



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
Abdelhamid Ibn Badis University - Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم هندسة الطرائق
Process Engineering Department of



Department of Process Engineering

The Date

Ref :...../U.M/F.S.T/2023

قسم هندسة الطرائق

التاريخ :

رقم : / ج. م. ك. ع. ت. // 2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés de l'environnement

Option: Génie des procédés de l'environnement

Thème

**Étude des paramètres des rejets liquides au niveau de l'entreprise
SORFERT et proposition des traitements**

Présenté par

1- Mr HAMADOUCHE Rafik

2- Mr YOUNSI Sid Ali

Soutenu le 20/06/2023 devant le jury composé de :

Présidente : FEDDALE Imene MCA Université de Mostaganem

Examineur : DIB-MERAD Hanaa MCB Université de Mostaganem

Rapporteur : BENDENIA Souhila Professeur Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

REMERCIEMENTS

Grâce à Allah le tout puissant et Miséricordieux qui nous a donné la force, le courage et la volonté de pouvoir finir ce travail.

*Nous remercions ensuite avec une profonde considération et une attention particulière notre encadreur **Mme BENDENIA Souhila**, Professeur à l'université de Mostaganem, pour sa disponibilité et ses conseils très précieux tout au long de ce travail.*

*Nous adressons également nos vifs remerciements à **Mme FEDDALE Imene**, Maître de conférences A à l'université de Mostaganem, d'avoir bien voulu présider le jury.*

*Nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances à **Mme DIB-MERAD Hanaa**, Maître de conférences B à l'Université de Mostaganem, d'avoir accepté d'examiner ce travail, c'est un grand honneur pour nous.*

Nos remerciements à tout le staff universitaire, sans exception, qui nous ont aidés de leur mieux afin que nous puissions finir nos études en de meilleures conditions, sans oublier l'entière disponibilité de l'encadrement et les travailleurs du complexe SORFERT.

Nous adressons nos sincères remerciements à toutes personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail trouvent ici le témoignage de notre profond respect.

DEDICACES

Nous dédions ce modeste mémoire, conséquence de longues années d'études, en premier lieu à :

Nos chers parents, à qui nous devons beaucoup, pour leurs sacrifices, leur amour, leurs aides et leurs soutiens afin de nous voir parvenir à ce que nous sommes devenus aujourd'hui, et qui nous ont soutenus tout le long de ce parcours, ce qui nous a donné la volonté de continuer et de finir ce travail.

*A notre directeur de mémoire **Mme BENDENIA Souhila** que Dieu la protège et la donne pleine de santé et l'aide dans son travail. Nous dédions également ce travail à :*

- Toutes les familles : **Hamadouche et Boudjella, Younsi et Rahou.***
- A tous nos professeurs qui nous ont donné de leurs temps pour nous inculquer tout le savoir cumulé au long de notre cursus universitaire.*
- A tous nos amis(es) et camarades.*

Rafik & Sid Ali

Résumé

La protection de l'environnement demeure une priorité vis-à-vis de l'activité de l'homme. Les rejets industriels sont devenus un facteur de pollution des eaux qui menacer sérieusement la stabilité de l'environnement. Alors il est devenu impératif de lutter contre cette pollution, de prendre des mesures très sévères, en instaurant des lois répressives contre les rejets non traités, afin de protéger notre environnement. Dans ce contexte, notre étude vise à examiner les paramètres des rejets liquides au niveau de l'entreprise SORFERT et à proposer des solutions de traitement adéquates. Après les caractérisations des effluents traités, les résultats confirment l'existence d'une pollution. Pour réduire la pollution trouvée, et d'après le rapport DCO/DBO₅ calculé, il est proposé de traiter ce phénomène par l'installation des stations d'épuration biologique.

Abstract

Environmental protection remains a priority in terms of human activity. Industrial effluent has become a factor in water pollution, seriously threatening the stability of the environment. It has therefore become imperative to combat this pollution, and to take very severe measures, by introducing repressive laws against untreated discharges, in order to protect our environment. In this context, the objective of our study is to examine the parameters of liquid discharges at company SORFERT and to propose appropriate treatment solutions. After characterization of the treated effluents, the results confirmed the existence of pollution. To reduce the pollution detected, and based on the calculated DCO/DBO₅ ratio, it is proposed to treat this phenomenon by installing biological treatment stations.

ملخص

تظل حماية البيئة أولوية بالنسبة للنشاط البشري. أصبحت التصريفات الصناعية عاملاً من عوامل تلوث المياه التي تهدد بشكل خطير استقرار البيئة. لذلك أصبح من الضروري محاربة هذا التلوث ، واتخاذ إجراءات صارمة للغاية ، من خلال إدخال قوانين قمعية ضد التصريفات غير المعالجة ، من أجل حماية بيئتنا. في هذا السياق ، تهدف دراستنا إلى فحص معلمات التصريفات السائلة على مستوى شركة SORFERT واقتراح حلول معالجة مناسبة. بعد توصيف مياه الصرف المعالجة تؤكد النتائج وجود التلوث. لتقليل التلوث الموجود ، ووفقاً لنسبة DCO/DBO₅ المحسوبة ، يُقترح معالجة هذه الظاهرة عن طريق تركيب محطات المعالجة البيولوجية.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
Chapitre 1 : Présentation du complexe SORFERT	
I.1. Introduction.....	02
I.2. Présentation du complexe.....	02
I.3. Situation géographique du complexe.....	03
I.4. Fiche technique du complexe.....	03
I.5. Les installations du complexe Sorfert.....	04
I.6. Matières premières et produits finis.....	05
I.6.1. Les matières premières principales.....	05
I.6.2. Les produits finis.....	05
I.7. Les unités de l'usine.....	05
I.7.1. L'utilité.....	05
I.7.2. Zone process.....	06
I.7.2.1. Unité de production de l'ammoniac.....	06
I.7.2.2. Unité de production d'urée.....	06
I.7.3. Zone stockage.....	06
I.8. Production de l'ammoniac et de l'urée.....	07
I.8.1. Production de l'ammoniac.....	07
I.8.1.1. Définition de l'ammoniac.....	07
I.8.1.2. Utilisation de l'ammoniac.....	07
I.8.1.3. Synthèse de l'ammoniac.....	07

I.8.2. Production de l'urée.....	08
I.8.2.1. Définition de l'urée.....	08
I.8.2.2. Utilisation de l'urée.....	09
I.8.2.3. Synthèse de l'urée.....	09
I.9. Conclusion.....	11
Chapitre 2 : Généralités sur la pollution	
II.1. Introduction.....	12
II.2. Pollution.....	12
II.3. Les types de pollution par rejets liquides.....	13
II.3.1. Pollution physique.....	13
II.3.2. Pollution chimique.....	14
II.3.3. Pollution biologique.....	15
II.4. Les eaux usées.....	15
II.4.1. La pollution des eaux usées.....	15
II.4.2. L'origine de la pollution des eaux usées.....	16
II.5. Paramètres physico-chimique et biologique des eaux usées.....	17
II.5.1. Paramètres physiques.....	17
II.5.2. Paramètres chimiques.....	18
II.5.3. Paramètres biologiques.....	19
II.6. Rapport « DCO/DBO ₅ ».....	20
II.7. La lutte contre la pollution des eaux usées.....	20
II.7.1. L'épuration biologique.....	20
II.7.2. L'épuration physico-chimique.....	21

II.7.3. L'épuration des eaux usées industrielles.....	21
II.7.3.1. Prétraitements.....	22
II.7.3.2. Traitements primaires.....	22
II.7.3.3. Traitements secondaires.....	22
II.7.3.4. Traitements tertiaires.....	23
II.7.4. Traitements des boues et leur devenir.....	23
II.7.5. Le devenir des autres déchets.....	23
II.8. Conclusion.....	23

Chapitre 3 : Analyses et résultats

III.1. Introduction.....	24
III.2. Les points de prélèvements.....	24
III.3. Le traitement des rejets liquides au niveau du complexe.....	26
III.4. Analyse au laboratoire.....	27
III.5. Analyses et interprétation	31
III.5.1. Les paramètres à analyser	35
III.5.1.1. Variation de pH.....	36
III.5.1.2. Variation de l'Azote total (NTK).....	37
III.5.1.3. Variation de la DCO.....	38
III.5.1.4. Variation de la DBO ₅	39
III.6. Problématique.....	40
III.7. Calcul de la biodégradabilité.....	40
III.8. Calcul des débits et des charges polluantes.....	41
III.8.1. Les débits.....	41

III.8.2. Les charges polluantes.....	42
III.9. Les traitements biologiques.....	43
III.9.1. Les boues activées.....	43
III.9.2. Le lagunage.....	44
III.9.3. Disque biologique.....	44
III.9.4. Le lit bactérien	45
III.10. Conclusion.....	46
Conclusion générale.....	47

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Complexe SORFERT.....	02
Figure I.2 : Situation géographique du complexe SORFERT	03
Figure I.3 : Synthèse d'ammoniac	08
Figure I.4 : Structure de molécule de l'urée	09
Figure I.5 : Synthèse de l'urée	10
Figure II.1 : Pollution physique	13
Figure II.2 : Pollution chimique.....	14
Figure II.3 : Pollution biologique.....	15
Figure II.4 : Station d'épuration des eaux usées.....	21
Figure III.1 : La façon de la prise des échantillons.....	25
Figure III.2 : Les points de prélèvement des échantillons dans le complexe SORFERT.....	25
Figure III.3 : Bassin des rejets liquides du complexe	26
Figure III.4 : Les analyses des échantillons au niveau du laboratoire.....	27
Figure III.5 : pH-mètre.....	30
Figure III.6 : Histogramme de variation de pH.....	36
Figure III.7 : Histogramme de variation de Nitrogène (NTK)	37
Figure III.8 : Histogramme de variation de la DCO.....	38
Figure III.9 : Histogramme de variation de la DBO5.....	39
Figure III.10 : Procédé de traitement par boue activée.....	43
Figure III.11 : Schéma de principe de lagunage.....	44
Figure III.12 : Principe de fonctionnement d'un disque biologique.....	45
Figure III.13 : Principe de fonctionnement d'un lit bactérien.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Fiche technique du complexe.....	04
Tableau III.1 : Résultats des analyses 26 janvier 2023.....	32
Tableau III.2 : Résultats des analyses 27 février2023.....	33
Tableau III.3 : Résultats des analyses 29 mars 2023.....	34
Tableau III.4 : Variation de paramètres des rejets liquides pendant les trois mois.....	35

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis plusieurs décennies, la question de l'environnement et de la durabilité est devenue une préoccupation majeure pour les entreprises à travers le monde. Dans ce contexte, l'entreprise SORFERT, spécialisée dans la production d'engrais chimiques, se trouve confrontée à des défis environnementaux liés à ses rejets liquides.

Les rejets liquides provenant des procédés industriels peuvent contenir diverses substances nocives pour l'environnement, telles que des produits chimiques, des métaux lourds et d'autres contaminants.

Cette étude vise à examiner les paramètres des rejets liquides au niveau de l'entreprise SORFERT et à proposer des solutions de traitement adéquates.

Le présent travail consiste à étudier les rejets industriels du complexe SORFERT pour un éventuel traitement dans une station d'épuration d'eau industrielle spécifique de ce complexe. Il s'articule sur une étude préliminaire et un suivi des rejets du complexe ainsi que leurs analyses pour les comparer aux normes. Il est divisé en trois chapitres majeurs en plus de l'introduction et de la conclusion.

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique qui traite la description du complexe SORFERT.
- Le second chapitre consiste à donner les généralités sur la pollution étant donné que ce phénomène présente un danger pour l'environnement.
- Le dernier chapitre regroupe les analyses et les traitements effectués sur les effluents liquides du complexe SORFERT.

CHAPITRE I
PRESENTATION DU COMPLEXE
SORFERT

I.1. INTRODUCTION

L'ammoniac est un composé chimique qui contient 82% d'azote, incolore, toxique et a une odeur très irritante. Il est utilisé par les complexes industriels pour fabriquer des engrais, des explosifs et des polymères. **SORFERT** Algérie est une entreprise chimique algérienne, spécialisée dans la production d'ammoniac et d'urée.

Dans ce chapitre, nous présentons les généralités du complexe **SORFERT** ainsi que les synthèses de l'ammoniac et de l'urée.

I.2. PRESENTATION DU COMPLEXE

Le complexe d'ammoniac **SORFERT** (**figure I.1**) est, parmi les plus importantes réalisations industrielles de la chaîne de transformation des hydrocarbures, cette usine fait partie d'un partenariat entre l'entreprise égyptienne **ORASCOM CONSTRUCTION ET INDUSTRIES (OCI)** et l'entreprise Algérienne **SONATRACH** établie le 10 juin 2007, sous la loi 51/49 exploitée par la société **SONATRACH** en Algérie. Il a été conçu pour assurer le transport d'ammoniac sous forme liquide et de l'urée granulée.

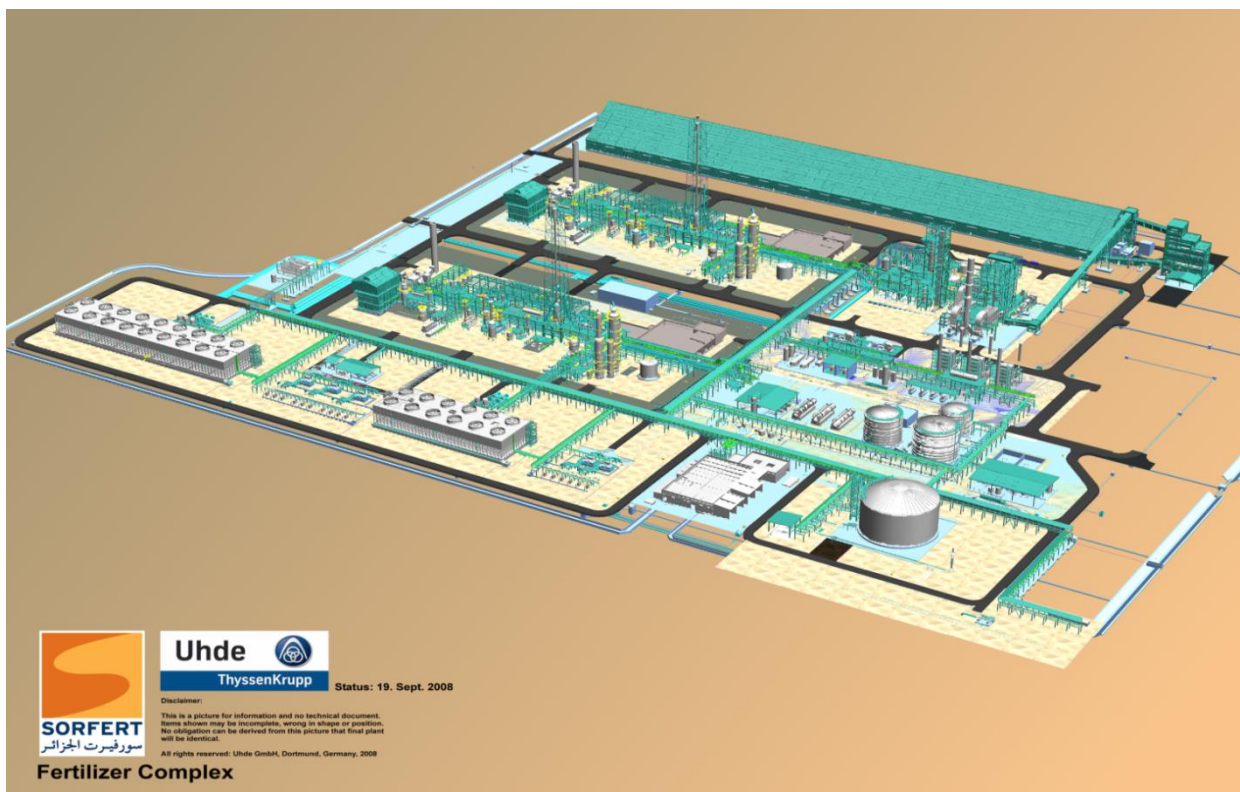


Figure I.1 : Complexe SORFERT.

I.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU COMPLEXE

Le complexe **SORFERT** est situé dans la zone industrielle d'Arzew à l'Ouest de Bethioua, à 6 Km de la ville d'Arzew, 40 Km à l'Est d'Oran, il couvre une superficie de 37 hectares et se compose notamment de plusieurs zones. La figure I.2 présente la situation géographique du complexe.

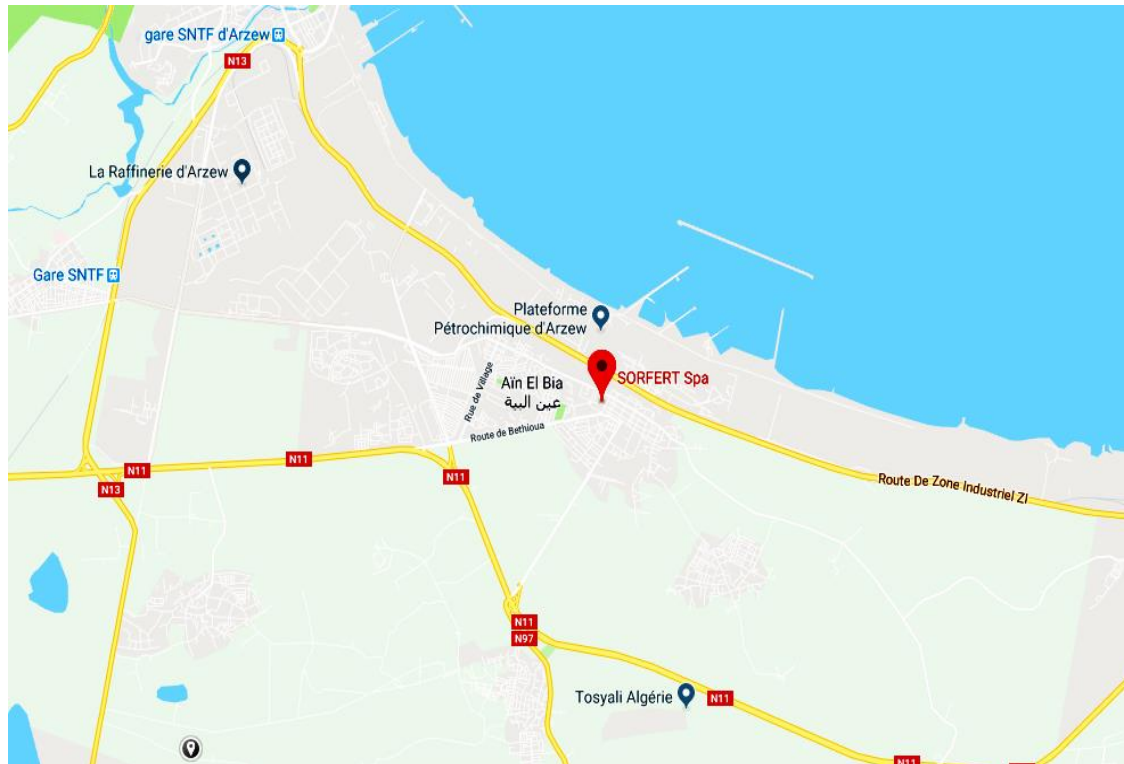


Figure I.2 : Situation géographique du complexe SORFERT.

I.4. FICHE TECHNIQUE DU COMPLEXE

Sorfert Algérie est un complexe industriel de classe internationale, entreprise chimique et un des plus importants producteurs intégrés d'engrais azotés en Afrique du Nord, avec une capacité de production de 1,26 millions de tonnes métriques de granules d'urée et 1,6 millions de tonnes métriques d'ammoniac anhydre par année.

Le complexe comprend deux trains de production d'ammoniac identiques et un train de production d'urée. Une ligne d'ammoniac est dédiée à la production d'urée et l'autre produit une capacité à commercialiser. Le tableau I.1 ci-dessous illustre la fiche technique détaillée du complexe.

Tableau I.1: Fiche technique du complexe.

Localisation	Zone industrielle d'Arzew
Superficie	37 hectares
Partenaires	ORASCOM 51% //SONATRACH 49%
Date de création	10 JUIN 2007
Date de début de production	Décembre 2011
Alimentation en gaz naturel	RTO (Région Transport Ouest)
Procédé	Thyssen Krupp UHDE
Capacité de production	Ammoniac : 2200T/jour Urée : 3450 T/jour
Température de chargement du produit	-33°C

I.5. LES INSTALLATIONS DU COMPLEXE SORFERT

Les installations de **SORFERT** se composent de :

- Deux unités de production d'ammoniac de capacité de 2200 tonnes/jour pour chacune.
- Une unité de production de 3 450 tonnes/jour d'urée en granulés.
- Une usine de dessalement d'eau de mer.
- Des installations électriques.
- Un réservoir d'eau d'une capacité de 6000m³.
- Un bac de stockage d'urée.
- Deux réservoirs de stockages d'ammoniac d'une capacité de 30 000T à proximité du port.
- Un corridor technique comprenant :
 - Une conduite d'amenée d'eau de mer.
 - Un pipeline de transfert de l'ammoniac.
 - Une conduite de retour d'eau de mer.
 - Une ligne en fibre optique pour le transport de l'information.
 - Des câbles pour le transport de l'énergie électrique.

I.6. MATIERES PREMIERES ET PRODUITS FINIS**I.6.1. Les matières premières principales**

- Le gaz naturel (provient de la zone RTO).
- L'oxygène (provient de l'air).
- L'azote (provient de l'air atmosphérique).
- Le dioxyde de carbone (est à la fois un produit et aussi une matière première, on l'obtient du procédé d'ammoniac et on l'utilise pour produire de l'urée).
- L'eau sous forme de vapeur générée sur site par les chaudières de production et de récupération.

I.6.2. Les produits finis

- L'ammoniac (NH_3) stocké à l'état liquide sur site et au port.
- L'Urée ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) granulée stockée au site et expédiée par camion au port.

I.7. LES UNITES DE L'USINE

Le complexe SORFERT est composée de trois (03) zones :

I.7.1. L'utilité

Les utilités sont des services de support au procédé. Elles sont créées pour produire et manipuler les produits finis du complexe. Comme elles sont nécessaires pour supporter l'outil de production, les utilités se composent de :

- Section de production de vapeur (083)
- Section de production d'air service et d'instrumentation (084)
- Section de production d'électricité (085)
- Section de production et stockage d'azote (086)
- Section de refroidissement à l'eau de mer (087)
- Section de refroidissement en boucle fermée (088)
- Section de production d'eaux dessalées (089)
- Section de production d'eaux déminées (090)
- Réseau d'eau anti-incendie (091)

- Section de prise d'eau de mer (097)
- Réseaux des douches de sécurité (056)

I.7.2. Zone de process

La zone de production se compose en deux unités :

- Deux unités de production d'ammoniac de capacité de 2200 Tonnes/jour chacune.
- Une unité de production de 3450 Tonnes/jour d'urée en granulés.

I.7.2.1 Unité de production d'ammoniac

Les étapes de production d'ammoniac sont :

- Extraction de l'Hélium et du Mercure du Gaz Naturel.
- Désulfuration et Compression du Gaz Naturel.
- Compression d'Air du procédé.
- Reformage à la vapeur et craquage (Vapo-Reformage).
- Conversion du CO.
- Extraction du CO₂.
- Méthanation.
- Compression du Gaz de Synthèse.
- Synthèse de l'Ammoniac (NH₃).
- Réfrigération de l'Ammoniac.

I.7.2.2 Unité de production d'Urée

Les étapes de production d'urée sont :

- Compression du CO₂.
- Pomperie d'Ammoniac.
- Synthèse d'urée.
- Recirculation.
- Evaporation.
- Granulation.

Section de traitement des condensats.

I.7.3. Zone de stockage

La zone de stockage et chargement se compose de deux unités :

❖ Stockage sur site.

Le stockage sur site est constitué d'un réservoir d'ammoniac liquide et d'un hangar d'engrais.

❖ Stockage au port.

Le stockage au port est constitué de deux réservoirs d'ammoniac liquide et une station de pompage d'ammoniac liquide et un quai d'expédition avec deux bras de chargement.

I.8. PRODUCTION DE L'AMMONIAC ET DE L'UREE

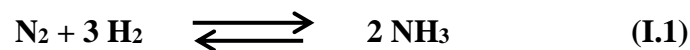
I.8.1. Production de l'ammoniac

I.8.1.1. Définition de l'ammoniac

L'ammoniac est un composé de formule chimique NH_3 , à température ambiante, il se présente sous la forme d'un gaz incolore mais très irritant et à l'odeur piquante [1].

La production de l'ammoniac à partir de l'hydrogène et de l'azote a commencé selon la réaction de HABER-BOSCH (réaction I.1) en 1913 chez l'OPPAU-Allemagne, 30 Tonnes/j.

De nos jours, la plus grande usine d'ammoniac est située en Arabie Saoudite, qui est de processus UHDE d'une capacité de 3000 Tonnes/j [2].



I.8.1.2. Utilisation de l'ammoniac

Environ 80% de l'ammoniac produit dans l'industrie est utilisé pour fabriquer des engrais azotés pour l'agriculture [3]. L'ammoniac est utilisé comme gaz réfrigérant dans l'industrie. Il peut intervenir dans la fabrication de plastiques, tissus ou pesticides [4].

I.8.1.3. La synthèse d'ammoniac

La synthèse de l'ammoniac est réalisée par réaction directe entre le dihydrogène et le di-azote, en présence d'oxydes de fer comme catalyseur selon les étapes mentionnées dans la figure I.3.

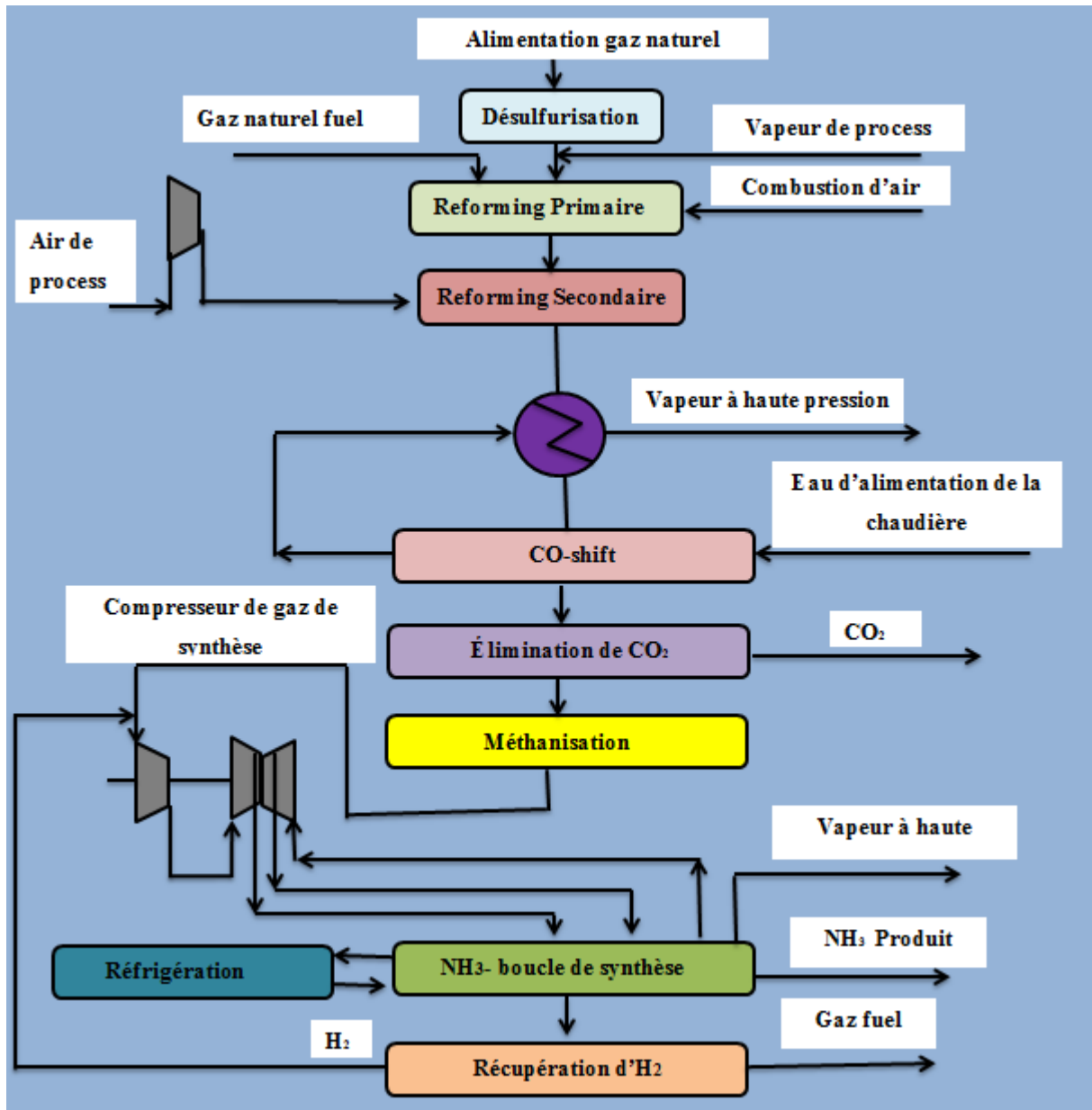


Figure I.3 : Synthèse d'ammoniac.

I.8.2. Production de l'urée

I.8.2.1. Définition de l'urée :

L'urée est un composé organique de carbone, azote, oxygène et hydrogène. Sa formule chimique est écrite comme $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, CON_2H_4 , ou $\text{CN}_2\text{H}_4\text{O}$. La figure (I.4) montre la structure chimique de la molécule de l'urée.

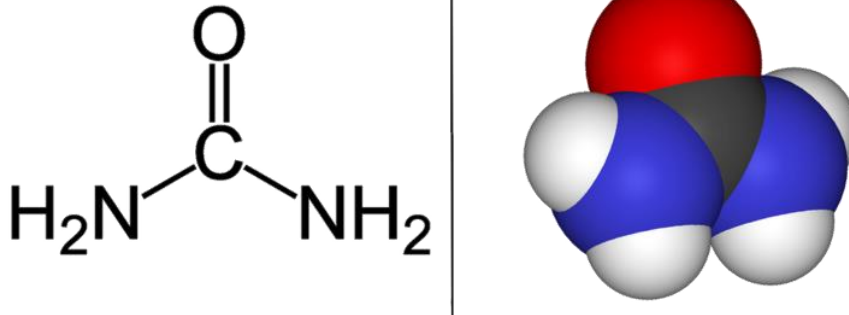


Figure I.4 : Structure de molécule de l'urée.

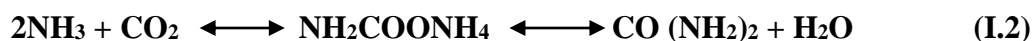
L'urée naturelle a été découverte en 1773 par le chimiste français Hilaire Rouelle, est formée dans le foie lors du cycle de l'urée à partir de l'ammoniac provenant de la dégradation des acides aminés. Il est éliminé par l'urine [5]. En 1828, le chimiste allemand Friedrich Wöhler (1800-1882), réalisait la synthèse de l'urée [6].

I.8.2.2. Utilisation de l'urée

La plus importante utilisation (95 %) se fait sous la forme d'engrais azotés. L'urée, qui contient 46 % d'azote, ne pourrait être utilisée comme engrais en raison de son caractère hygroscopique élevé. C'est sa formulation en granulés qui assure la régularité de son épandage.

I.8.2.3. Synthèse de l'urée

L'urée est synthétisée commercialement en faisant réagir de l'ammoniac et du dioxyde de carbone sous haute pression pour former du carbamate d'ammonium, qui est ensuite déshydraté thermiquement pour former de l'urée et de l'eau selon la réaction (I.2) :



L'urée est fabriquée industriellement à partir d'ammoniac (NH_3) et de dioxyde de carbone (CO_2). La réaction de synthèse (figure I.5) se fait sous forte pression (de 140 à 160 bar) selon les procédés et sous des températures de 160 °C à 180 °C.

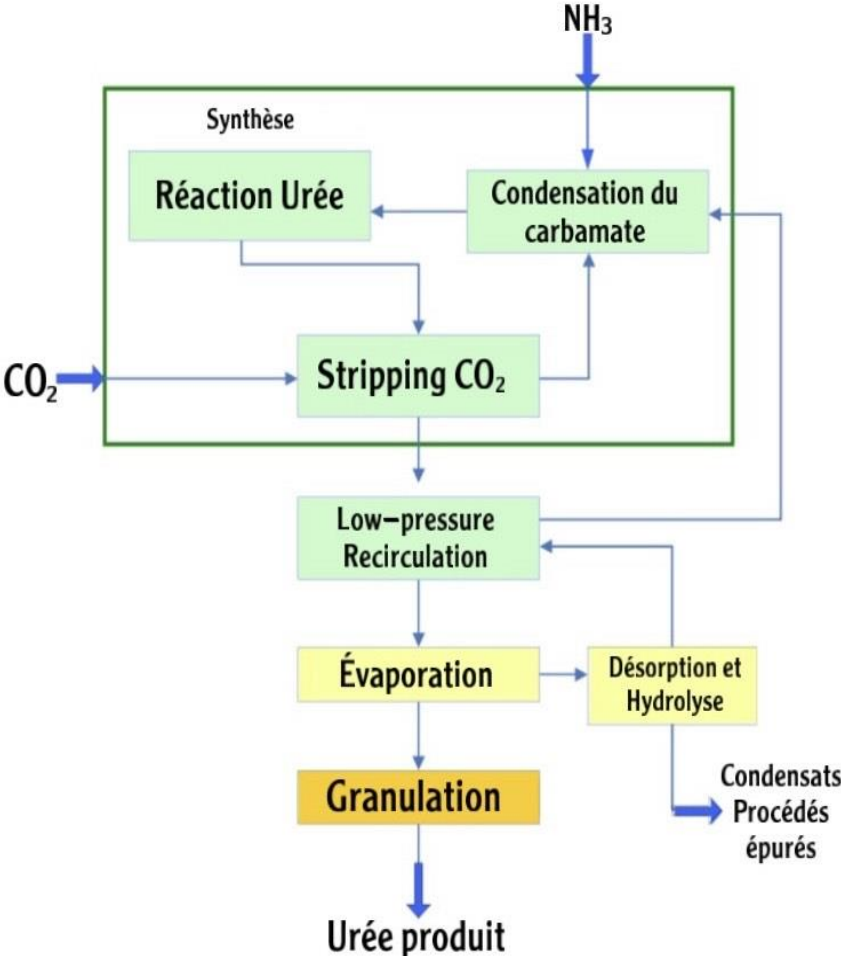


Figure I.5 : Synthèse de l'urée.

I.9. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté toutes généralités du complexe SORFERT ainsi que les synthèses de l'ammoniac et de l'urée.

La production d'ammoniac et de l'urée constitue une opération continue qui comporte un grand nombre d'unités de fabrication intimement liées. L'industrie pétrochimique en général est désignée comme source de pollution dont les effets peuvent être considérablement réduits ou atténués par la mise en application de solutions techniques.

CHAPITRE II

GENERALITES SUR LA

POLLUTION

II.1. INTRODUCTION

La pollution est la dégradation de l'environnement par l'homme, ce qui revient à le rendre dangereux pour les êtres vivants, à l'empoisonner, en quelque sorte.

On observe plusieurs formes de pollutions : chimique, physique, biologique (organique, bactériologique), sonore, atmosphérique, nucléaire.

L'eau, partie intégrante et importante de l'environnement, est exposée à différentes sources de pollution, notamment de nature domestique, agricole et industrielle. Il existe différentes sources des rejets comme les rejets domestiques et industriels.

Les rejets liquides dans l'eau sont une source de pollution qu'il convient d'analyser et de contrôler régulièrement, afin de mettre en place des solutions pour les réduire au maximum.

Dans ce chapitre, nous donnons toutes les généralités de la pollution ainsi que les traitements possibles pour réduire le danger dû de ce phénomène.

II.2. POLLUTION

La pollution est l'introduction ou la présence d'un altéragène dans un milieu et le résultat de son action. Cette pollution est essentiellement attribuée aux activités humaines, mais quand on analyse les différentes pollutions produites, on s'aperçoit qu'en dehors de l'homme qui est au centre de cette responsabilité, il y a aussi des causes naturelles (les volcans, les orages, les tremblements de terre, etc.).

La pollution est la dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.).

Selon le comité scientifique officiel de la Maison-Blanche pour la protection de l'environnement, La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme le sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les modalités de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources en produits agricoles, en eau, et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il détient, les possibilités régénératrices du milieu ou encore

en enlaidissant la nature. La pollution de l'eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques, ainsi que la flore et la faune terrestre [7].

II.3. LES TYPES DE POLLUTION PAR REJETS LIQUIDES

Il existe plusieurs façons de classer la pollution. Selon le type de polluant, la pollution peut être divisée en trois catégories : pollution physique, chimique et biologique.

II.3.1. Pollution physique [8]

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variées dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau). La figure (II.1) donne l'exemple de ce type de pollution.



Figure II.1 : Pollution physique.

II.3.2. Pollution chimique [8]

Elle est due au déversement des rejets industriels (figure II.2) apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables.

L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuse. Les polluants chimiques sont classés en cinq catégories :

- Les polluants chimiques dits indésirables (nitrate, les composés phosphorés et les sels ammoniacaux).
- Les polluants chimiques toxiques.
- Les pesticides et produits apparentés.
- Les hydrocarbures.
- Les détergents.



Figure II.2 : Pollution chimique.

II.3.3. Pollution biologique [8]

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques, etc.). L'importance de cette pollution dépend également des conditions d'hygiène des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou

qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire. La figure (II.3) schématise le type de cette pollution.



Figure II.3 : Pollution biologique.

II.4. LES EAUX USEES

Les eaux usées (eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par les activités humaines. Il peut ainsi s'agir d'eaux usées des usines ou d'eau de ruissellement des parcs de stationnement.

II.4.1. La pollution des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités Humaines (domestiques, industrielles ou urbaines , agricoles) [9].

II.4.2. L'origine de la pollution des eaux usées

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

➤ **Les eaux usées domestiques [10]**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont, essentiellement, porteuses de pollution organique :

- Eaux ménagères (salles de bains et cuisines) sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...
- Eaux-vannes (rejets des toilettes) chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

➤ **Les eaux usées industrielles [10]**

Très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre, en plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir :

- Des produits toxiques
- Des solvants
- Des métaux lourds
- Des micropolluants organiques
- Des hydrocarbures...

Certaines de ces eaux usées font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

➤ **Les eaux usées urbaines [7]**

Les eaux usées transportent des corps en suspension (ex: matières organiques) et des corps en solution comme les produits ménagers. Les stations d'épuration ne traitent que 65% des eaux usées et ne traitent généralement pas les composés chimiques en solution. Certaines composées organiques notamment les phosphates sont à l'origine de déséquilibres des écosystèmes en favorisant par excès le développement de certains végétaux indésirables qui consomment de l'oxygène du milieu jusqu'à priver les animaux qui s'y trouvent.

➤ **Les eaux usées agricoles [7]**

Les engrais apportent aux végétaux cultivés les éléments nécessaires à leur croissance notamment l'azote, le potassium, et le phosphore. Les dérivés azotés (spécialement les nitrates) et les phosphates provoquent des déséquilibres dans les milieux qui reçoivent les eaux de ruissellement et les eaux d'infiltration issues de l'agriculture en favorisant le développement des algues qui prennent place à toute autre forme de vie à cause de leur surdéveloppement. Les pesticides sont des produits chimiques destinés à détruire les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides), les vers de terre (hématicides) et les insectes (insecticides) qui parasitent les agricultures. Ces produits sont développés pour être rapidement neutralisés avec une durée de vie courte une fois dissous dans le sol, mais l'utilisation de mauvaise préparation peut avoir des effets d'intoxication significatifs. L'accumulation de ces produits dans les cours d'eau peut avoir un impact important sur le milieu marin, à l'endroit même où se déverse des fleuves, ou bien par le retour des nappes souterraines qui forment des sources sous-marines ou proches du bord de la mer.

II.5. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUES DES EAUX USEES

On caractérise les eaux usées en fonction de leur composition physique, chimique et biologique.

Selon le niveau de polluants et les réglementations locales, on utilisera un traitement physique, chimique ou biologique et ces paramètres sont mesurés selon l'objectif visé.

II.5.1. Paramètres physiques

➤ **Couleur**

Les eaux usées fraîches sont normalement brunes et jaunâtres, mais avec le temps, elles deviennent noires [11].

➤ **Conductivité**

La conductivité d'une eau est l'inverse de sa résistivité électrique en $\mu\text{ohm/cm}$ ou mohm/cm (micro ou milli ohm/cm par cm) [12].

➤ **Turbidité**

En raison des matières en suspension, les eaux usées auront une turbidité plus élevée.

➤ **Température**

Pour les eaux résiduaires, elle est corrélée à la température extérieure tout en étant plus chaude car presque personne ne prend de douche froide [11].

➤ **Matières en suspension (MES)**

Ce sont des matières solides insolubles en suspension dans un liquide et visibles à l'œil nu [11].

➤ **Matières volatiles en suspension (MVS)**

Ce sont des fractions organiques des MES pouvant être obtenue par différence massique entre un échantillon de MES et les résidus obtenus suivant un passage au four à 550 °C.

II.5.2. Paramètres chimiques

➤ **Demande chimique en oxygène (DCO)**

Elle représente la consommation d'oxygène (exprimée en mgO_2/L) dans les conditions d'une réaction d'oxydation par le bichromate de potassium, en milieu sulfurique à chaud et en présence d'un catalyseur, de l'ensemble des matières oxydables (sels minéraux oxydables et la majeure partie des matières organiques) [13].

➤ **Azote**

Il est mesuré sous ses différentes formes : nitrite, nitrate, ammoniac, et azote organique [11].

➤ **Phosphore**

Le phosphore est un élément indispensable au développement de tous les organismes vivants, ne doit être naturellement présent qu'en très faible quantité dans le sol et dans les eaux, au-delà il constitue une pollution par perturbation de milieu aquatique [12].

➤ **L'oxygène dissous (O_2)**

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies aquatiques. En dessous d'un certain seuil de concentration en oxygène c'est l'asphyxie des poissons [12].

➤ **Chlorures (Cl^-)**

L'élément chlore est présent dans l'eau de mer sous forme d'ion chlorure.

➤ **Sulfates (SO_4^{2-})**

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux. Le sulfate de calcium est la forme la plus souvent retrouvée dans les ressources en eau.

➤ **Métaux lourds**

Les métaux lourds contaminants les plus commun qui pénètrent dans les eaux usées industrielles et municipales après des processus de fabrication et/ou en raison des additifs de processus sont le cuivre (Cu), l'argent (Ag), le cadmium (Cd), le cobalt (Co), le chrome (Cr), le zinc (Zn), le mercure (Hg), le manganèse (Mn)...

II.5.3. Paramètres biologiques

➤ **Demande biologique en oxygène (DBO₅)**

La DBO₅ est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau usée. Elle est exprimée en milligramme d'oxygène (mgO₂/L) nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau [14].

➤ **Huile et graisse**

L'huile et la graisse proviennent de déchets alimentaires et de produits pétroliers [11].

➤ **Vie microbienne dans les eaux usées**

Les eaux usées contiennent les microbes suivants :

- Bactéries
- Protozoaires
- Champignons
- Virus
- Algues
- Rotifères
- Nématodes

II.6. RAPPORT « DCO/DBO₅ »

- La DCO représente l'ensemble des matières oxydables.
- La DBO₅ représente la part des matières organiques biodégradables.

Le rapport « **R = DCO/DBO₅** » entre ces deux paramètres peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent :

- Si **DCO/DBO₅ < 1** : l'effluent est excellent pour le traitement biologique.

- Si $1 < \text{DCO/DBO}_5 < 2,5$: bonne traitabilité par voie biologique (c'est le cas le plus courant des eaux usées urbaines).
- Si $2,5 < \text{DCO/DBO}_5 < 3,5$: possibilité de traitement biologique mais avec adaptation de Souches.
- Si $\text{DCO/DBO}_5 > 3,5$: le traitement biologique est impossible, on doit procéder à un traitement physico-chimique.

II.7. LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX USEES

La pollution des eaux usées peut être éliminé par des stations d'épuration afin de pouvoir la rejeter en milieu naturel ou de la réutiliser. La vocation d'une STEP est de « mettre à niveau » la qualité de l'eau afin qu'elle respecte les normes environnementales.

II.7.1. L'épuration biologique

L'épuration biologique est la méthode la plus utilisée pour restaurer la qualité de l'eau en la débarrassant de ses principales impuretés, pourvu qu'elles soient biodégradables et ne contiennent pas de toxiques. Ce procédé est basé sur :

- Les boues activées
- Le lit bactérien
- Le lagunage
- Le Disque biologique

II.7.2. L'épuration physico-chimique [15]

- Lorsqu'un effluent contient des toxiques, il ne doit pas être introduit dans un traitement biologique car il en détruirait les micro-organismes.
- La plupart des effluents rejetés par l'industrie chimique et de l'industrie des métaux contiennent des toxiques et font l'objet d'un traitement particulier.
- Les réactifs utilisés sont adaptés à la nature de chaque substance toxique à neutraliser.
- Dans le cas d'effluent domestique, un traitement physico-chimique peut être appliqué à l'amont du traitement biologique pour précipiter le phosphore, ou

réduire la charge de pollution liée aux matières en suspension.

II.7.3. L'épuration des eaux usées industrielles

Dans une station d'épuration des eaux industrielles (figure II.4), le traitement des eaux usées est réalisé en quatre étapes : prétraitements, traitements primaires, traitements secondaires et traitements tertiaires.



Figure II.4 : Station d'épuration des eaux usées

II.7.3.1. Prétraitements

Les prétraitements ont pour but d'éliminer les matières en suspension. Cela peut être fait par dégrillage, procédé le plus commun permettant de retenir les gros déchets, grâce à une grille filtrant les eaux usées. Le dessablage a quand à lui pour objectif d'éliminer le sable et le gravier, notamment, grâce au processus de sédimentation. Il consiste à laisser reposer l'eau le temps que les particules se tassent au fond du bassin. Enfin, la méthode de dégraissage vise à se débarrasser des matières grasses contenues dans l'eau par flottation. L'air est injecté au fond de la cuve et les graisses remontent naturellement à la surface [16].

II.7.3.2. Traitements primaires

Les traitements primaires sont essentiellement des procédés d'assainissements physiques ou physico-chimiques équivalents à une décantation. Cela permet d'éliminer toutes les pollutions solides présentes dans l'eau et de diminuer de 30 à 40 %. La **DBO** (demande biologique en oxygène) et la **DCO** (demande chimique en oxygène). La mise en place de ce traitement primaire réduira considérablement la quantité de matière organique à traiter par la suite. Cependant, dans les stations utilisant le système de boues activées, cette phase s'avère inutile car la décantation est incluse de facto dans le traitement par boues [16].

II.7.3.3. Traitements secondaires

Le traitement secondaire a pour but de traiter les dernières substances organiques présentes dans l'eau, via une solution biologique. Les matières organiques sont à nouveau ciblées afin de les réduire au strict minimum. Le carbone et l'azote sont les principaux gaz utilisés dans le traitement biologique des eaux usées. Les dispositifs pour traiter les boues activées dépendent de la taille de la station, des besoins environnementaux et de la nature du projet. Les traitements secondaires physico-chimiques permettent de leur côté d'éliminer le phosphore. Ces réseaux d'assainissement sont adaptés aux ouvrages dont les rejets sont effectués en milieu dit « sensible ». L'utilisation de différentes technologies en station est alors envisageable : filtration, membranes, traitement chimique et/ou biologique [16].

II.7.3.4. Traitements tertiaires

Le traitement tertiaire est la dernière étape du traitement des eaux usées, après le traitement primaire et le traitement secondaire. Cette étape vise à éliminer les contaminants restants de l'eau traitée, tels que les nutriments, les bactéries et les virus, pour produire une eau propre et sûre pour l'environnement.

II.7.4. Traitement des boues et leur devenir

Les boues extraites des décanteurs ont une teneur en eau voisine de 85 % et sont fermentescibles. En fonction de leur destination, elles font l'objet d'un traitement et d'un conditionnement ayant comme objectif de réduire leur volume et de les stabiliser [15] :

- L'épaississement des boues
- La stabilisation des boues
- La déshydratation des boues
- La destination des boues

II.7.5 Le devenir des autres déchets

Les déchets retenus au dégrillage et au dessablage sont évacués en décharge avec les ordures ménagères. C'est aussi fréquemment la destination des graisses mais des unités de traitement commencent à se développer sur les plus grosses stations d'épuration.

II.8. CONCLUSION

D'après les généralités citées dans ce chapitre, il est noté que les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des polluants ou autres substances qui, même diluées, peuvent avoir un effet à long terme sur les milieux naturels. Traiter les rejets liquides aujourd'hui est devenu impératif pour lutter contre la pollution. Dans ce contexte, et par la suite (dans le chapitre III), notre étude rend compte d'une enquête qui basée sur la collecte des échantillons et les caractériser pour déterminer le type de pollution et de trouver des solutions.

CHAPITRE III

ANALYSES ET RESULTATS

III.1. INTRODUCTION

Dans cette partie de travail, nous avons commencé à investiguer les sources des différents types de pollution présents au niveau du rejet final du complexe SORFERT.

Dans cette ordre d'idée, un suivie au niveau des sites de production a été fait en réalisant des analyses physicochimiques ainsi que des analyses biologiques.

III.2. LES POINTS DE PRELEVEMENTS

Les prélèvements des effluents au niveau du complexe SORFERT ont été réalisés à l'aide d'une canne reliée à la bouteille comme le montre la figure III.1. Il est très important de mettre l'eau de l'effluent à analyser dans des bouteilles propres et spécifiques (uniquement pour les rejets liquides).

Les portes échantillonnages sont rincés avant de prélever les effluents.

Pour que les impuretés ne s'infiltrant pas, le bouchon des bouteilles doit être bien sécurisé.

Toutes ces mesures de protection sont nécessaires pour avoir un échantillon représentatif.

Les différents points des prélèvements sont cités de **P₁** à **P₅** et sont mentionnés dans la figure III.2.

P₁ représente le point de prélèvement d'ammoniac 1 et au niveau du canal de rejet d'ammoniac 2 se trouve le point de prélèvement **P₂**. Les deux points **P₃** et **P₄** sont au niveau des canaux des rejets d'urée et de chaudière respectivement. Les différents canaux se terminent dans le bassin des rejets où se situe le point de prélèvement **P₅**.



Figure III.1 : La façon de la prise des échantillons.

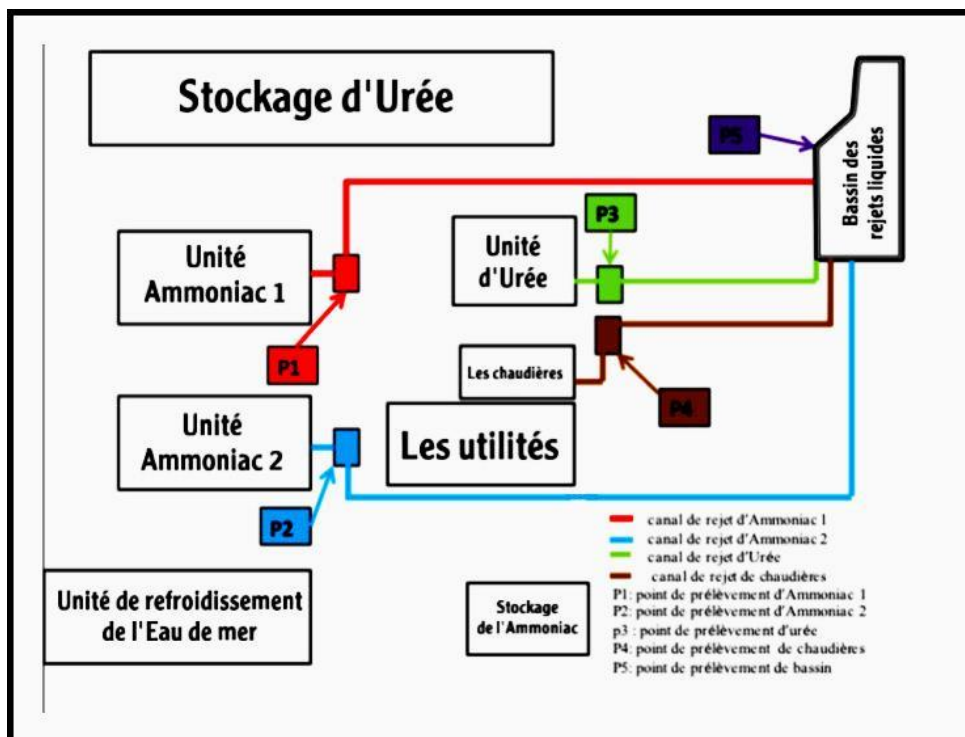


Figure III.2 : Les points de prélèvement des échantillons dans le complexe SORFERT.

III.3. LE TRAITEMENT DES REJETS LIQUIDES AU NIVEAU DU COMPLEXE

Vu de l'absence de l'unité du prétraitement dans le complexe, le traitement des rejets liquides dans l'entreprise SORFET est basé sur la collecte des échantillons au niveau d'un bassin ouvert comme le montre la figure III.3. D'après ces images (figure III.3), quand le bassin est rempli, le canal s'ouvre automatiquement pour se déverser directement vers la mer.



Figure III.3 : Bassin des rejets liquides du complexe.

III.4. ANALYSE AU LABORATOIRE

Après la collecte, les analyses des différents échantillons sont réalisées au sein du laboratoire comme montré dans la figure III.4. Dans l'industrie chimique et pétrochimique, le laboratoire a un rôle très important qui permet un suivi et un contrôle continu de la qualité des produits.



Figure III.4 : Les analyses des échantillons au niveau du laboratoire.

Nous décrivons ci-dessous les différents protocoles analytiques effectués sur les échantillons des rejets liquides du complexe.

➤ **Azote total TN_b 220 (REF 985 088)**

- Mode opératoire :

1. Ouvrir la cuve ronde A
2. Pipeter 0,5 ml de l'échantillon dans la cuve
3. Ajouter 1 mesurette rase de réactif de minéralisation
4. Fermer la cuve et l'agiter énergiquement
5. Mettre dans le bloc chauffant et chauffer à 120 °C pendant 30 min

6. Sortir la cuve du bloc chauffant
7. Retourner
8. Laisser refroidir à la température ambiante
9. Ouvrir la cuve ronde
10. Ajouter 1 tube NANOFIX réactif de compensation
11. Fermer la cuve et l'agiter énergiquement
12. Ouvrir la cuve ronde TNb 220
13. Pipeter 0,5 ml de solution de minéralisation dans la cuve
14. Ajouter 0,5 ml R2
15. Fermer la cuve et la retourner 3 fois
16. Attendre 10 min
17. Nettoyer l'extérieur de la cuve
18. Mesurer

➤ **Indice phénol 5 (REF 985 074)**

- Mode opératoire

1. Ouvrir une cuve ronde, ajouter 1,0 ml R2 et 4,0 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre pH 1 et 13), fermer et mélanger.
2. Ajouter 1 NANOFIX R3, fermer et mélanger.
3. Nettoyer la cuve à l'extérieur et mesurer après 5 min.
4. Rouvrir la cuve, ajouter 4,0 ml de R4 (MIBK), fermer et secouer vigoureusement pendant 30s.
5. Après 15 min, pour l'échantillon et le blanc, pipeter environ 2 ml des phases organiques supérieures dans 2 cuves rectangulaires de 10 mm et mesurer [méthode 1742].

➤ **Phosphate total 1 (REF 985 076)**

- Mode opératoire :

1. Ouvrir la cuve ronde.
2. Ajouter 1 NANOFIX R2.
3. Fermer la cuve et l'agiter énergiquement.
4. Mettre dans le bloc chauffant et chauffer à 100 °C pendant 1 heure ou à 120 °C pendant 30 minutes.
5. Ajouter 1 NANOFIX R3.
6. Ajouter 200 µL R4.
7. Fermer la cuve et l'agiter énergiquement.
8. Attendre 10 min.
9. Nettoyer l'extérieur de la cuve.
10. Mesurer.

➤ **MES (Matière En Suspension) [17]**

- Mode opératoire :

1. Les solides en suspension sont séparés par filtration, séchés et pesés.
2. Le travail s'effectue comme suite : Séchez la membrane filtre sur un verre de montre dans l'étuve à 105°C. Après une minute du séchage, décalez le filtre du verre de montre pour l'empêcher de coller à la surface.
3. Prêtez l'attention au filtre pendant le séchage, décalez-la encore au besoin. Après le séchage laissez se refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur. Peser le filtre à 0,0001g.
4. Secouez l'échantillon bien. Pour l'eau résiduaire filtrer 50 – 1000 ml de l'échantillon, pour le filtre déminéralisé 10 L de l'eau de l'échantillon. Si nécessaire, adaptez le volume à la concentration des solides en suspension.
5. Filtrer l'échantillon sous l'aspiration par la membrane-filtre. Ensuite, laver le filtre complètement avec l'eau pure.

6. Séchez la membrane-filtre dans le four à 105 °C comme décrit ci-dessous.

7. Laissez se refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur. Peser le filtre plus le résidu à 0,0001g.

➤ **pH**

Il est mesuré par rapport à une électrode de référence à l'aide d'un pH mètre (figure III.5) permettant la lecture au 1/100 d'unité. Pour commencer la mesure on a besoin de :

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Rincer l'électrode avec l'échantillon.
- Plonger l'électrode dans le bécher.
- Après quelques secondes lire la valeur.



Figure III.5 : pH-mètre

➤ **DCO (Demande Chimique en Oxygène) 160 (REF 985 026)**

-Mode opératoire

1. Mettre le dépôt dans le fond de la cuve de réaction en suspension en retournant la cuve.
2. Ouvrir la cuve ronde et l'incliner légèrement. Pipeter 2 ml de l'échantillon dans la cuve.
3. Fermer la cuve et l'agiter énergiquement.
4. Mettre dans le bloc chauffant et chauffer à 148 °C pendant 2 heures ou à 160 °C pendant 30 minutes.
5. Sortir la cuve du bloc chauffant.
6. Sortir la cuve du bloc chauffant, attendre 10 minutes et agiter la cuve encore chaude une fois.
7. Laisser refroidir à la température ambiante.
8. Nettoyer l'extérieur de la cuve.
9. Mesurer.

➤ **DBO₅ (Demande Biologique En Oxygène)**

- 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.

III.5. ANALYSES ET INTERPRETATIONS

Nous montrons à travers les tableaux (III.1), (III.2) et (III.3) les résultats des analyses des rejets liquides au niveau du bassin durant la période de notre stage pendant les trois mois (du janvier au mars).

Tableau III.1 : Résultats des analyses 26 janvier 2023.

Paramètres	Unités	Résultats d'analyses	Norme
Température	°C	25,8	30
pH	-	9,62	6,5-8,5
Conductivité	µs/cm	18500	/
MES	mg/L	28,6	35
Phosphates	mg/L	< 0,05	10
Nitrogène (NTK)	mg/L	410	30
Cyanure	mg/L	< 0,02	0,1
Cadmium	mg/L	< 0,05	0,2
Fer	mg/L	< 0,02	3
Etain	mg/L	< 0,1	2
Manganèse	mg/L	0,8	1
Zinc	mg/L	0,09	3
Chromate	mg/L	< 0,1	/
Aluminium	mg/L	0,08	3
Fluorure	mg/L	0,1	15
Phénol	mg/L	< 0,2	0,3
DBO₅	mg/L	200	35
Graisses et huiles	mg/L	4,1	20
Argent	mg/L	< 0,2	/
Hydrocarbures	mg/L	1,5	10
DCO	mg/L	170	120
Plomb	mg/L	< 0,1	0.5

Tableau III.2 : Résultats des analyses 27 février 2023.

Paramètres	Unités	Résultats d'analyses	Norme
Température	°C	22,9	30
pH	-	9,96	6,5-8,5
Conductivité	µs/cm	21200	/
MES	mg/L	34,8	35
Phosphates	mg/L	0,16	10
Nitrogène (NTK)	mg/L	1200	30
Cyanure	mg/L	< 0,02	0,1
Cadmium	mg/L	< 0,05	0,2
Fer	mg/L	0,09	3
Etain	mg/L	< 0,10	2
Manganèse	mg/L	0,7	1
Zinc	mg/L	0,24	3
Chromate	mg/L	< 0,05	/
Aluminium	mg/L	/	3
Fluorure	mg/L	0,9	15
Phénol	mg/L	1,1	0,3
Cuivre	mg/L	/	0,5
Graisses et huiles	mg/L	12,6	20
Nickel	mg/L	/	0,5
Argent	mg/L	< 0,2	/
Plomb	mg/L	< 0,1	0,5
DCO	mg/L	130	120
Hydrocarbures	mg/L	1,1	10
DBO₅	mg/L	210	35

Tableau III.3 : Résultats des analyses 29 mars 2023.

Paramètres	Unités	Résultats d'analyses	Norme
Température	°C	24,6	30
pH	-	9,54	6,5-8,5
Conductivité	µs/cm	21800	/
MES	mg/L	32,7	35
Phosphates	mg/L	0,16	10
Nitrogène (NTK)	mg/L	840	30
Cyanure	mg/L	< 0,02	0,1
Cadmium	mg/L	< 0,05	0,2
Fer	mg/L	0,09	3
Etain	mg/L	< 0,10	2
Manganèse	mg/L	0,8	1
Zinc	mg/L	0,20	3
Chromate	mg/L	< 0,05	/
Aluminium	mg/L	/	3
Fluorure	mg/L	0,9	15
Phénol	mg/L	1,1	0,3
Cuivre	mg/L	/	0,5
Graisses et huiles	mg/L	8,1	20
Nickel	mg/L	/	0,5
Argent	mg/L	< 0,2	/
Plomb	mg/L	< 0,1	0,5
DCO	mg/L	150	120
Hydrocarbures	mg/L	1,1	10
DBO₅	mg/L	220	35

III.5.1. Les paramètres à analyser

D'après les trois tableaux des résultats des analyses cités ci-dessus, on remarque qu'il y'a quelques paramètres hors les normes comme la DBO₅, NTK, DCO, pH. Ces paramètres peuvent être considérés comme des critères de la pollution. A titre d'illustration, pour le mois de février, la valeur d'Azote est de 1200 mg/l, alors que la norme est de l'intervalle 30 à 40 mg/l.

La variation des différents paramètres (pH, NTK, DBO₅ et DCO) des rejets durant les mois étudiés sont regroupés dans le tableau III.4.

Tableau III.4 : Variation de paramètres des rejets liquides pendant les trois mois.

Mois Paramètres	Janvier	Février	Mars	Normes
pH	9,62	9,96	9,54	6,5 - 8,5
Nitrogène (NTK)	410	1200	840	30 - 40
DBO₅	200	210	220	35 - 40
DCO	170	130	150	120 - 130

D'après les résultats des différents paramètres, nous pouvons prouver l'existence de la pollution. Par la suite, nous présentons l'évolution des paramètres tabulés à travers des histogrammes.

III.5.1.1. Variation de pH

L'évolution du pH durant les trois mois (janvier, février et mars) est représentée dans la figure III.6.

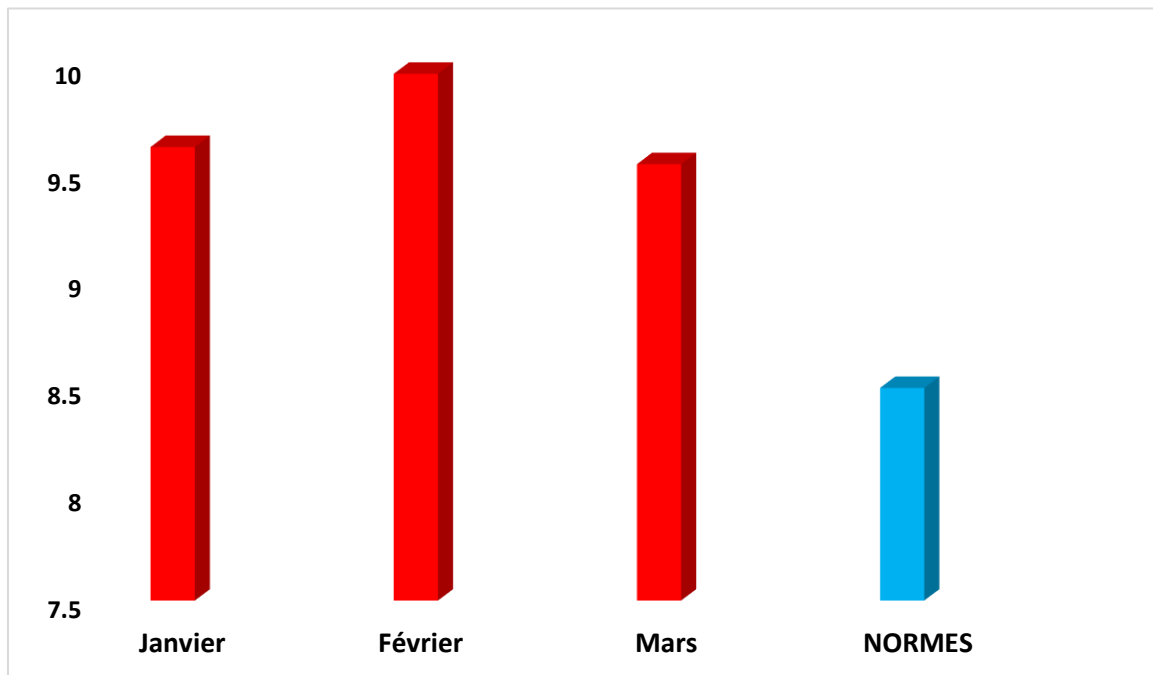


Figure III.6 : Histogramme de variation de pH.

➤ Interprétation

Pour l'ensemble des résultats des trois mois, les valeurs de pH sont élevées. L'évolution du pH est presque la même pendant la période étudiée. Ce résultat montre que l'eau est alcaline. Cette basicité est peut être due à la présence de molécules d'ammonium NH_4^+ provenant des unités de production d'ammoniac.

III.5.1.2. Variation de l'Azote total (NTK)

Le paramètre (NTK) représente la quantité d'azote minéral ou organique dans le rejet liquide. L'azote organique doit être éliminé car il réduit considérablement la concentration en oxygène d'un milieu. Les évolutions de ce paramètre sont regroupées dans la figure III.7.

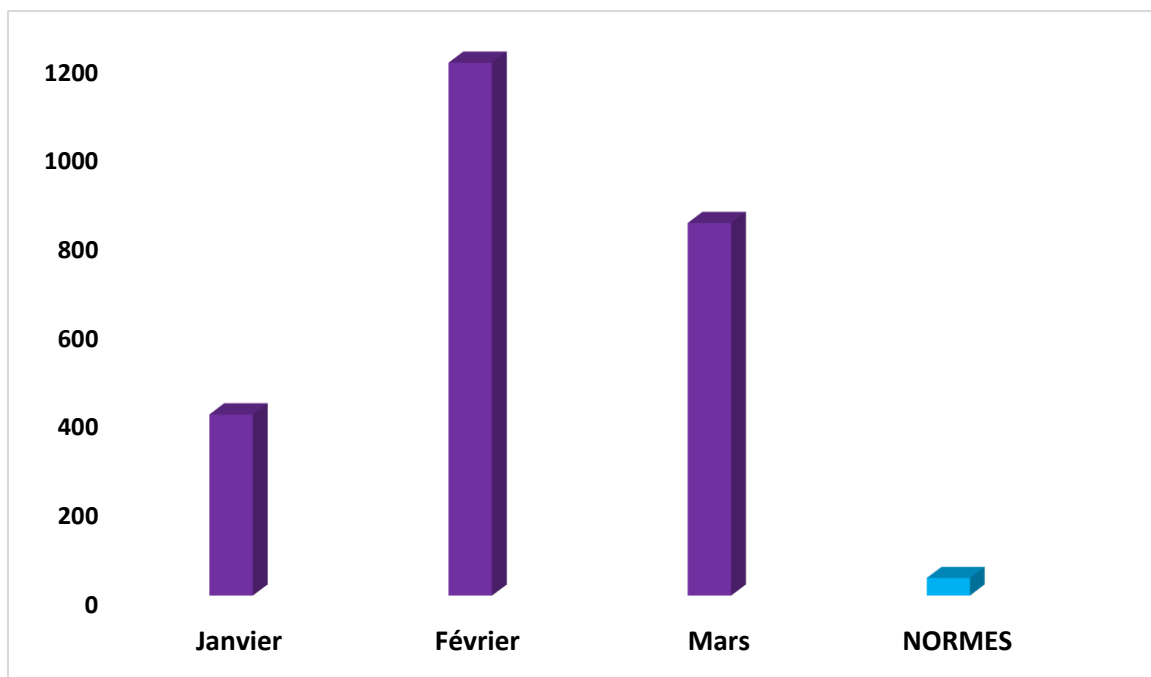


Figure III.7 : Histogramme de variation de Nitrogène (NTK).

➤ Interprétation

D'après l'histogramme ci-dessus (figure III.7), nous remarquons que les valeurs de l'azote total dépassent au maximum les normes. Sachant que les normes de rejet sont très souvent strictes concernant ce paramètre.

Les valeurs élevées du NTK du rejet traité est peut être attribuée à la production d'ammoniac et d'urée.

III.5.1.3. Variation de la DCO

La variation de la demande chimique en oxygène (DCO) du complexe pour les trois mois du stage est montrée dans la figure III.8.

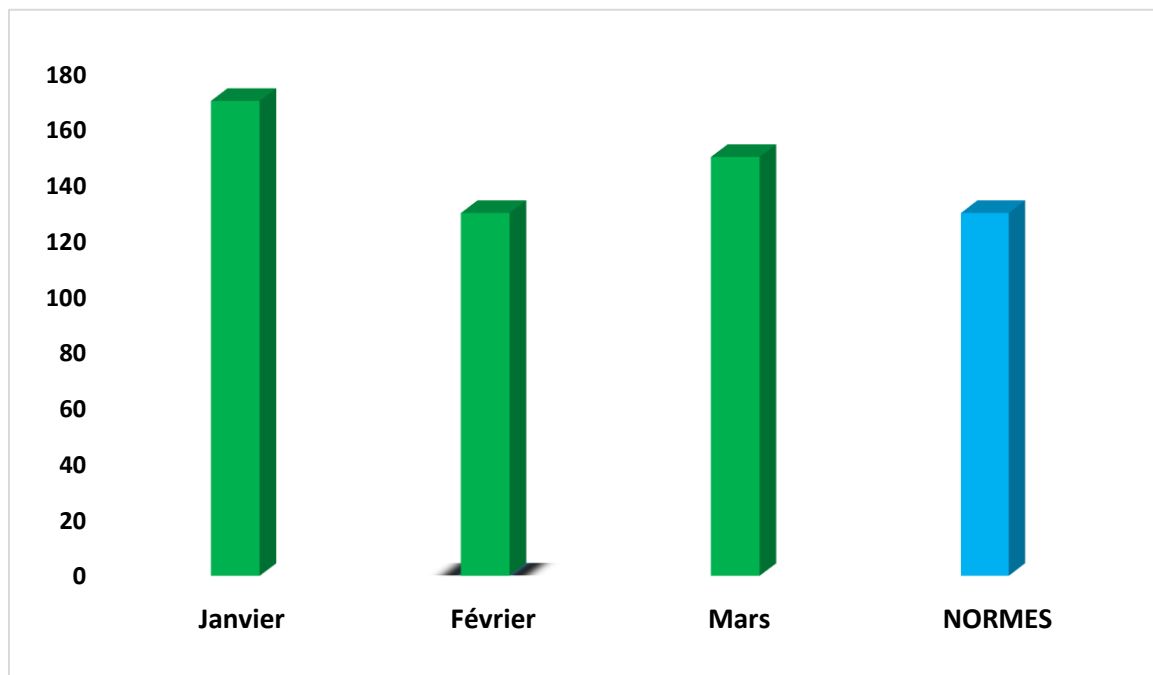


Figure III.8 : Histogramme de variation de la DCO.

➤ Interprétation

D'après l'historgramme (figure III.8), nous remarquons que la Demande Chimique en Oxygène atteint la valeur maximale de 170 mg/l sachant que les normes sont de l'ordre de 120 mg/l. Ces résultats montrent que cette eau est chargée par des matières oxydables (organique et inorganique).

III.5.1.4. Variation de la DBO₅

La variation de la Demande Biologique en Oxygène pendant les trois mois de stage, est représentée dans la figure III.9. La mesure DBO₅ est un outil très utilisé, qui permet notamment de vérifier la conformité réglementaire des rejets des stations d'épuration.

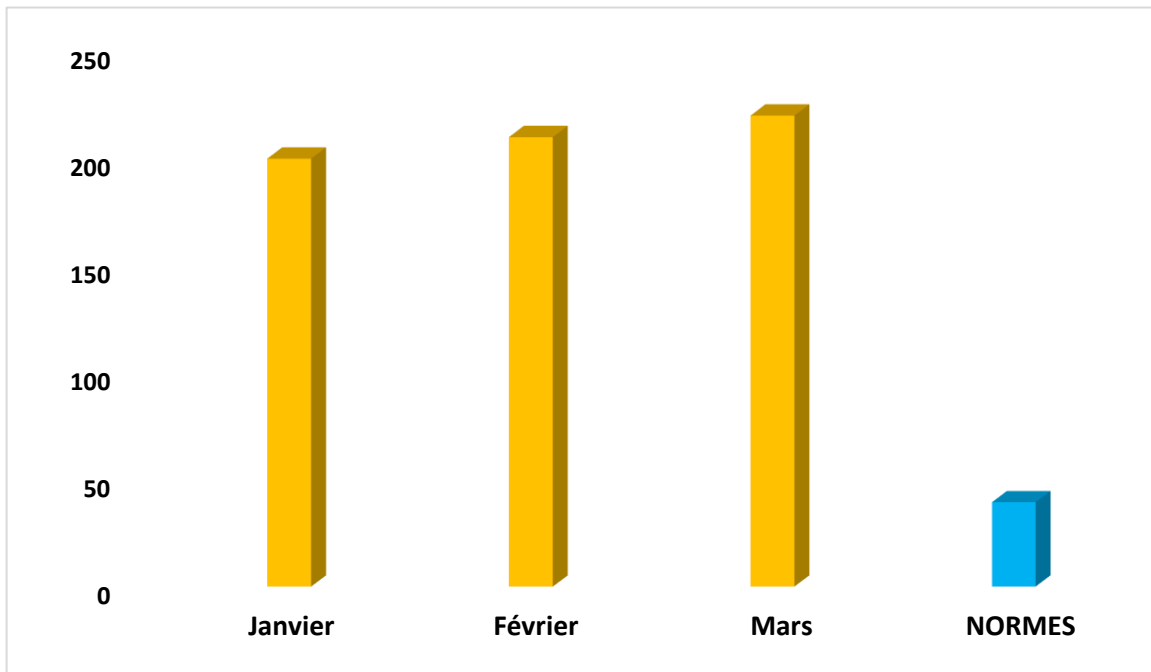


Figure III.9 : Histogramme de variation de la DBO₅.

➤ Interprétation

Pour l'ensemble des histogrammes, les teneurs de la DBO₅ dépassent la valeur demandée qui est de l'ordre de 35mg/L, les valeurs enregistrées atteignent les 220mg/L. Ces valeurs sont raisonnées par la présence des bactéries et micro-organismes qui ont besoin d'oxygène pour dégrader (par oxydation) les matières organiques. En cas de forte pollution de ce type, la suractivité des micro-organismes provoque une baisse de la quantité d'oxygène dans l'eau.

III.6. PROBLEMATIQUE

Dans ce mémoire, nous optons à trouver les meilleures solutions socio-économiques pour réduire le taux de la pollution au niveau de l'entreprise SORFERT. Selon le secteur industriel, les effluents peuvent être de différente nature. Ce peut être des eaux usées, mais aussi des huiles, des hydrocarbures, des polluants organiques (colorants, détergents, dérivés nitrés ou dérivés chlorés), des métaux ou des acides minéraux (acides chlorhydrique, nitrique, sulfurique...).

D'après les caractérisations des effluents effectués pendant les trois mois de stage (tableau III.4), les résultats fournissent des informations sur l'existence d'une pollution (les concentrations de contaminants potentiels).

Pour réduire la pollution trouvée, il est proposé de traiter cette pollution sur des installations propres permettant des économies importantes sur le long terme.

D'après le rapport DCO/DBO₅ ci-dessous, une épuration biologique ou physico-chimique est proposée.

III.7. CALCUL DE LA BIODEGRADABILITE

Le rapport **R** (détaillé dans le chapitre II) donne une estimation de la biodégradabilité de l'effluent. D'après les valeurs les paramètres de la DCO et DBO₅ mentionnés dans le tableau III.4 et en calculant la moyenne du rapport R comme suit :

$$\mathbf{R = DCO/DBO_5} \quad \mathbf{(III.1)}$$

$$\mathbf{R = 150/210} \quad \mathbf{\Rightarrow R = 0,71}$$

La valeur de R est de **0,71 < 1** : donc l'effluent est excellent pour le traitement biologique.

III.8. CALCUL DES DEBITS ET DES CHARGES POLLUANTES

III.8.1. Les débits

Selon l'utilité du complexe SORFERT, le débit moyen horaire Q_{mh} est de $2700 \text{ m}^3/\text{h}$

a) **Débit moyen par seconde :**

$$Q_{ms} = \frac{2700}{3600} = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{ms} = 750 \text{ l/s}$$

b) **Débit journalier :**

$$Q_{mj} = Q_{mh} \times 24$$

$$Q_{mj} = 2700 \times 24$$

$$Q_{mj} = 64800 \text{ m}^3/\text{j}$$

c) **Débit de pointe :**

Par définition, le débit de pointe est donné par la relation :

$$Q_{pte} = C_p \times Q_{mj}$$

$$\text{Aussi :} \quad \text{si } Q_{ms} \geq 2,8 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{ms}}}$$

$$\text{si } Q_{ms} \leq 2,8 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad C_p = 3$$

$$\text{On a : } Q_{ms} = 750 \text{ l/s} \geq 2,8 \text{ l/s}$$

$$\text{Alors : } C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{ms}}}$$

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{750}}$$

$$C_p = 1,59$$

$$\text{D'où le débit de pointe est : } Q_{pte} = 1,59 \times 64800 = 103\,032 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Le débit de pointe horaire est de : } Q_{pte} = 4293 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.8.2. Les charges polluantes**a) Charge moyenne journalière en DBO₅ :**

Cette charge est estimée par la relation suivante :

$$L_0 = C_{DBO5} \times Q_{mj} \quad (\text{III.2})$$

L_0 : Charge moyenne journalière en DBO₅ (kg/j)

C_{DBO5} : Concentration en DBO₅ moyenne (kg/m³)

Q_{mj} : Débit moyen journalier en (m³/j)

On obtient : $L_0 = 210 \times 10^{-3} \times 64800$ donc : $L_0 = 13608$ kg/j

b) Charge moyenne journalière en MES (N₀) :

Cette charge est calculée comme suit :

$$N_0 = C_{MES} \times Q_{mj} \quad (\text{III.3})$$

N_0 : Charge moyenne journalière en MES (kg/j)

C_{MES} : Concentration moyenne en (kg/m³)

Donc : $N_0 = 32,03 \times 10^{-3} \times 64800$ donc : $N_0 = 2075,54$ kg/j

c) Charge moyenne journalière en DCO (M₀) :

$$M_0 = 150 \times 10^{-3} \times 64800$$

$$M_0 = 9720 \text{ kg/j}$$

III.9. LES TRAITEMENTS BIOLOGIQUES

Le traitement biologique permet à son opérateur de maximiser la capacité de traitement en minimisant l'espace d'énergie nécessaire.

Le traitement biologique nécessite les étapes successives détaillées ci-dessous.

III.9.1. Les boues activées

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres. On y maintient une concentration déterminée de bactéries (on fixe donc l'âge de la boue) grâce à la recirculation des boues. Elles sont séparées de l'eau traitée par décantation dans le clarificateur, puis réintroduites dans les bassins de traitement, c'est-à-dire, dans le cas le plus simple, le bassin d'aération. L'aération est assurée mécaniquement, soit par des aérateurs de surface, soit par insufflation d'air. Les deux principes connaissent de nombreuses variantes (**figure III.10**) [18].

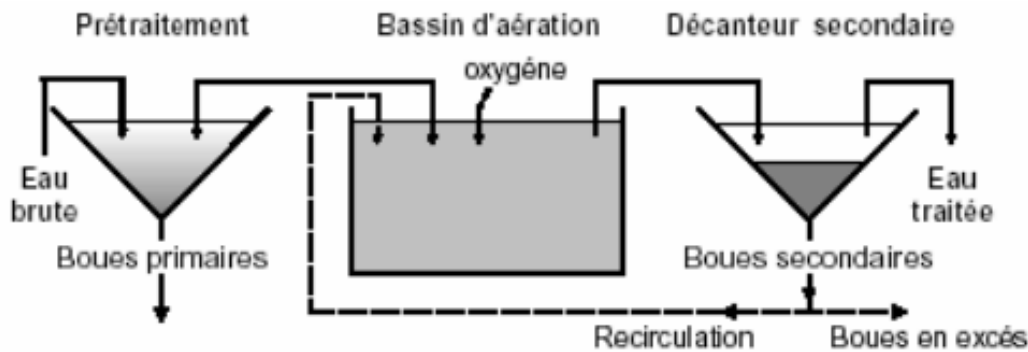


Figure III.10 : Procédé de traitement par boue activée.

III.9.2. Le Lagunage

La technique de lagunage consiste à faire circuler lentement l'effluent prétraité dans une succession de bassins peu profonds. Au cours de ce cheminement, l'épuration se fait de façon naturelle, grâce à la prolifération de micro-organismes et d'algues microscopiques, ces dernières produisant l'oxygène nécessaire par leur photosynthèse. L'action des rayons UV du soleil, qui détruisent de nombreux germes microbiens pathogènes, permet de plus une décontamination bactérienne importante de l'effluent (**figure III.11**) [19].

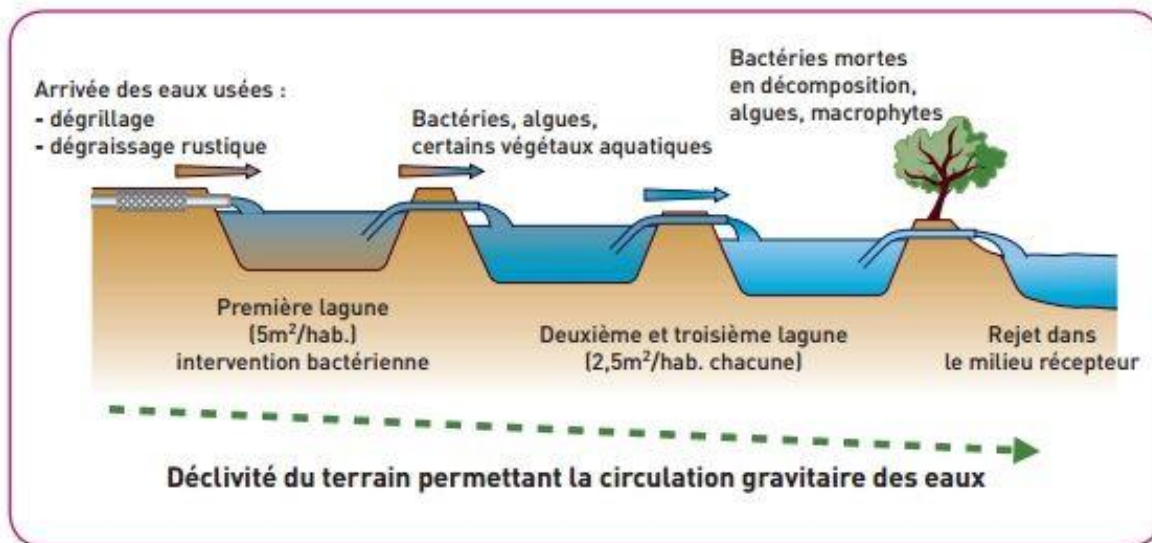


Figure III.11 : Schéma de principe de lagunage.

III.9.3. Le disque biologique

Dans ce procédé, les micro-organismes sont fixés sur des disques à demi immergés et tournant lentement (quelques tours par minute) autour d'un axe horizontal. La biomasse est ainsi alternativement mouillée par les eaux résiduaires et aérée par l'air ambiant. Cette technique présente l'avantage d'être peu coûteuse en énergie mais peut entraîner l'émanation d'odeurs (**figure III.12**) [18].

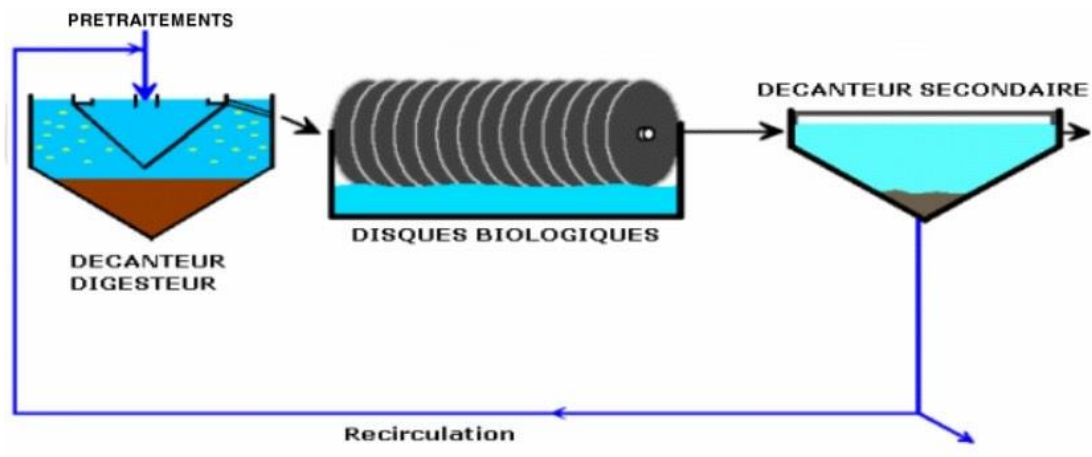


Figure III.12 : Principe de fonctionnement d'un disque biologique.

III.9.4. Le lit bactérien

Dans ce type d'installation, le traitement se réalise dans un ouvrage qui comporte un support permettant la fixation et le développement des micro-organismes. Le système est conçu pour favoriser le contact entre les eaux usées, l'air environnant et les micro-organismes épurateurs. Le lit bactérien est constitué de matériaux à grande surface de contact (pouzzolane, éléments plastiques cloisonnés, ...), empilés dans une cuve dont le fond est perforé pour permettre l'apport d'oxygène atmosphérique. L'effluent prétraité (décanté) est réparti à la surface du lit par un tourniquet d'aspersion (sprinkler). Après percolation à travers le matériau de garnissage, les eaux traitées sont récupérées à la base de l'ouvrage (**figure III.13**) [19].

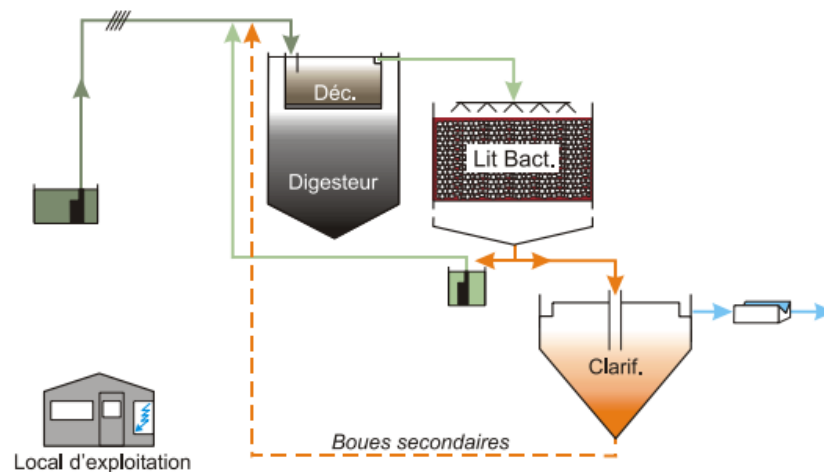


Figure III.13 : Principe de fonctionnement d'un lit bactérien.

III.10. CONCLUSION

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté les analyses et les traitements effectués sur les effluents liquides du complexe SORFERT. Les traitements sont l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel qui est l'eau de mer. L'objectif des traitements est de minimiser l'impact des eaux usées sur l'environnement.

Sachant que les effluents étudiés sont traités selon le type de pollution qui les caractérise. Alors, après analyse de la situation, ou autrement dit, selon les caractérisations des effluents effectués pendant les trois mois de stage, les résultats fournissent des informations confirmant l'existence d'une pollution. Pour réduire la pollution trouvée, il est proposé de traiter ce phénomène par l'installation des stations d'épuration biologique. Cette proposition est basée sur le rapport DCO/DBO₅ calculé.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La pollution est la dégradation de l'environnement par l'homme. On observe plusieurs formes de pollutions: chimique, physique, biologique, etc...

L'eau, partie intégrante et importante de l'environnement, est exposée à différentes sources de pollution, notamment de nature domestique, agricole et industrielle. Il existe différentes sources des rejets comme les rejets domestiques et industriels.

Les rejets liquides dans l'eau sont une source de pollution qu'il convient d'analyser et de contrôler régulièrement, afin de mettre en place des solutions pour les réduire au maximum.

Dans ce présent travail, nous avons présenté les analyses et les traitements effectuées sur les effluents liquides du complexe SORFERT. Les traitements sont l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel qui est l'eau de mer. L'objectif des traitements est de minimiser l'impact des eaux usées sur l'environnement.

Sachant que les effluents étudiés sont traités selon le type de pollution qui les caractérise. Alors, après les caractérisations des effluents effectués pendant les trois mois de stage, les résultats fournissent des informations confirmant l'existence d'une pollution. Pour réduire la pollution trouvée, il est proposé de traiter ce phénomène par l'installation des stations d'épuration biologique. Cette proposition est basée sur le rapport DCO/DBO₅ calculé qui est de **0,71**.

Le traitement biologique permet à son opérateur de maximiser la capacité de traitement en minimisant l'espace d'énergie nécessaire. Ce traitement permettra non seulement de réduire l'impact sur l'environnement, mais aussi de créer de la valeur à long terme pour les entreprises et la société dans son ensemble.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-ammoniac-2959/>
- [2] A.BELLIL, Optimisation d'un réacteur de production de l'ammoniaque, mémoire de master, ASJP, Sciences Et Technologie, Université Mohamed Khider, Biskra, 2015.
- [3] Manuel de formation de production de l'ammoniac de complexe.
- [4] <https://www.geo.fr/environnement/l-ammoniac-un-puissant-derive-de-l-azote-166948>
- [5] <http://www.lagrandepoubelle.com/wikibis/ecologie/uree.php>
- [6] PIERRE LASZLO, Histoire d'urée, Journal Le monde, 14 juin, 1978.
- [7] M. MAZOUNI, Dépollution des eaux usées par un support naturel Chitosane-polyaniline, mémoire de master, Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen, 2016.
- [8] F. BOUCHEMAL, Maître de Conférences B, Polycopié du cours : Pollution des eaux, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued, 2021.
- [9] C. LARADJI, H. MAI KHERROUFA, Analyse de la pollution liquide et dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées du complexe GL2/Z, Université de Mostaganem, 2020.
- [10] <http://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quest-ce-que-les-eaux-usees/>
- [11] <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/>
- [12] <https://cpepesc.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieus-aquatiques-sources-de-pollutions-et-atteintes/2-qualite-des-eaux-pollutions-etat-des-cours-deau/2-bonne-qualite-ou-pollution-des-eaux/parametres-physiques-et-chimiques-de-leau-indicateurs-des-pollutions/les-differents-parametres-physiques-et-chimiques-des-eaux-et-commentaires/>
- [13] M. KHELLADI, cours du module Traitements Physico-Chimique et Biologique, Master 2, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 2023.

[14] A. BEN KHALIFA, I. DERKI, Étude de performance du système de lagunage aéré dans quelques stations d'épuration dans la région d'Oued Souf, Mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar, El oued, 2019.

[15] Agence de l'eau Loire-Bretagne, Perle d'eau, Cahier pédagogique N°2, Pollution et épuration de l'eau, établissement public du ministère chargé du développement durable.

[16] <https://fr.airliquide.com/solutions/traitement-des-eaux/lepuration-des-eaux>

[17] K. OULDKHETTAB, D. RADJAH, Contrôle et le suivi des effluents liquides industriels au niveau du complexe SORFERT, mémoire de fin d'études, Université de Mostaganem, 2019.

[18] Z. BAKIRI, Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques, mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Setif, 2007.

[19] https://charente-eaux.fr/wp-content/uploads/2018/04/Les_principaux_types_de_station_de_traitement.pdf