

*Faculty of Sciences and Technology*  
*Department of Process Engineering*  
Ref :...../U.M/F.S.T/2025

كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم هندسة الطرائق  
رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2025

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière : Génie des procédés**

**Option : Génie des procédés de l'environnement**

### Thème

**EVALUATION DES PARAMETRES DES REJETS LIQUIDES AU  
NIVEAU SORFERT (PRODUCTION D'AMMONIAC) ET  
SOLUTIONS PROPOSEES POUR LEUR EPURATION.**

**Présentée par**

- 1- RADJAH Leila
- 2- BOUCIF Salima

Soutenu le 19/06/ 2025 devant le jury composé de :

<b>Président :</b>	<b>MAHREZ Nouria</b>	MCA	Université de Mostaganem
<b>Examineur :</b>	<b>MEDEGHRI Meriem</b>	MCB	Université de Mostaganem
<b>Rapporteur :</b>	<b>BOUCIF Fatima</b>	MCA	Université de Mostaganem

# **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 encadrante **Mme BOUCIF Fatima**, Maitre de conférence classe A 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 MAHREZ Nouria**, Maître de conférences classe A à l'université de Mostaganem, d'avoir bien voulu présider le jury.*

*Nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances à **Mme MEDEGHRI Meriem**, Maître de conférences classe 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**

*Je dédie ce modeste travail à : A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenue durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents. A mes frères, mon coussin Nouredine et mes sœurs A mes amies Saadia et Meriem. et Hanane*

*A mon encadrante de mémoire Docteur BOUCIF Fatima pour toutes ses conseils et son aide jusqu'à la dernière minute, que Dieu la garde en bonne Santé.*

*En fin, je remercie mon âme sœur et mon binôme Melle BOUCIF Salima qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

## *Dédicace*

*À mes chers parents, Pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux, et votre soutien sans faille. Vous êtes ma source de force et d'inspiration. Ce mémoire est le fruit de vos prières et de votre patience.*

*À mon frère bien-aimé, Merci pour ta présence, ton écoute, et ta confiance en moi même quand moi, je doutais. Ton soutien a toujours été une lumière dans mes moments d'incertitude.*

*À mes amis fidèles, Pour votre amitié sincère, vos encouragements, vos sourires et tous ces moments partagés qui ont allégé les pressions du parcours.*

*Merci d'avoir été là, tout simplement. Ce mémoire vous est dédié, avec toute ma gratitude, mon respect et mon affection.*

*Salima*

## 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 menace 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/DBO<sub>5</sub> 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/DBO<sub>5</sub> ratio, it is proposed to treat this phenomenon by installing biological treatment stations.

## ملخص

حماية البيئة تظل أولوية في مواجهة الأنشطة البشرية. فقد أصبحت المخلفات الصناعية عاملاً رئيسياً في تلوث المياه، مما يهدد بشكل جدي استقرار البيئة. لذلك، أصبح من الضروري مكافحة هذا التلوث واتخاذ إجراءات صارمة، من خلال سنّ قوانين ردعية ضد التصريفات غير المعالجة، بهدف حماية بيئتنا. وفي هذا السياق، تهدف دراستنا إلى فحص معايير التصريفات السائلة على مستوى شركة SORFERT واقتراح حلول معالجة مناسبة. بعد تحليل خصائص المياه المعالجة، أكدت النتائج وجود تلوث. وللحد من هذا التلوث، واستناداً إلى النسبة المحسوبة للطلب الكيميائي للأوكسجين/الطلب البيولوجي للأوكسجين بعد خمسة أيام (DCO/DBO<sub>5</sub>)، يُقترح معالجة هذا التلوث من خلال تركيب محطات معالجة بيولوجية

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : Présentation du complexe SORFERT	
I.1. INTRODUCTION.....	4
I.2. PRESENTATION DU COMPLEXE.....	4
I.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU COMPLEXE.....	5
I.4. FICHE TECHNIQUE DU COMPLEXE.....	5
I.5. LES INSTALLATIONS DU COMPLEXE SORFERT.....	7
I.6. MATIERES PREMIERES ET PRODUITS FINIS.....	8
I.6.1. Les matières premières principales.....	8
I.6.2. Les produits finis.....	8
I.7. LES UNITES DE L'USINE.....	8
I.7.1. L'utilité :.....	8
I.7.2. Zone de process.....	11
I.7.3. Zone de stockage.....	11
I.8. PRODUCTION DE L'AMMONIAC ET DE L'UREE.....	12
I.8.1. Production de l'ammoniac.....	12
I.8.1.1. Définition de l'ammoniac.....	12

I.8.1.2.	Utilisation de l'ammoniac.....	12
I.8.1.3.	Synthèse d'ammoniac.....	12
I.8.2.	Production de l'urée.....	14
I.8.2.1.	Définition de l'urée :.....	14
I.8.2.2.	Utilisation de l'urée.....	15
I.8.2.3.	Synthèse de l'urée.....	15
I.9.	CONCLUSION.....	16
CHAPITRE II: POLLUTION DES REJETS LIQUIDE		
II.1.	Introduction.....	20
II.2.	Pollution.....	21
II.3.	Les types de pollution par rejets liquide.....	21
III.3.1.	Pollution physique.....	21
III.3.1.	Pollution chimique.....	22
III.3.1.	Pollution biologique.....	23
II.4.	LES EAUX USEES.....	23
II.5.	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUES DES EAUX USEES.....	24
II.5.1.	Paramètres physiques.....	24
II.5.2.	Paramètres chimiques.....	26
II.5.3.	Paramètres biologiques.....	27
II.6.	RAPPORT « DCO/DBO5 ».....	27

II.7. LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX USEES .....	28
II.7.1. L'épuration biologique.....	28
II.7.2. L'épuration physico-chimique .....	28
II.7.3. L'épuration des eaux usées industrielles .....	29
II.7.3.1. Prétraitement .....	30
II.7.3.2. Traitements primaires .....	30
II.7.3.3. Traitements secondaires .....	31
II.7.3.4. Traitements tertiaires.....	31
II.8. Traitement des boues et leur devenir .....	32
II.8.1. Le devenir des autres déchets.....	32
II.9. CONCLUSION .....	32

### CHAPITRE III: ANALYSES ET RESULTATS

III.1. INTRODUCTION .....	35
III.2. LES POINT DE PRELEVEMENT .....	35
III.3. LE TRAITEMENT DES REJETS LIQUIDES AU NIVEAU DU COMPLEXE.....	37
III.4. ANALYSE AU LABORATOIRE.....	38
III.5. ANALYSES ET INTERPRETATION .....	44
III.5.1.1. Variation de pH .....	46
III.5.1.2. Variation de l'Azote total (NTK).....	47

III.5.1.3. Variation de phénol .....	48
III.6. PROBLEMATIQUE .....	49
III.7. CALCUL DE LA BIODEGRADABILITE.....	49
III.7.1. L'azote dans les eaux usees .....	50
III.7.2. Problematique de la pollution azotée .....	50
III.7.3. Les formes d'azote .....	50
III.8. TRAITEMENT BIOLOGIQUE DE LA POLLUTION AZOTEE.....	51
III.9. LES TECHNIQUES DU TRAITEMENT BIOLOGIQUE D'AZOTE CONTENU DANS LES EAUX USEES .....	51
III.9.1. Les procédés a biomasse libre .....	52
Conclusion .....	53
CONCLUSION GENERALE .....	55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE .....	56

## LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: Complexe SORFERT .....	4
Figure I. 2: Situation géographique du complexe SORFERT.....	5
Figure I. 3: Photo de l'unité de dessalement par Osmose Inverse.....	8
Figure I. 4: Photo de l'unité de dessalement par thermo-compresseur.....	9
Figure I. 5: Photo de réservoir d'eau dessalée.....	9
Figure I. 6: Photo de l'unité de déminéralisation .....	10
Figure I. 7: Synthèse ammoniac .....	13
Figure I. 8: Structure de molécule de l'urée .....	14
Figure I. 9: Synthèse de l'urée.....	16
Figure II. 1: Pollution physique.....	22
Figure II. 2: Pollution chimique.....	22
Figure II. 3: Pollution biologique.....	23
Figure II. 4: Station d'épuration des eaux usées.....	29
Figure III. 1:La façon de la prise des échantillons.....	35
Figure III. 2: Les points de prélèvement des échantillons dans le complexe SORFERT.....	36
Figure III. 3: Bassin des rejets liquides du complexe.....	37
Figure III. 4: Les analyses des échantillons au niveau du laboratoire.....	38
Figure III. 5: pH-mètre .....	42
Figure III. 6: Histogramme de variation de pH.....	46
Figure III. 7: histogramme de variation de l'Azote total.....	47
Figure III. 8: histogramme de variation de phénol.....	48
Figure III. 9: Étapes du traitement de l'azote dans une station d'épuration .....	51
Figure III. 10: schéma général d'une boue activée .....	52
Figure III. 11: Configuration de Ludzack-Ettinger.....	53

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I.1: Fiche technique du complexe .....	6
Tableau III. 1: Résultats des analyses 30/04/2025.....	<u>44</u>
Tableau III. 2 : Variation de paramètres des rejets liquides .....	45

# **INTRODUCTION GENERALE**

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

Ces rejets, générés par les processus industriels, peuvent contenir diverses substances nocives pour l'environnement, telles que des produits chimiques, des métaux lourds et d'autres contaminants.

L'objectif de cette étude est d'analyser les caractéristiques des rejets liquides de l'entreprise SORFERT et de proposer des solutions de traitement adaptées. Ce travail consiste à examiner les rejets industriels du complexe SORFERT en vue d'un éventuel traitement dans une station d'épuration d'eau industrielle dédiée à ce complexe. Il s'appuie sur une étude préliminaire ainsi qu'un suivi des rejets et de leurs analyses, afin de les comparer aux normes en vigueur.

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 des rejets liquides 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.

## Présentation théorique:

**DESCRIPTION GENERALE**  
**CHAPITRE I**  
**CHAPITRE II**

# 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.

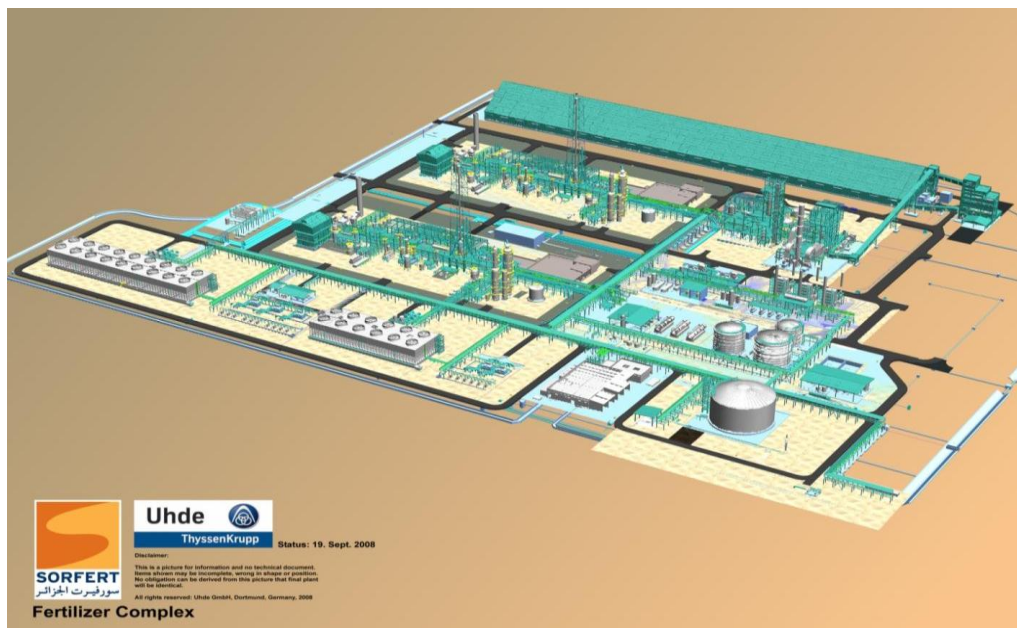
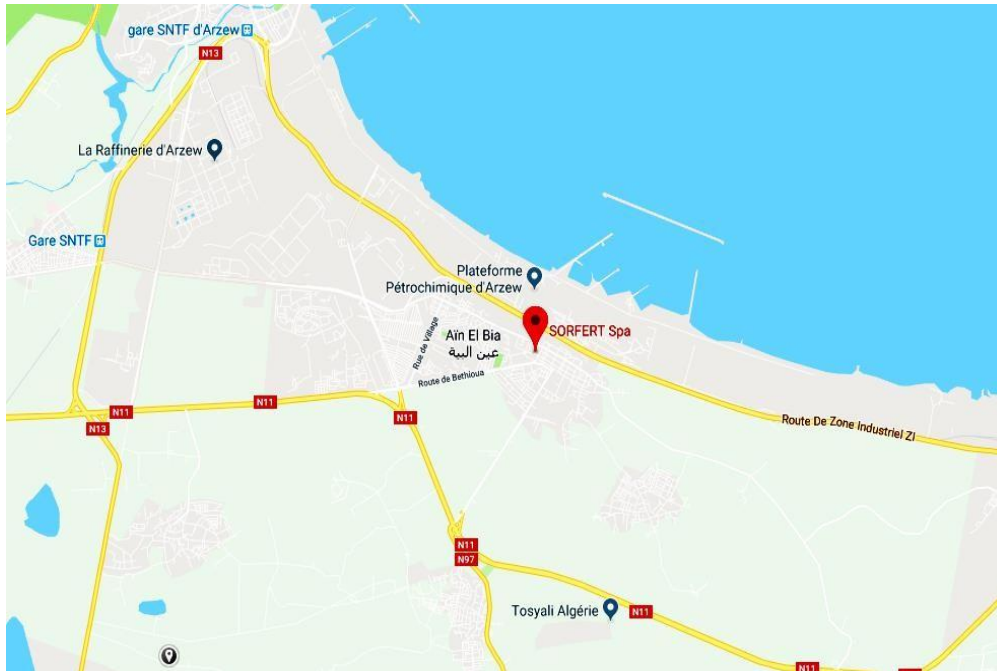


Figure I. 1: Complexe SORFERT

**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 49 %//SONATRACH 51%
Date de creation	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 : 2*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 unité de dessalement d'eau de mer.
- Des installations électriques.
- Un réservoir d'eau d'une capacité de 6000m<sup>3</sup>.
- 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 complement :
  - 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'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 ( $\text{NH}_3$ ) 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 :** représente le cœur du complexe par ce qu'il concerne la production d'eau polishée qui circule dans tout le procès. L'eau de mer subit toute un traitement pour venir à l'état de polishée à partir :

**Dessalement (089) :** elle est constituée de :

- Dessalement par Osmose Inverse : produira de l'eau dessalée durant l'opération de démarrage quand le thermo-compresseur est n'est pas en service avec un débit de  $17 \text{ m}^3/\text{h}$  avec une conductivité d'environ  $600\text{-}700\mu\text{s}$  [1].



**Figure I. 3:** Photo de l'unité de dessalement par Osmose Inverse.

- **Dessalement par thermo-compresseur** : sert à la production d'eau dessalée avec une qualité de  $<10\mu\text{s}$  et un débit de  $100\text{ m}^3$ .



**Figure I. 4:** Photo de l'unité de dessalement par thermo-compresseur

L'eau dessalée sera stocké dans un bac de  $6000$  et  $3000\text{ m}^3$  destiné à être traitée et la deuxième partie pour le réseau anti incendie [1].



**Figure I. 5:** Photo de réservoir d'eau dessalée.

❖ Production d'eau déminéralisée : Cette eau sert à alimenter l'unité de déminéralisation, l'unité est conçue pour fournir de l'eau polie en quantité nécessaire pour l'exploitation de l'unité d'ammoniaque/d'urée, y compris les unités hors site et services. L'eau déminéralisée est produite à partir de condensat du procédé prétraité et d'eau de mer dessalée provenant de l'unité de dessalement thermique, à partir de laquelle l'eau mieux dessalée est directement acheminée vers l'unité de polissage.

L'eau déminéralisée produite est récupérée et stockée dans le réservoir de l'eau déminéralisée d'une capacité de 3500 m<sup>3</sup> [2].

❖ Production d'eau polie : L'eau polie est produite à partir d'eau déminéralisée, de l'eau dessalée et de condensat des turbines / vapeur très faiblement polluée.

Le traitement par le filtre à lit mélangé de l'unité fournit de l'eau entièrement déminéralisée utilisée pour la génération de la vapeur HP (haute pression) dans les chaudières, l'eau polie est collectée dans le réservoir d'eau polie.

Cette eau sert à alimenter les chaudières pour la production de vapeur, en outre cette eau est utilisée aussi comme fluide de refroidissement pour certains équipements mécanique.



**Figure I. 6:** Photo de l'unité de déminéralisation

**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.7.3. 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.7.4. Laboratoire**

Le laboratoire joue un rôle important dans l'industrie chimique et pétrochimique. Il permet le suivie et le contrôle continu de la qualité des produits finis et intermédiaires.

**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**

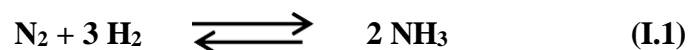
L'ammoniac est un composé de formule chimique  $\text{NH}_3$ , à température ambiante, il se présente sous la forme d'un gaz incolore mais très irritant et à l'odeur piquante [3].

**I.8.1.2. Utilisation de l'ammoniac**

L'ammoniac est principalement utilisé dans l'industrie agrochimique pour produire des engrais, ainsi que dans la pharmaco chimie pour fabriquer des médicaments [4] [5]. Il est également transformé en autres composés comme le nitrate ou le sulfate d'ammonium [4].

**I.8.1.3. Synthèse de l'ammoniac [4]**

**La synthèse de l'ammoniac** synthèse de l'ammoniac est réalisée par la réaction directe entre le dihydrogène et le diazote, en présence d'oxydes de fer comme catalyseur selon (**réaction I.1**) :



Le procédé doit respecter les contraintes suivantes :

- ❖ On opère à des pressions élevées (40 à 50 bars) et une température de l'ordre de  $800^\circ\text{C}$ , cette température étant une température de compromis.
- ❖ On fait de plus réagir le diazote et le dihydrogène dans des proportions Stœchiométriques. Le diazote provient de l'air. Le dihydrogène est produit par Reformage du méthane (ou d'autres hydrocarbures plus lourds) par la vapeur d'eau.
- ❖ Il est nécessaire de limiter la présence de gaz inertes dans le réacteur afin d'améliorer le Rendement de la réaction. Il faut de plus éliminer toute trace de CO et  $\text{CO}_2$  afin d'éviter notamment la désactivation du Catalyseur de la synthèse d'ammoniac. Le procédé industriel de Haber-Bosch, finalisé en 1913, répond aux différentes contraintes évoquées ci-dessus.

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.7**.

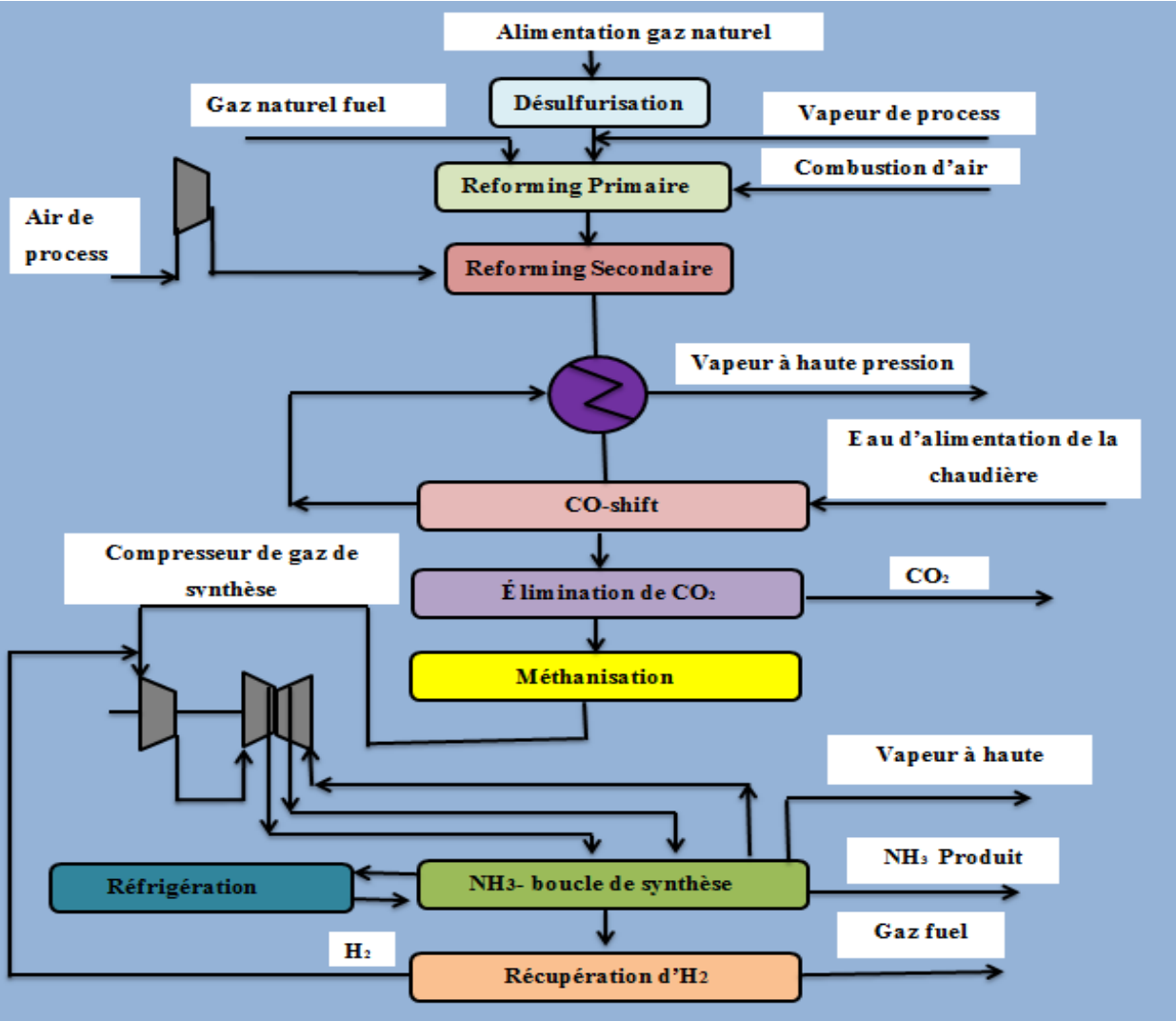
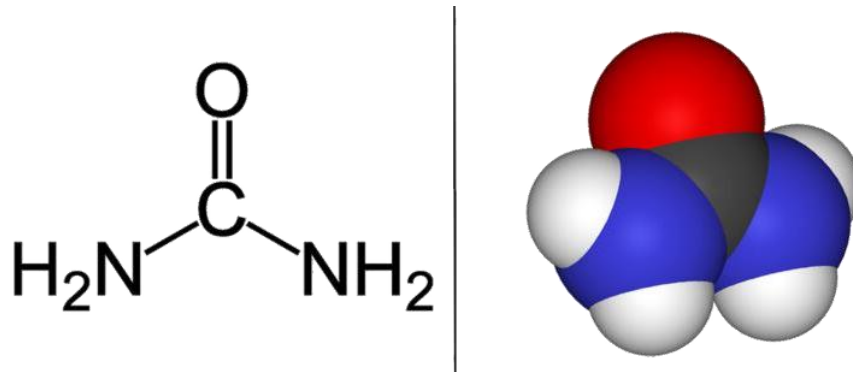


Figure I. 7: Synthèse d'ammoniac

**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  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{CON}_2\text{H}_4$ , 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. 8:** Structure de molécule de l'urée

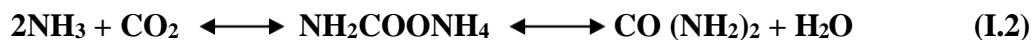
L'urée naturelle a été découverte en 1773 par le chimiste français Hilaire Rouelle, est formée dans le foie lors du cycle de l'urée à partir de l'ammoniac provenant de la dégradation des acides aminés. Il est éliminé par l'urine [6]. En 1828, le chimiste allemand Friedrich Wöhler (1800-1882), réalisait la synthèse de l'urée [7].

### **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 ( $\text{NH}_3$ ) et de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). 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.

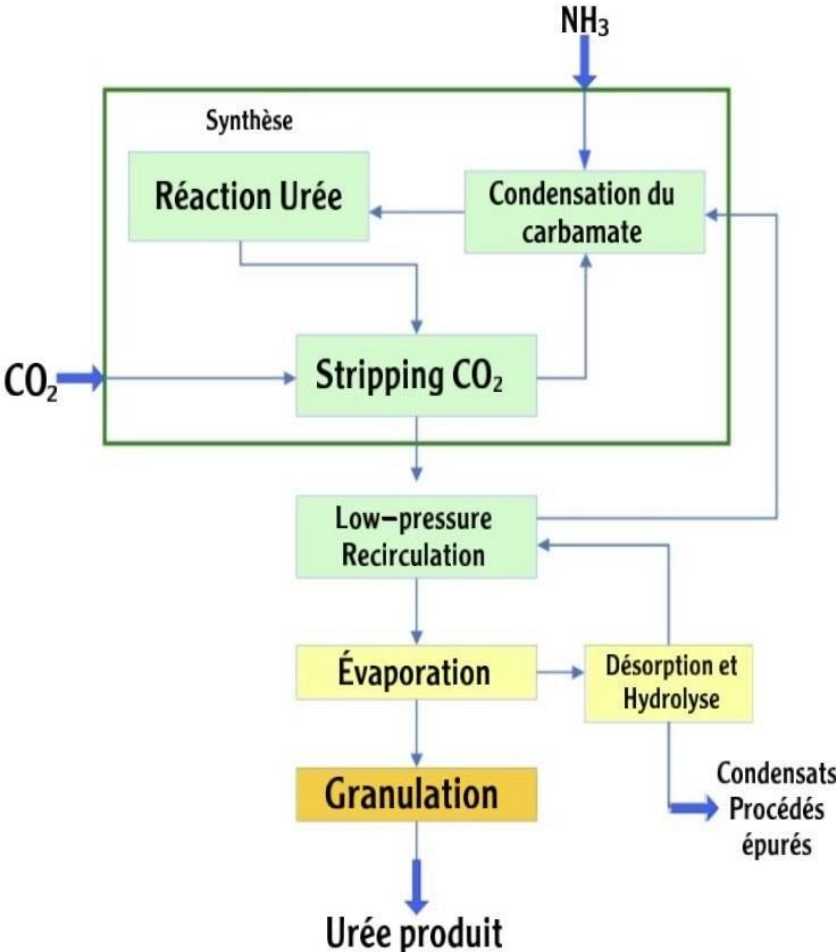


Figure I. 9: Synthèse de l'urée.

**CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous avons exposé les principales caractéristiques du complexe SORFERT ainsi que les procédés de synthèse de l'ammoniac et de l'urée.

La production d'ammoniac et d'urée est un processus continu impliquant de nombreuses unités de fabrication interconnectées. L'industrie pétrochimique, en général, est souvent perçue comme une source de pollution, mais ses impacts peuvent être significativement réduits ou atténués grâce à l'application de solutions techniques appropriées.

# *Chapitre II*

## **GENERALITES SUR LA POLLUTION**

### II.1. INTRODUCTION

La pollution désigne la dégradation de l'environnement causée par l'activité humaine. On distingue plusieurs types de pollution: chimique, physique, biologique (organique, bactériologique), sonore, atmosphérique et nucléaire.

L'eau, qui est une composante essentielle de notre environnement, est soumise à diverses sources de pollution, notamment d'origine domestique, agricole et industrielle. Les rejets, qu'ils soient domestiques ou industriels, constituent des sources de pollution qu'il est crucial de les analyser et de les surveiller régulièrement, afin de mettre en œuvre des solutions visant à réduire au maximum la menace qu'elle fait peser sur notre environnement.

Dans ce chapitre, nous aborderons les aspects généraux de la pollution ainsi que les traitements possibles pour atténuer les dangers associés à ce phénomène.

## II.2. POLLUTIONS DES EAUX USEES

Les eaux usées désignent l'eau qui a été utilisée dans divers processus domestiques, industriels ou agricoles et qui contient des polluants. La pollution de ces eaux se manifeste par une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de leur qualité naturelle, impactant la flore et la faune aquatiques, ainsi que leur usage pour la consommation humaine ou l'irrigation [8,9].

## II.3. TYPES DE POLLUTION PAR REJETS LIQUIDES

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

### II.3.1. Pollution physique

La pollution physique désigne la pollution thermique due à la température élevée causant une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz et la pollution mécanique, qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau; qui lui confèrent un caractère trouble[10].



**Figure II. 1:** Pollution physique.

**II.3.2. Pollution chimique**

Provient généralement des rejets d'eaux usées contenant des produits d'entretien, des hydrocarbures et des métaux lourds [11].



**Figure II. 2:** Pollution chimique.

### II.3.3. Pollution biologique

Est la présence en quantité excessive de micro-organismes (bactéries et virus essentiellement), parmi lesquels certains sont pathogènes pour l'homme et les animaux [12].



Figure II. 3: Pollution biologique.

### II.4. ORIGINE DE LA POLLUTION DES EAUX USEES

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

#### ❖ Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont les eaux rejetées par les habitations, provenant principalement des équipements sanitaires tels que douches, lavabos, évier, WC, machines à laver le linge et la vaisselle [13] [14] Elles se divisent en deux catégories principales

- **Eaux grises** : eaux ménagères issues des salles de bains (douches, lavabos) et cuisines, généralement chargées en détergents, graisses, solvants... etc. [15] [16].
- **Eaux noires (ou eaux vannes)** : eaux contenant des déjections humaines provenant des toilettes [17].

#### ❖ Les eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont les eaux polluées générées par les processus industriels après utilisation dans la production ou le nettoyage. Elles contiennent une grande variété de polluants, qui peuvent être dissous (sels, huiles légères), particuliers (graisses, argile, sable) ou biologiques (micro plastiques, résidus de médicaments, bactéries, virus, métaux lourds) [18][19].

#### ❖ Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines sont des eaux résiduaires provenant principalement des usages domestiques, mais elles peuvent aussi contenir des eaux industrielles et des eaux de ruissellement. Elles regroupent les eaux ménagères (eaux grises issues des salles de bains, cuisines, etc.) et les eaux vannes (provenant des toilettes, chargées en matières fécales et urinaires) [20] [21][22].

## II.5. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES 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 [23].

➤ **Conductivité**

La conductivité d'une eau est l'inverse de sa résistivité électrique en  $\mu\text{ohm/cm}$  ou  $\text{mohm/cm}$  (micro ou milli ohm/cm par cm) [24].

➤ **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 [25].

➤ **Matières en suspension (MES)**

Ce sont des matières solides insolubles en suspension dans un liquide et visibles à l'œil nu [25].

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

Ce sont des fractions organiques de MES pouvant être obtenue par différence massique entre un échantillon de MES et les résidus obtenus suivant un passage au four à  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### II.5.2. Paramètres chimiques

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

Elle représente la consommation d'oxygène (exprimée en  $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) 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) [25].

➤ **Azote**

Il est mesuré sous ses différentes formes : nitrite, nitrate, ammoniac, et azote organique [25].

➤ **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 [26].

➤ **L'oxygène dissous ( $\text{O}_2$ )**

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 [26].

➤ **Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )**

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

➤ **Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

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 (DBO<sub>5</sub>)**

La DBO<sub>5</sub> 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 (mgO<sub>2</sub>/L) nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau [26].

➤ **Huile et graisse**

L'huile et la graisse proviennent de déchets alimentaires et de produits pétroliers [25].

➤ **Vie microbienne dans les eaux usées**

Les eaux usées contiennent les microbes suivants :

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

### II.6. RAPPORT « DCO/DBO<sub>5</sub> »

- La DCO représente l'ensemble des matières oxydables.

- La DBO<sub>5</sub> représente la part des matières organiques biodégradables.

Le rapport «  $R = \text{DCO/DBO}_5$  » entre ces deux paramètres peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent :

- Si  $\text{DCO/DBO}_5 < 1$  : 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 [27]

- 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 neutralise.
- 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. Prétraitement**

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 quant 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 [28].

**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 [30].

**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 [30].

**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.8. 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 [29] :

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

**II.8.1. 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.9. CONCLUSION**

Selon les informations présentées dans ce chapitre, il est souligné que les eaux usées peuvent renfermer des pesticides, des polluants et d'autres substances qui, même à des concentrations diluées, peuvent avoir des effets durables sur les écosystèmes. Il est désormais essentiel de traiter les eaux usées pour combattre la pollution. Dans ce cadre, et comme nous le verrons dans le chapitre III, notre étude présente les résultats d'une enquête fondée sur la collecte et l'analyse d'échantillons afin d'identifier le type de pollution et de proposer des solutions

# Partie 2

Présentation pratique:

## **CHAPITRE III**

### **ANALYSES ET RESULTAT**

*Chapitre III*

**ANALYSES ET  
RESULTATS**

**III.1. INTRODUCTION**

Dans cette partie de notre étude, nous avons commencé à examiner les origines des différents types de pollution résultant des rejets finaux du complexe SORFERT.

À cet égard, un suivi a été réalisé sur les sites de production, incluant des analyses physico-chimiques et biologiques.

**III.2. LES POINTS DE PRELEVEMENTS**

Les prélèvements d'effluents au complexe SORFERT ont été réalisés en utilisant une canne reliée à une bouteille, comme illustré à la **figure III.1**. Il est essentiel de placer l'eau des effluents à analyser dans des bouteilles propres et dédiées uniquement aux rejets liquides. Avant le prélèvement, les dispositifs de prélèvement sont soigneusement rincés.

Pour éviter toute contamination par des impuretés, il faut veiller à bien sécuriser le bouchon des bouteilles. Ces précautions sont indispensables pour obtenir un échantillon représentatif. Les différents points de prélèvement, désignés de P1 à P5, sont indiqués dans la **figure III.2**.

P1 correspond au point de prélèvement de l'ammoniac 1, tandis que le point P2 se situe au niveau du canal de rejet de l'ammoniac 2. Les points P3 et P4 se trouvent respectivement au niveau des canaux de rejet d'urée et de chaudière. Tous ces canaux aboutissent au bassin des rejets, où se situe le point de prélèvement P5.



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

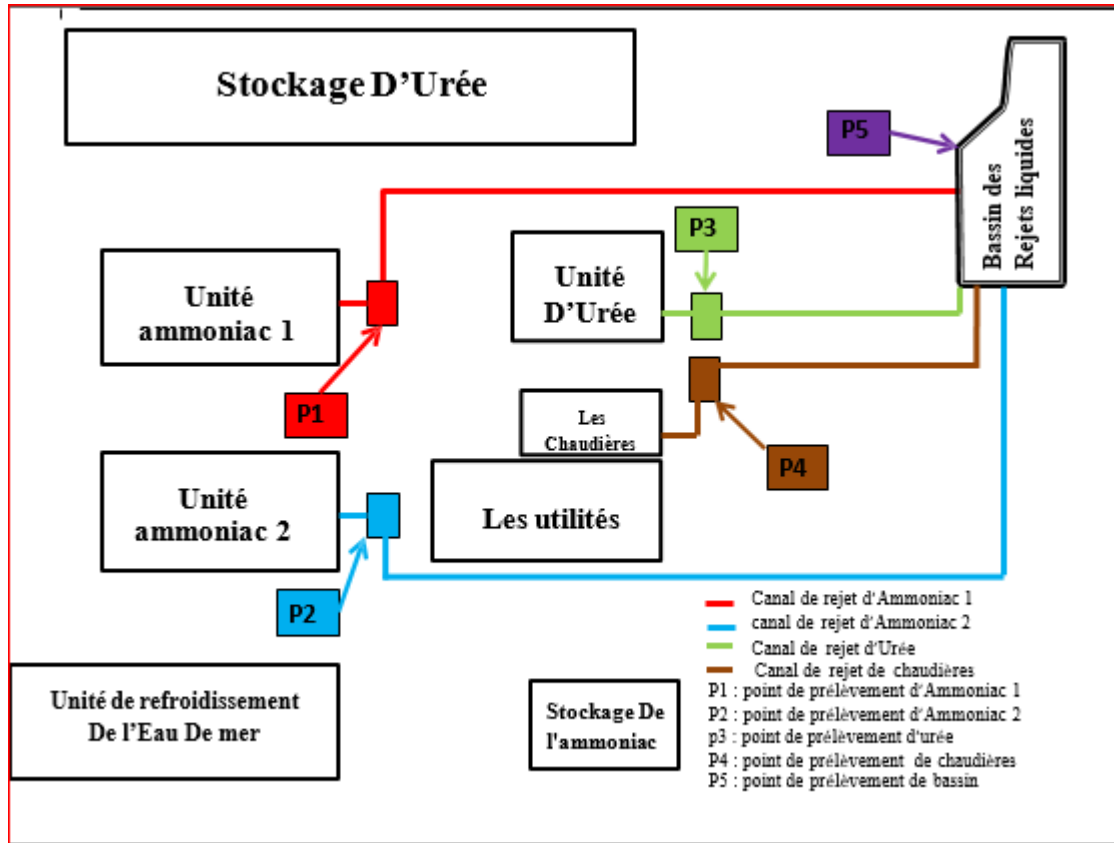


Figure III. 2: Les points de prélèvement des échantillons dans le complexe SORFERT.

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

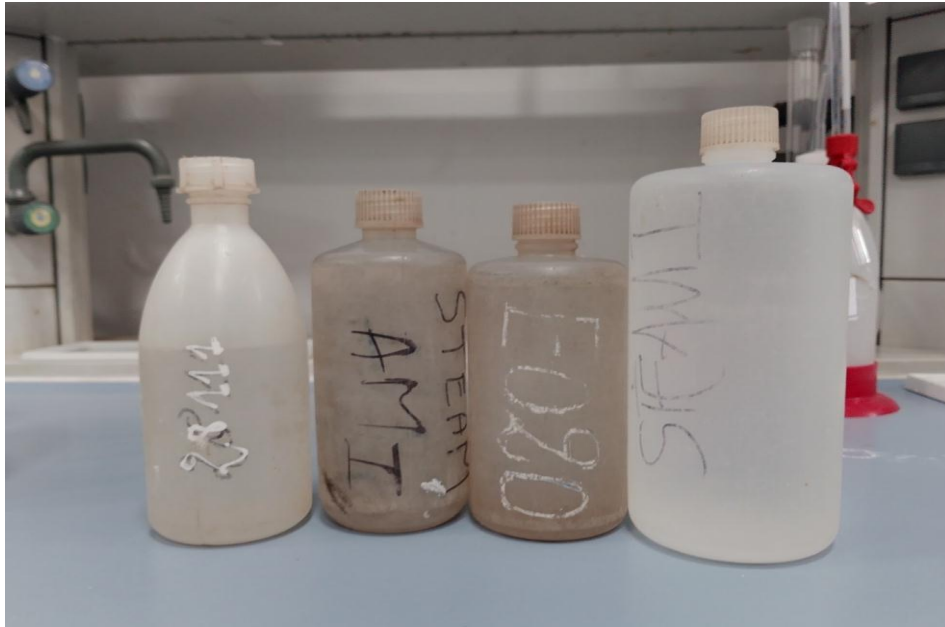
Étant donné l'absence d'une unité de prétraitement dans le complexe, le traitement des rejets liquides à l'entreprise SORFET repose sur la collecte d'échantillons dans un bassin ouvert, comme le montre la **figure III.3**. Selon ces images, lorsque le bassin est plein, le canal s'ouvre automatiquement pour déverser son contenu directement à la mer.



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

**III.4. ANALYSE AU LABORATOIRE**

Après la collecte, les échantillons sont analysés dans le laboratoire, comme illustré dans la **figure III.4**. Dans l'industrie chimique et pétrochimique, le laboratoire joue un rôle crucial en assurant un suivi et un contrôle permanents de la qualité des produits.



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

Nous présentons ci-dessous les divers protocoles d'analyse réalisés sur les échantillons des rejets liquides du complexe.

➤ **Azote total TN<sub>b</sub> 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) [29]**

■ **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 de 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.

➤ **DBO<sub>5</sub> (Demande Biologique En Oxygène)**

- Pour mesurer la DBO<sub>5</sub>, on réalise une première mesure de la concentration en dioxygène d'un échantillon d'eau. On répète cette mesure 5 jours plus tard. La DBO<sub>5</sub> représente la différence entre les deux concentrations mesurée

## III.5. ANALYSES ET INTERPRETATIONS

Nous présentons dans le **tableau (III.1)** les résultats des analyses physicochimiques des rejets liquides effectuées dans le laboratoire au cours de notre stage d'une durée d'un mois (avril).

**Tableau III. 1:** Résultats des analyses 04/2025.

Paramètres	Unités	Résultats d'analyses	Normes
Température	°C	26.4	30
<b>pH</b>	-	<b>8.9</b>	<b>6,5-8,5</b>
Conductivité	µs/cm	5800	/
MES	mg/L	22	35
Phosphates	mg/L	0.9	10
<b>Nitrogène (NTK)</b>	<b>mg/L</b>	<b>65</b>	<b>30</b>
Cyanure	mg/L	<0.02	0,1
Cadmium	mg/L	0.07	0,2
Fer	mg/L	<0.04	3
Etain	mg/L	<0.1	2
Manganèse	mg/L	0.2	1
Zinc	mg/L	0.26	3
Chromate	mg/L	<0.05	/
Aluminium	mg/L	<0.02	3
Fluorure	mg/L	<0.1	15
<b>Phénol</b>	<b>mg/L</b>	<b>0.35</b>	<b>0,3</b>
Cuivre	mg/L	<0.1	0,5
Graisses et huiles	mg/L	4.5	20
Nickel	mg/L	0.37	0,5
Argent	mg/L	<0.2	/
Plomb	mg/L	0.2	0,5
DCO	mg/L	110	120
Hydrocarbures	mg/L	0.8	10
DBO <sub>5</sub>	mg/L	32	35

Le tableau ci-dessus regroupe quelques résultats des analyses physico-chimiques, on remarque qu'il y'a des paramètres hors normes comme la NTK, le pH et le phénol. Ces paramètres peuvent être considérés comme des critères de pollution. A titre d'illustration, pour le mois d'avril, la valeur de nitrogène totale est de 65 mg/L, alors que la norme est dans l'intervalle 30 à 40 mg/L.

La variation des différents paramètres (pH, NTK et Phénol) des rejets durant le mois d'avril sont illustrés dans le **tableau III.2**.

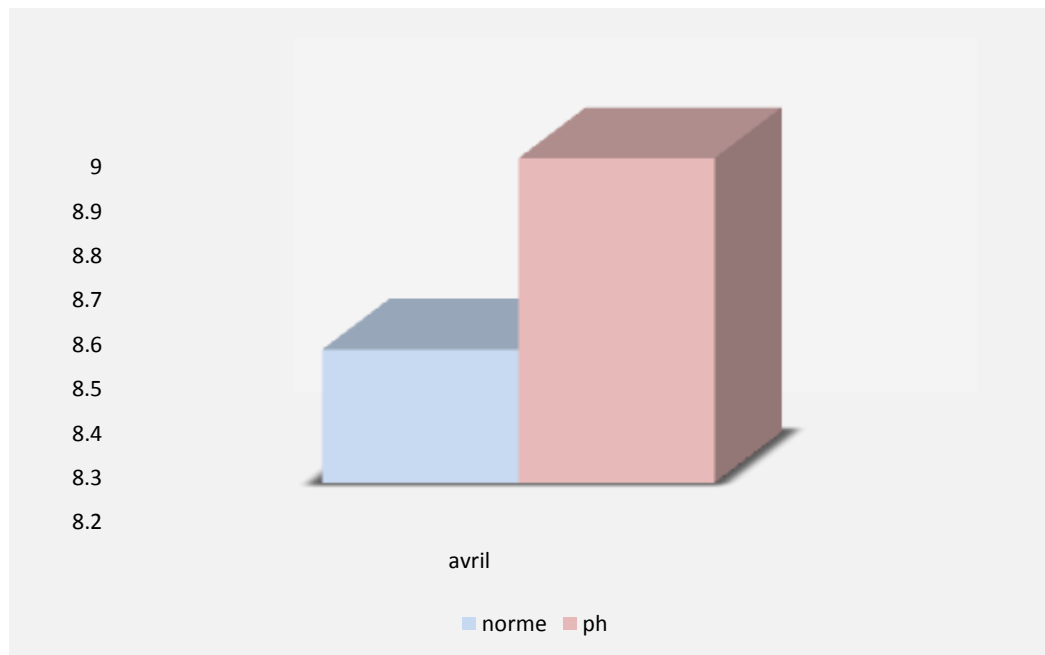
**Tableau III. 2** : Variation de paramètres des rejets liquides

<b>Paramètre</b> <b>Mois</b>	<b>pH</b>	<b>Phénol</b>	<b>NTK</b>
<b>Avril</b>	8,93	0.35	65

Selon les résultats des divers paramètres, nous pouvons démontrer la présence de la pollution. Par la suite, nous illustrons l'évolution des paramètres répertoriés à l'aide d'histogrammes.

## III.5.1.1. Variation de pH

L'évolution du pH durant un mois (avril) est représentée dans la **figure III.6**.



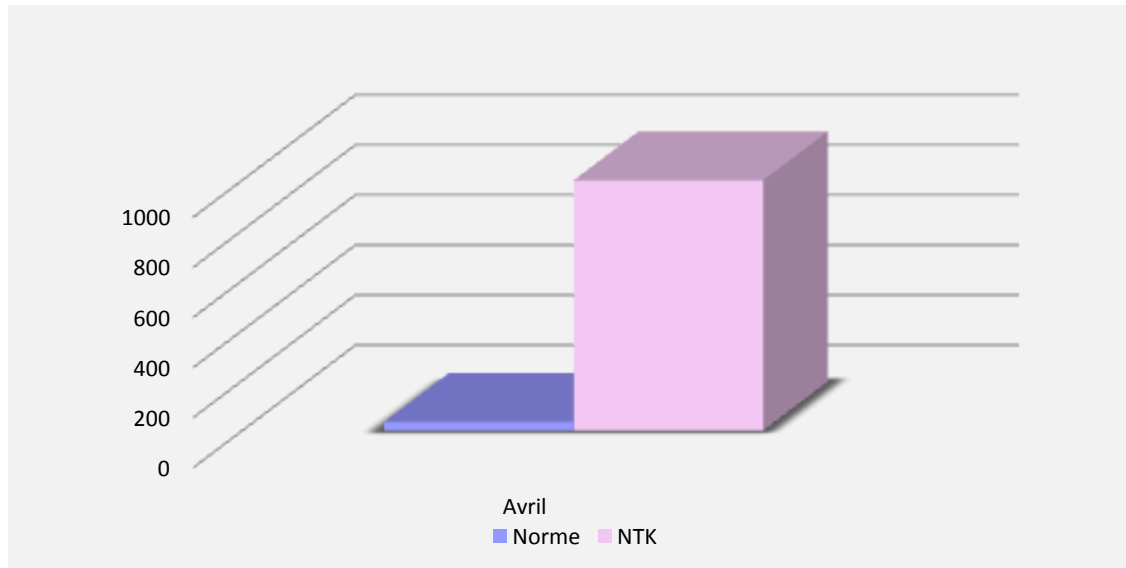
**Figure III. 6:** Histogramme de variation de pH.

➤ **Interprétation**

Pour le résultat d'un 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  $\text{NH}_4^+$  provenant des unités de production d'ammoniac.

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

Le paramètre de l'azote total (NTK) indique la quantité d'azote, qu'il soit minéral ou organique, présente dans les rejets liquides, contribuant ainsi à la consommation d'oxygène dissous dans l'environnement naturel. Les résultats obtenus sont présentés dans la **Figure III.7.**



**Figure III. 7:** Histogramme de variation de l'Azote total.

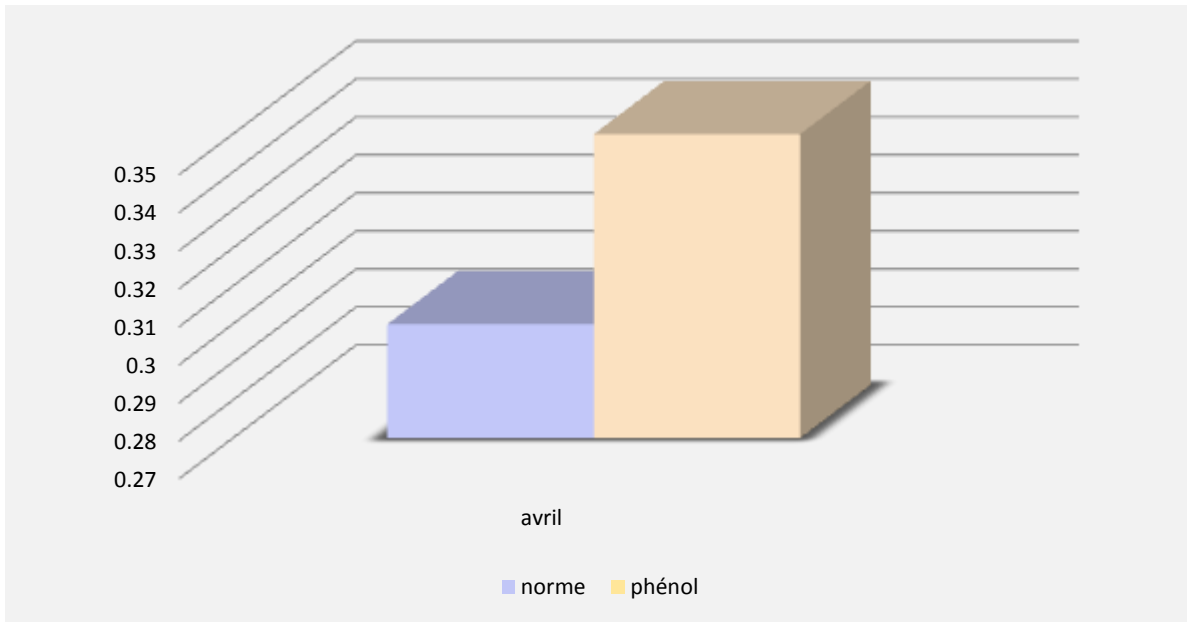
#### ➤ Interprétation

D'après l'histogramme ci-dessus (**figure III.7**), nous remarquons que la valeur de l'azote total est très élevée par rapport à la norme. Sachant que les normes de rejet sont très souvent strictes concernant ce paramètre.

La valeur élevée du NTK du rejet traité est peut être attribuée à la production d'ammoniac et d'urée.

III.5.1.3. Variation de phénol

L'évolution du phénol durant un mois (avril) est représentée dans la **figure III.8**.



**Figure III. 8:** Histogramme de variation de phénol.

➤ **Interprétation**

D'après l'histogramme ci-dessus (**figure III.8**), nous remarquons que la valeur de phénol dépasse la norme. Cela peut être dû au reformage de gaz naturel responsable à la synthèse de l'hydrogène

### III.6. PROBLEMATIQUE

Dans ce mémoire, nous visons à identifier les meilleures solutions économiques pour diminuer le taux de pollution au sein de l'entreprise SORFERT. Selon le secteur industriel, les effluents peuvent revêtir différentes formes. Il peut s'agir d'eaux usées, mais également d'huiles, d'hydrocarbures, de polluants organiques (tels que les colorants, détergents, dérivés nitrés ou chlorés), de métaux ou d'acides minéraux (comme l'acide chlorhydrique, nitrique, sulfurique, etc.) et azotées.

Les caractérisations des effluents réalisées durant un mois de stage (**tableau III.1**) révèlent des informations sur la présence de pollution, notamment les concentrations de contaminants potentiels.

Pour atténuer la pollution identifiée, il est recommandé de traiter ces effluents à l'aide d'installations adaptées, ce qui permettrait de réaliser des économies significatives à long terme. Selon le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> ci-dessous, une épuration biologique ou physico-chimique est suggérée.

### 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 **DBO<sub>5</sub>** mentionnés dans le **tableau III.1** et en calculant la moyenne du rapport R comme suit :

$$R = \frac{DCO}{DBO5} \quad (III.1)$$

$$R = \frac{110}{35} \Rightarrow R = 3.143$$

La valeur de R est de  $2.5 < 3.143 < 3.5$  : donc possibilité de traitement biologique mais avec adaptation des souches

**III.8.1. L'azote dans les eaux usées**

La pollution des eaux usées industrielles par des composés azotiques représente un enjeu majeur. Parmi les contaminants les plus courants figurent l'ammoniaque et l'urée.

**III.8.2. Problématique de la pollution azotée**

Dans la nature l'azote représente le principal composant de la biosphère (environ 79%), ce dernier constitue paradoxalement à l'heure actuelle d'une part un élément principal de la productivité agricole et de l'autre part une des substances principales de nuisance à l'environnement, malgré son appartenance à un cycle naturel très complexe. Il figure parmi les composés d'intérêt prioritaire des lois de protection de l'environnement de la plupart des pays. En effet, la pollution azotée sous toutes ces formes, se justifie par le déversement abusif, direct ou indirect, d'impuretés dérivées de l'azote dans l'atmosphère, dans les eaux naturelles et dans le sol. L'introduction accrue de cet élément dans les différents milieux récepteurs est préjudiciable à la santé humaine, nuisible aux ressources biologiques terrestres comme aquatiques et à l'ensemble des écosystèmes naturels [30].

**III.8.3. Les formes d'azote [31][32]**

- L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NH}_3$ )
- L'azote nitrique (nitrates  $\text{NO}_3^-$ )
- L'azote nitreux (nitrites  $\text{NO}_2^-$ )
- L'azote organique (y compris l'azote uréique)

III.9. TRAITEMENT BIOLOGIQUE DE LA POLLUTION AZOTEE

Le traitement biologique de la pollution azotée vise à éliminer les composés azotés présents dans les eaux usées, principalement l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), afin de limiter leur impact sur l'environnement aquatique et terrestre. Ce traitement repose sur des processus microbiens naturels, organisés en plusieurs étapes clés.

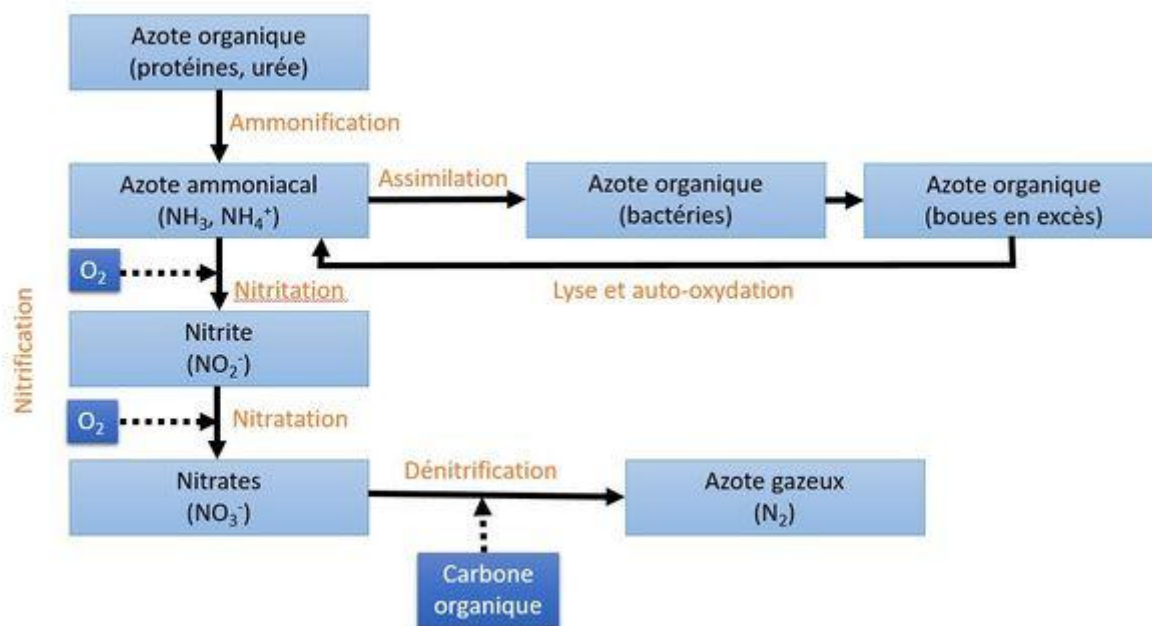


Figure III. 9: Étapes du traitement de l'azote dans une station d'épuration

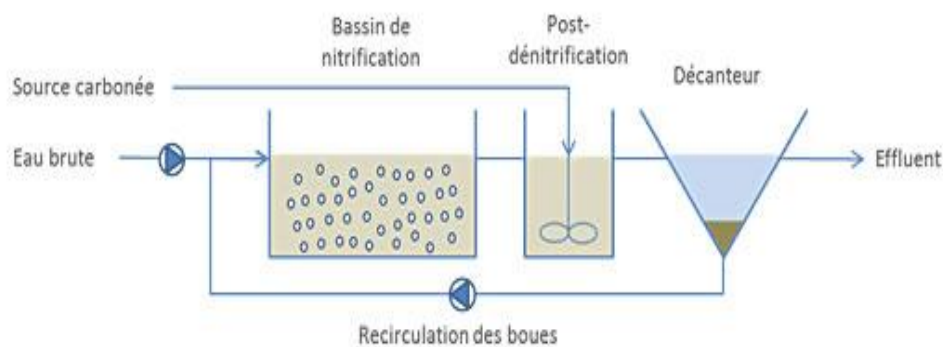
III.10. LES TECHNIQUES DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE D'AZOTE CONTENU DANS LES EAUX USEES [33]

Les eaux usées sont majoritairement traitées par voie biologique dans les stations d'épuration. Celle-ci regroupe l'ensemble des processus qui permettent l'épuration des eaux usées de telles façons que l'eau retrouve sa qualité d'origine après une pollution. Ces techniques utilisent l'activité des bactéries nitrifiantes et dénitrifiantes pour se débarrasser de la pollution azotée. Le traitement biologique conventionnel de l'azote des eaux usées par voie biologique se réalise en deux étapes : oxydation de l'azote ammoniacal par une flore nitrifiante aérobie et réduction du nitrate en azote moléculaire par une flore dénitrifiante en conditions anoxiques. Ces micro-organismes peuvent être utilisés soit en culture libre (Procédés à biomasse libre ou système à boues activées).

### III.10.1. Les Procédés à Biomasse Libre

#### ➤ Les boues activées

L'installation des boues activées dans le traitement des eaux usées ont tout d'abord été conçues pour éliminer successivement les pollutions carbonées et azotées. La boue activée est composée essentiellement de microorganismes floculants, qui sont mélangées avec de l'oxygène dissous et de l'eau usée. Les micro-organismes de la boue activée entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires, ainsi qu'avec l'oxygène, et sont maintenus en suspension.



**Figure III. 10:** schéma général d'une boue activée

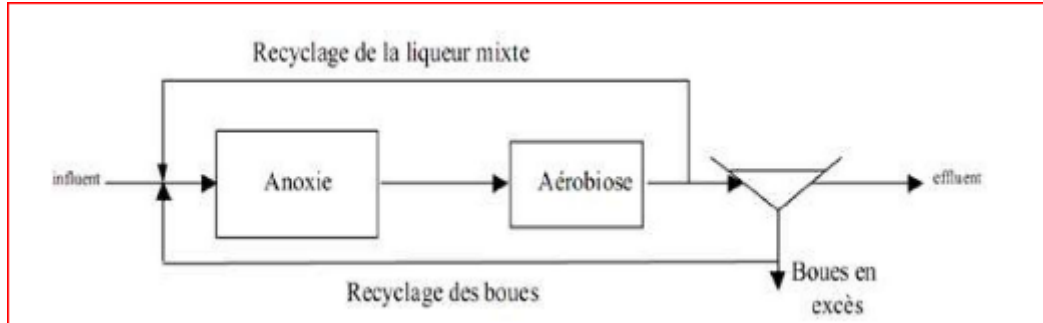
Après le passage par une zone de contact, l'eau usée est admise dans un bassin d'aération contenant la biomasse épuratrice en suspension (boues activées). Le bassin d'aération est équipé d'un système d'aération fonctionnant en discontinu (une dizaine de cycles d'aération par jour). La nitrification s'effectue durant les phases aérobies et la dénitrification durant les phases d'anoxie. Ce procédé nécessite l'ajout d'une source de carbone externe au niveau du bassin de dénitrification (méthanol ou acétate).

Afin d'éviter l'ajout de carbone organique coûteux, Ludzack-Ettinger ont proposé un modèle où la dénitrification utilise le nitrate produit dans la zone aérobie, ce qui nous permet d'éviter l'ajout de carbone supplémentaire.

#### ➤ Le Procède de Ludzack-Ettinger

Ludzack-Ettinger ont proposé un système où la dénitrification utilise le carbone présent dans l'effluent, qui passe successivement dans le bassin anoxique et le bassin aérobie (**Figure III.11**). Le nitrate produit dans la zone aérobie est recyclé pour être dénitrifié dans la zone anoxique.

Dans le cas où l'effluent ne présente pas un rapport DCO/N suffisant pour réaliser une dénitrification complète des nitrates produits, il est alors nécessaire de placer une post-dénitrification après le bassin aérobie avec ou sans ajout de carbone.



**Figure III. 11:** Configuration de Ludzack-Ettinger

Cette configuration a l'avantage d'optimiser l'utilisation de la DCO contenue dans l'effluent et de limiter la déstabilisation de la flore nitrifiante par la croissance des hétérotrophes. Ce modèle a été largement utilisé avec des performances de 85 à 95% d'élimination de l'azote ammoniacal et des concentrations finales inférieures à 10 mg N.L-1 (Cooper 1994).

### III.11. Conclusion

Le traitement biologique de la pollution azotée repose sur des enchaînements de réactions microbiennes permettant de transformer l'azote des eaux usées en azote gazeux inoffensif. L'optimisation de ces procédés nécessite un contrôle précis des conditions opératoires et, dans certains cas, l'ajout de sources de carbone ou la sélection de biomasses spécifiques pour maximiser l'efficacité du traitement

# CONCLUSION GENERALE

## CONCLUSION GENERALE

---

SORFERT Algérie est considéré comme 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.

La synthèse d'ammoniac et d'urée constitue un domaine de recherche très vaste, et revêt une importance économique considérable.

Le but de cette étude consiste à étudier un problème industriel et environnemental en même temps, présenter et discuter les analyses physico-chimique des rejets liquides générés par les processus industriels de l'entreprise SORFERT et de proposer des solutions de traitement adaptées.

Les résultats d'analyses obtenus nous permettent de proposer des solutions en vue d'éliminer l'azote total et le phénol présentent dans les rejets liquides qui provoquent la pollution de l'environnement ainsi que des effets sur la santé des êtres humains.

Pour ce faire, il est crucial de traiter ces effluents à l'aide des installations adaptées, dans une station d'épuration d'eau industrielle dédiée à ce complexe, Il s'appuie sur une étude préliminaire ainsi qu'un suivi des rejets et de leurs analyses, afin de les comparer aux normes en vigueur. Ce qui permettrait de réaliser des économies significatives à long terme.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [1] Manuel de formation de l'unité de dessalement de complexe.
- [2] : RADJAH Sofiane ; 2015 ; rapport de stage ; école national polytechnique ; Alger.
- [3] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-ammoniac-2959/>
- [4] <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/un-nouveau-procede-pour-fabriquer-de-lammoniac-avec-peu-denergie-128265/>
- [5] <https://lelementarium.fr/product/ammoniac/>
- [6] <http://www.lagrandepoubelle.com/wikibis/ecologie/uree.php>
- [7] PIERRE LASZLO, Histoire d'urée, Journal Le monde, 14 juin, 1978.
- [8] <https://youmatter.world/fr/definition/pollution-definition-sources-consequences-sante-environnement-mesures/>
- [9] <https://www.aide.be/epuration/pollution-des-eaux>
- [10] <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/becol/2019/Chap%204%20La%20pollution%20de%20l'EAU.pdf>
- [11] <https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau>
- [12] <https://facmed.univ-constantine3.dz/wp-content/uploads/2022/12/Pollution-des-eaux-naturelles.pdf>
- [13] <https://provencegeoconseils.com/quest-ce-que-les-eaux-usees-domestiques/>
- [14] <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/domest-communautaire-municipal.htm>
- [15] <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quest-ce-que-les-eaux-usees/>
- [16] <https://maji-solutions.com/fr/les-eaux-usees-definition/>
- [17] [http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201\\_LES%20EAUX%20USEES\\_.pdf](http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201_LES%20EAUX%20USEES_.pdf)
- [18] <https://www.h2o-de.com/fr/blog/eaux-usees-industrielles>
- [19] <https://www.micronicsinc.com/fr-ca/filtration-news/what-is-industrial-wastewater/>

- 
- [20] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluents-urbains/origine-et-mode-de-collecte>
- [21] [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary%3AUrban\\_wastewater%2Ffr](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary%3AUrban_wastewater%2Ffr)
- [22] [http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201\\_LES%20EAUX%20USEES\\_.pdf](http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201_LES%20EAUX%20USEES_.pdf)
- [23] <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/>
- [24] <https://cpepesc.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieux-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/>
- [25] M. KHELLADI, cours du module Traitements Physico-Chimique et Biologique, Master 2, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 2023.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] <https://fr.airliquide.com/solutions/traitement-des-eaux/lepuration-des-eaux>
- [29] 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.
- [30] METAHRI M.S. 2012, élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas du STEP est de la ville de Tizi Ouzou, 2012.
- [31] <https://www.velp.com/fr-ww/azote-total-kjeldahl-tn-et-azote-total-tn-differences-et-outils-danalyse.aspx>
- [32] [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/GSP/GLOSOLAN/Capacity\\_development/GLOSOLAN\\_2022\\_online\\_trainings\\_Kjeldahl-Zouahri\\_VF.pptx.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/GLOSOLAN/Capacity_development/GLOSOLAN_2022_online_trainings_Kjeldahl-Zouahri_VF.pptx.pdf)

---

[33] [https://www.memoireonline.com/04/12/5798/m\\_Application-de-la-nitrification-denitrification-dans-le-traitement-des-eaux-usees7.html#toc27](https://www.memoireonline.com/04/12/5798/m_Application-de-la-nitrification-denitrification-dans-le-traitement-des-eaux-usees7.html#toc27)