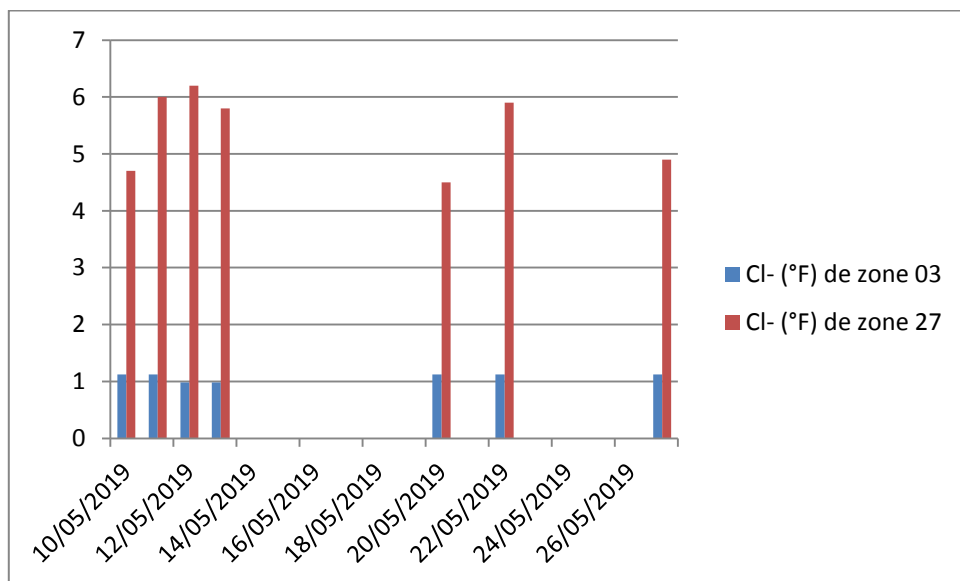


Fig IV -5-6 : Variation de Cl⁻ de zone 27 et 3 en fonction de temps

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des différents jours. On remarque que les analyses (Cl⁻) effectuées dans le laboratoire répondent aux normes. (Voir annexe)

Tableau IV-5-7: variation de TH de zone (27) et (3) en fonction de temps

Les Dates	TH F° de zone 03	TH F° de zone 27
20/05/2019	5,2	5
22/05/2015	5,3	6
27/05/2019	4,7	5,2
10/06/2019	4,3	7,1
11/06/2019	4,8	6,8
12/06/2019	4,5	5,7
13/06/2019	4,6	5,4

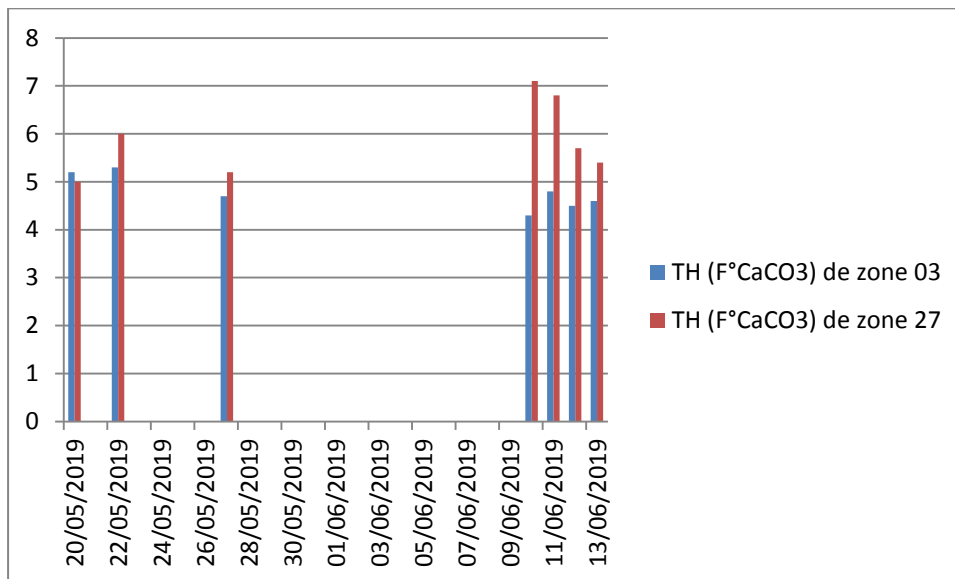


Fig IV-5-7 : Variation de TH de zone 27 et 3 en fonction de temps

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des différents jours. On remarque que les analyses de (TH) effectuées dans le laboratoire répondent aux normes. (Voir annexe)



Conclusion



Conclusion générale

Le recyclage des eaux résiduaires industriel après leur épuration de eaux usée , agricoles ou industrielles est devenue l'une des solutions qui peut répondre aux problèmes de pénurie de l'eau dans le monde, et les besoins croissants en cette matière.

Dans ce contexte cette étude a pour objectif principal l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées au niveau de la STEP de la raffinerie dans le but de leur réutilisation comme eau d'appoint dans la tour de refroidissement du complexe.

L'eau recyclée doit répondre à certaines normes dont dépend le choix des phases d'épuration ou le traitement que subit l'eau polluée. Pour répondre à cette problématique, cette étude a été développée selon les axes suivants:

- Suivi de la qualité des eaux traitées au niveau de la STEP;
- Localisation des problèmes de la STEP;
- Réalisation des essais à l'échelle du laboratoire pour résoudre les problèmes rencontrés et par conséquent améliorer la qualité des eaux traitées.

L'analyse des échantillons prélevés après épuration effectuée à l'échelle du laboratoire et portant sur plusieurs paramètres nous a permis de constater que la station d'épuration est en disfonctionnement. En effet, le diagnostic primaire de l'eau usée nous a amené à localiser les problèmes de la STEP pour mieux choisir les quantités des produits à injecter lors de la coagulation, afin d'assurer une bonne clarification avec le moindre coût.

Pour la suite de ce travail nos recommandations sont : Pour diminué la conductivité et chlore on propose la unité de dessalement soit par une membrane d'osmose inverse .soit par une distillation.

Conclusion générale

Recommandation

Notre stage , le problème détecte c'est le problème d'eau Donc on propose notre solution est le recyclage d'eau de service de zone 27 à vers de zone 03 , On fait le dessalement par ce que toute les analyses effectuées dans le labo sont répondu aux le seul problème c'est la conductivité et le chlore qu'il fallait la diminuer par soit une unité de dessalement par une membrane d'osmose inverse .soit par une distillation.

❖ Osmose inverse

Le procédé de l'osmose inverse est basé sur la propriété des membranes semi-perméables de laisser passer l'eau tout en arrêtant les sels dissous.

Une membrane semi – perméable divise un récipient en deux compartiments. Dans le premier compartiment on verse de l'eau pure, dans le deuxième de l'eau de mer. Les niveaux sont identiques dans les deux compartiments au début de l'expérience.

➤ Principe

Une pression , qui peut atteindre 100 bars selon la salinité de l'eau à traiter , est appliquée à l'eau qui , au contact de la membrane semi-perméable, se sépare en deux courants :

- Le perméat (eau épurée) qui passe à travers la membrane.
- Le concentrât :qui s'écoule à l'égout en entraînant l'ensemble des sels et matières retenus .

❖ Distillation

La distillation est l'évaporation et la condensation de l'eau pour la purifier .il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser. la vapeur ainsi produite ne contient pas de sels ,il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide.

❖ Les avantages et les inconvénients de l'osmose inverse et distillation

• Avantages de la distillation

- Des performances et des coûts indépendants de la salinité .
- Un prétraitement simple :dégrillage et une chloration sont généralement suffisants .
- Une très faible salinité de l'eau produite (5 à 30 mg/l voire moins) .

• Inconvénients de distillation

Consommation d'énergie élevée en grande partie sous forme thermique à bas niveau ($< 120^{\circ}\text{C}$).

- **Avantages de l'osmose inverse**

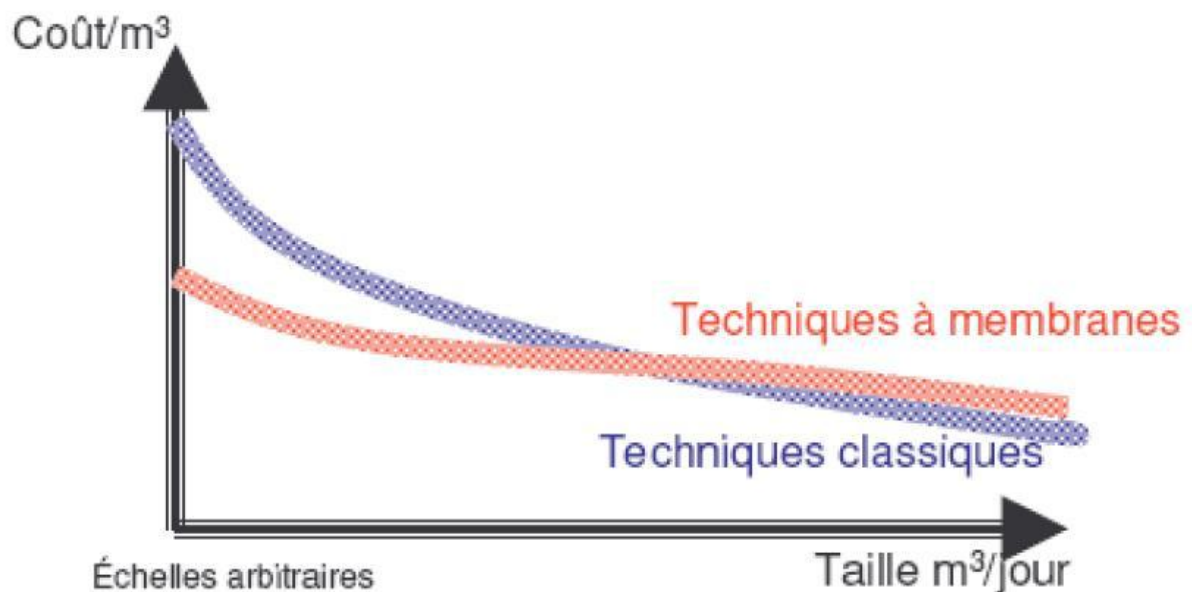
- Une faible consommation énergétique : environ 3 à 4 KWH/m³ pour une eau de mer de 38g/l à comparer aux valeurs d'environ 200 à 300 MJ thermiques / m³ et 2,5 à 5KWH électriques / m³.
- Un coût d'investissement plus faible d'environ 20%.
- Une gamme étendue de capacités de quelques litres par jour pour des équipements à des installations de plus de 100 000 m³/jour.

- **Inconvénient de l'osmose inverse**

- Prétraitement de l'eau de mer complexe et aléatoire.

❖ **L'osmose inverse ou distillation**

Effet de taille sur le coût des traitements



- L'effet de taille étant moins important pour les techniques à membranes, le choix des techniques à membranes est justifié pour les petites installations.
- Les procédés par évaporation (essentiellement distillation flash et distillation à multiple effet).
- Les procédés de séparation par membranes (essentiellement l'osmose inverse).

- Les **eaux de mer** ce sont d'abord **la nature et le cout de l'énergie** disponible qui **oriente le choix vers une technologie plutôt vers une autre** : la distillation utilise principalement de l'énergie thermique et les membranes une énergie électrique .

Références bibliographiques

- [1] : A. MIZI. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA 2006.
- [2] :Traité l'environnement .Technique de l'ingénieur. Volume G1210.
- [3] : Emiliano Kollar. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS. Avril 2004.
- [4] :F. LARKEM et S. BACEL. Traitements des eaux usées "effluents" de la raffinerie de SKIKDA. Mémoire d'ingénieur. Université de CONSTANTINE. 2005.
- [5] :F. GALAF et S. GHANNAM. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université HASSAN II. RABAT. ROYAUME du MAROC. 2003.
- [6] : Pollution des eaux .Dosage des nitrites (Internet).
- [7] :Brigitte DONNIER. La pollution chimique en méditerrané. Laboratoire. C. E. R. B. O. M. Nice. France.
- [8] : Jean RODIER et all. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS. 1996
- [9] : N. RAMDAN. Etude comparative de la dépollution des eaux de la station de SKIKDA par adsorption sur charbon actif et sur bentonite. Mémoire de magister. Université du 20 Août 1955. SKIKDA 2006.
- [10] : Alain BOTTA. Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogène toxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro- Méditerranée TEHYS. Avril 2001.
- [11] : F. MECHATI. Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister 2006.
- [13] : R. SALGHI. Différentes filières de traitements des eaux. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR. ROAUME du MAROC 2006.
- [14] : F. BERNIE et J. CORDONNIER. Traitement des eaux. TCHNIP. France. Novembre 1991.
- [15] : CHELLE François et DELLALE Moustafa. Festival des sciences de la ville.

- [16] : Jean Paul. BEADRY- Traitement des eaux. Les éditions le griffon d'argile. Québec. Canada 1984 .
- [17] : Traitement physicochimique de la pollution soluble. Technique de l'ingénieur. Volume G1270.
- [18] : Joseph PRONOST, Rekha PRONOST et all. Office internationale de l'eau. Décembre 2002.
- [19] : Inauguration de la nouvelle station d'épuration des eaux usées de cités en citées de champagne. Octobre 2006. (Internet).
- [22] : Camille Baar, Virginie Lefebvre et all. Traitement des eaux usées (1). Université libre de Bruxelles 2005 .
- [23] : Claude CARDOT. Génie de l'environnement, les traitements de l'eau. Edition Ellipses. Paris. 1999.
- [24]: M.H.ERNEST . Dams fundamental problems in statistical mechanics. Vol. VI. Edit par E. G. D. Cohen. Neath Holland Publishing Company. Amsterdam. 1985
- [25] : R.C. KLIMPEL et R. HOGG. Colloïdes Surface, (1991).
- [26] : BACHOC A., CHEBBO G. Caractérisation des solides en suspension dans les rejets pluviaux urbains. Journée des Sciences et Techniques de l'Environnement, Paris, 1992.
- [27] : Bernard Pi rônin. Traitement de

Les Annexes

Annexe A :

Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercuré	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

* Température : inférieure ou égale à 30° C

* PH : compris entre 5,5 et 8,5

Annexe B :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Débit d'eau	m3/t	1	1,2
Température	°C	30	35
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DBO ₅	g/t	25	30
DCO	"	100	120
MES	"	25	30
Azote total	"	20	25
Huiles et graisses	mg/l	15	20
Phénol	g/t	0,25	0,5
Hydrocarbures	g/t	5	10
Plomb	mg/l	0,5	1
Chrome 3+	"	0,05	0,3
Chrome 6+	"	0,1	0,5

Annexe C :

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Bérylium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1

Annexe D :

- Le dessalement en Algérie
 - Stations de dessalement de wilaya d'Oran

Station de dessalement d'Arzew : 200 000 m³/jour d'eau potable