



Faculty of Sciences and Technology
Department of Process Engineering
Ref :...../U.M/F.S.T/2026

كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم هندسة الطرائق
رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2026

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés

Option: Génie des procédés de l'environnement

Thème

Analyses physico-chimiques et évaluation de la conformité des rejets liquides
industriels du complexe FERTIAL d'Arzew

Présenté par

- 1- MAHMOUDI Sabria
- 2- BOUCHAFA Othmania

Soutenu le 24/06/ 2026 devant le jury composé de :

Président :	BESBES Anissa	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur :	DOUARA Nadia	MCA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	MANSOUR Hafifi Meriem	MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2025/2026

REMERCIEMENTS

Grâce à Allah, le Tout-Puissant et le Très Miséricordieux, qui nous a donné la force, le courage et la volonté nécessaires pour mener ce travail à son terme.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et notre sincère reconnaissance à notre encadreur, **Mme MANSOUR Hafifi Meriem**, Maître de conférences B à l'Université de Mostaganem, pour sa disponibilité, sa générosité en temps, ses précieux conseils et son accompagnement tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique et ses orientations judicieuses nous ont guidés vers la bonne voie.

Nous adressons également nos vifs remerciements à **Mme BESBES Anissa**, Professeure à L'université de Mostaganem, pour avoir accepté de présider le jury et d'avoir honoré notre travail par sa lecture attentive.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à **Mme DOUARA Nadia**, Maître de conférences A à l'Université de Mostaganem, pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail. C'est pour nous un grand honneur.

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.

Nous remercions chaleureusement l'ensemble du personnel du complexe FERTIAL, notamment les responsables, les ingénieurs, les techniciens ainsi que tous les travailleurs, pour leur accueil, leur disponibilité et leur précieuse assistance technique durant la période de notre stage.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre

Profonde gratitude et de notre respect.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, pour leur amour, leurs sacrifices, leur soutien indéfectible et leurs encouragements tout au long de mon parcours universitaire.

À toute ma famille, qui a toujours cru en moi et m'a soutenue dans les moments les plus importants.

À mes amis et collègues, avec qui j'ai partagé de précieux moments durant mes études.

À mon encadrante de mémoire Madame MANSOUR Hafifi Meriem, pour son accompagnement, ses précieux conseils et son soutien tout au long de la réalisation de ce travail.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce mémoire.

Que Dieu accorde à tous santé, bonheur, réussite et succès.

.

Sabria

DEDICACES

Avec une immense gratitude et un profond respect, je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, qui ont toujours été une source d'amour, de soutien et de motivation. Aucun mot ne saurait exprimer ma reconnaissance pour leurs sacrifices et leurs encouragements tout au long de mon parcours.

A ma famille, pour son affection sa confiance et son soutien indéfectible.

A mon encadreur, Mme Mansour Hafifi Meriem, pour sa disponibilité, ses précieux conseils, son accompagnement et ses orientations qui ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

A ma chère collègue, avec qui j'ai partagé les efforts, les défis et les moments marquants de cette expérience académique.

A tous mes enseignants qui ont participé à ma formation et transmis leur savoir avec dévouement.

Enfin, à toutes les personnes qui m'ont soutenue et encouragée, de près ou de loin.

Othmania

Résumé

La préservation des ressources hydriques et la maîtrise des rejets industriels constituent aujourd'hui des enjeux majeurs de protection de l'environnement. Dans ce contexte, le présent travail a porté sur l'évaluation de la qualité des effluents liquides industriels du complexe FERTIAL Arzew à travers l'analyse de leurs principales caractéristiques physico-chimiques. L'objectif de cette étude est d'apprécier le niveau de pollution des rejets industriels, d'évaluer l'efficacité du système de traitement mis en place et de vérifier leur conformité aux normes algériennes en vigueur.

Les échantillons d'eaux usées ont été prélevés au niveau des deux principaux points de rejet du complexe, désignés « Rejet I » et « Rejet II ». Les analyses réalisées ont porté sur plusieurs paramètres physico-chimiques, notamment le pH, la température, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO₅), ainsi que l'Azote total.

Les résultats obtenus montrent que la majorité des paramètres physico-chimiques analysés sont conformes aux exigences réglementaires en vigueur. Toutefois, les concentrations en matières en suspension (MES) dépassent largement la valeur limite fixée à 35 mg/L, avec des teneurs variant entre 380 et 395 mg/L pour le Rejet I et entre 320 et 375 mg/L pour le Rejet II. Ces concentrations élevées peuvent être attribuées à la présence de particules solides et de résidus provenant des procédés de production, ainsi qu'au lessivage continu des installations industrielles. Les dépassements enregistrés pour ce paramètre mettent en évidence la nécessité d'optimiser les étapes de traitement des effluents afin de réduire la charge en matières en suspension, d'améliorer la qualité des rejets et de limiter leur impact sur le milieu récepteur.

Mots-clés : Effluents industriels ; FERTIAL Arzew ; Caractérisation physico-chimique ; MES ; DCO ; DBO₅ ; Traitement des effluents ; Conformité réglementaire.

Abstract

The preservation of water resources and the control of industrial discharges are today major environmental protection challenges. In this context, the present work focused on the assessment of the quality of industrial liquid effluents from the FERTIAL Arzew complex through the analysis of their main physicochemical characteristics. The aim of this study is to evaluate the level of pollution of industrial discharges, assess the efficiency of the treatment system in place, and verify their compliance with current Algerian standards.

Wastewater samples were collected at the two main discharge points of the complex, designated as “Discharge I” and “Discharge II”. The analyses carried out focused on several physicochemical parameters, including pH, temperature, suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), and total nitrogen.

The results obtained show that the majority of the analyzed physicochemical parameters comply with the current regulatory requirements. However, the concentrations of suspended solids (MES)) significantly exceed the limit value set at 35 mg/L, ranging from 380 to 395 mg/L for Discharge I and from 320 to 375 mg/L for Discharge II. These high concentrations can be attributed to the presence of solid particles and residues from production processes, as well as the continuous washing of industrial installations. The recorded exceedances for this parameter highlight the need to optimize wastewater treatment stages in order to reduce the suspended solids load, improve effluent quality, and limit their impact on the receiving environment.

Keywords: Industrial effluents; FERTIAL Arzew; Physicochemical characterization; TSS ; COD; BOD₅; Wastewater treatment; Regulatory compliance.

ملخص

تعد المحافظة على الموارد المائية والتحكم في التصريفات الصناعية اليوم من الرهانات الأساسية لحماية البيئة. وفي هذا السياق، ركز هذا العمل على تقييم جودة التدفقات السائلة الصناعية لمركب فيرتيال أرزيو (FERTIAL Arzew) من خلال تحليل خصائصها الفيزيائية والكيميائية الرئيسية. تهدف هذه الدراسة إلى تقدير مستوى تلوث المصبات الصناعية، وتقييم كفاءة نظام المعالجة المعمول به، والتحقق من مدى مطابقتها للمعايير الجزائرية السارية المفعول.

تم أخذ عينات المياه المستعملة من نقطتي التصريف الرئيسيتين للمركب، واللتين رُمز لهما بـ Rejet I و Rejet II. وشملت التحاليل التي تم إجراؤها عدة معايير فيزيائية وكيميائية، لا سيما: الأس الهيدروجيني pH، درجة الحرارة، المواد العالقة MES، الطلب الكيميائي على الأكسجين DCO، الطلب البيولوجي على الأكسجين خلال خمسة أيام DBO₅، بالإضافة إلى النيتروجين الكلي.

تُظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن غالبية المعايير الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها تتوافق مع المتطلبات التنظيمية سارية المفعول. ومع ذلك، فإن تركيزات المواد العالقة MES تتجاوز بشكل كبير القيمة الحدية المحددة بـ 35 ملغ/لتر، حيث تراوحت القيم بين 380 و 395 ملغ/لتر بالنسبة للمصب الأول Rejet I، وبين 320 و 375 ملغ/لتر بالنسبة للمصب الثاني Rejet II. ويمكن إرجاع هذه التركيزات المرتفعة إلى وجود جزيئات صلبة ومخلفات ناتجة عن عمليات الإنتاج، بالإضافة إلى الغسل المستمر للمنشآت الصناعية. وتؤكد التجاوزات المسجلة في هذا المعيار على ضرورة تحسين مراحل معالجة التدفقات السائلة بهدف تقليل حمولة المواد العالقة، وتحسين جودة المصبات، والحد من تأثيرها على الوسط المستقبل.

الكلمات المفتاحية : التدفقات السائلة الصناعية؛ فيرتيال أرزيو FERTIAL Arzew؛ التوصيف الفيزيائي والكيميائي؛ المواد العالقة MES؛ الطلب الكيميائي على الأكسجين DCO؛ الطلب البيولوجي على الأكسجين DBO₅؛ معالجة التدفقات؛ المطابقة التنظيمية.

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation du Complexe FERTIAL	
I.1.Introduction.....	3
I.2 : Historique :	3
I.3.Situation géographique du complexe :.....	4
I.3. Organisation du complexe FERTIAL.....	4
I.4.Objective et activité du complexe FERTIAL.....	5
I.5. L'eau dans le complexe FERTIAL.....	6
I .6. Les unités de production du complexe FERTIAL	7
I .6.1. Production de l'ammoniac	7
I.6.1.1. Synthèse d'ammoniac :	8
I.6.1.2. phase de production	9
I.6.2. Production d'acide nitrique	11
I.6.2.1. Matière première :.....	11
I.6.2.2. Description détaillée du procédé	11
I.6.3. Production de nitrate d'ammonium :	11
I.6.3.1 : Synthèse de nitrate d'ammonium :	12
I.7.Conclusion	13
Chapitre II :Généralités sur les rejets liquides industriels	
II.1.Introduction :	15
II.2.Les eaux usées industrielles :.....	15
II.3. Les principaux types de pollution liés aux rejets liquides industriels	15
II.3.1.Pollution chimique	16
II.3.2. pollution physique	16
II.3.3. Pollution biologique	17
II.4. La source du rejet liquide au sein de FERTIAL	17
II.4.1. Unités Ammoniac 1 et 2	17
II.4.2. Unités acides nitriques A et B	18
II.4.3.Unités nitrate d'ammonium A et B.....	18

II.5. La classification des rejets liquide par nature:	19
II.6. paramètres physico-chimique des rejets liquides industriels	20
II.7. L'impact environnemental.....	22
II.7.1. Impact sur la faune, la flore et phénomène d'eutrophisation	22
II.7.2. Effet des matières en suspension (MES).....	22
II.8. Normes algériennes relatives à la qualité des rejets liquides industriels	23
II.9. Conclusion	25
Chapitre III :Analyses et résultats	
III.1. Introduction	26
III.2. prélèvements des échantillons d'eau	26
III.2.1. Localisation du point de prélèvement.....	26
III.2.2. précautions et qualité de l'analyse	27
III.3. Les analyses effectuées au laboratoire	27
III.3.1. Détermination du pH	28
III.3.2. Détermination de la température	29
III.3.3. Détermination des matières en suspension (MES)	29
III.3.4. Détermination de l'azote total	30
III.3.5. Détermination des huiles et des graisses	32
III.4. Résultats et discussions	33
III.4.1. Présentation des résultats analytique	33
III.4.2. Résultats d'analyse du pH	35
III.4.3. Résultats d'analyse de la température	36
III.4.4. Résultats d'analyse des matières en suspension (MES)	37
III.4.5. Résultats d'analyse de l'azote total	38
III.4.6. Résultats d'analyse des huiles et des graisses	39
III.5. Conclusion générale	
Conclusion générale.....	42
Références bibliographiques.....	45.

Liste des figures

Figure I. 1: complexe FERTIAL d'ARZEW	3
Figure I. 2: Situation géographique du complexe FERTIAL	4
Figure I. 3: Plan de site	6
Figure I. 4: Bassin eau de mer	7
Figure I. 5: Procédé de synthèse $\text{NH}_3\text{-II}$	10
Figure I. 6: Un échantillon de nitrate d'ammonium	12
Figure II. 1: Pollution chimique	16
Figure II. 2: Pollution physique.....	16
Figure II. 3: Pollution biologique	17
Figure II. 4: Les rejets liquides de (RL1).....	19
Figure II. 5: Les rejets liquides de (RL2).....	20
Figure III. 1 : Les analyses des échantillons au niveau du laboratoire.....	28
Figure III. 2: pH mètre.....	29
Figure III. 3: Appareil de distillation Kjeldahl	32
Figure III. 4: variations du pH au niveau des effluents (Janvier-Mai 2026)	35
Figure III. 5: variation mensuelles de la température au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)	36
Figure III. 6: variation mensuelles du MES au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)....	37
Figure III. 7: variation mensuelles du l'azote total au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)	38
Figure III. 8: variation mensuelles de l'huile et graisse au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)	39

Liste des tableaux

Tableau II. 1: Valeurs limites et seuils de tolérance des paramètres de rejets d'effluents industriels (JORA, 2026).....	24
Tableau III. 1: Résultats des analyses physico-chimiques des effluents pour le mois de Mai 2026 (Période de stage).....	34

Liste des abréviations

FERTIAL : Les fertilisants d'Algérie.

10 I :unité de production d'ammoniac n°01.

10 II :unité de production d'ammoniac n°02.

50 I/II/III :Les unités des utilités.

HTS : section de shift à haute température.

LTS : section de shift à basse température.

MES : Matière en suspension.

MDEA : Méthyl Diethanol Amine.

NINA : des unités nitriques et nitrates.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DBO₅ : Demande biologique en oxygène.

pH : Potentiel hydrogène.

NTK : Azote Kjeldahl totale.

CAN : Calcium Ammonium Nitrate.

Introduction générale

La pollution marine représente l'une des principales préoccupations environnementales dans les zones à forte activité industrielle, notamment au niveau de la zone portuaire d'Arzew. Les rejets liquides générés par les activités industrielles peuvent contenir diverses substances polluantes susceptibles de dégrader la qualité du milieu récepteur lorsqu'ils ne sont pas correctement traités ou contrôlés [1].

L'entreprise FERTIAL, acteur important de l'industrie des fertilisants en Algérie, accorde une attention particulière au suivi et au contrôle des rejets liquides issus de ses unités de production. Afin de limiter leur impact sur l'environnement et de préserver les ressources hydriques, ces rejets doivent être conformes aux normes environnementales en vigueur. L'analyse des paramètres physico-chimiques des effluents constitue ainsi un outil essentiel pour évaluer leur qualité et vérifier leur conformité aux exigences réglementaires [2].

L'objectif de cette étude est d'évaluer la conformité des rejets liquides du complexe FERTIAL aux normes environnementales en vigueur. Cette évaluation repose sur plusieurs opérations essentielles, notamment l'échantillonnage, les analyses physico-chimiques et le suivi des principaux indicateurs de pollution. Parmi les paramètres analysés figurent le pH, la température, les matières en suspension (MES), les huiles et graisses, l'azote total, ainsi que la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO₅). Les résultats obtenus permettent d'apprécier la qualité des effluents et de vérifier leur conformité aux exigences réglementaires en vigueur [3].

Par ailleurs, une gestion efficace des rejets liquides constitue un élément essentiel de la protection de l'environnement. Elle contribue non seulement à limiter les impacts des activités industrielles sur le milieu récepteur, mais également à améliorer les performances opérationnelles grâce à une meilleure maîtrise des flux d'eau et des effluents issus des différentes unités de production.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres.

Le premier chapitre présente le complexe FERTIAL, ses principales unités de production ainsi que son organisation générale.

Le deuxième chapitre est consacré aux généralités relatives aux rejets liquides industriels, à leurs caractéristiques, aux différents types de pollution qu'ils engendrent ainsi qu'à leurs impacts sur l'environnement.

Le troisième chapitre porte sur la méthodologie adoptée pour l'étude, la présentation des résultats obtenus ainsi que leur discussion dans le cadre de l'évaluation des rejets liquides du complexe FERTIAL.

.

Chapitre I :
Présentation du Complexe
FERTIAL

I.1. Introduction

FERTIAL, société des fertilisants d'Algérie, est l'un des principaux acteurs de l'industrie pétrochimique nationale. Spécialisée dans la production de l'ammoniac et des engrais azotés, elle dispose d'un site industriel stratégique situé à Arzew. Grâce à ses unités de production performantes, L'entreprise joue un rôle essentiel dans le développement du secteur agricole national tout en répondant aux exigences des marchés internationaux.



Figure I. 1: complexe FERTIAL d'ARZEW

I.2. Historique

Avant son partenariat avec les Espagnols, FERTIAL, alors connue sous le nom d'ASMIDAL, a lancé en 1971 la construction de l'unité d'ammoniac en collaboration avec la société française Creusot-Loire, utilisant le procédé Kellogg. En juillet 1974, un autre contrat a été signé avec l'entreprise autrichienne Voest-Alpine pour la réalisation des unités d'acide nitrique et de nitrate d'ammonium, ainsi que des installations utilitaires, selon le procédé CHIMICO.

Le complexe dispose d'une capacité de production pouvant atteindre un million de tonnes d'ammoniac par an, répartie entre les sites d'Arzew et d'Annaba. Cette production est destinée à la fabrication de divers engrais azotés et phosphatés, ainsi que d'autres produits chimiques [4].

Depuis juin 2024, FERTIAL est devenue une entreprise entièrement algérienne. En effet, le groupe ASMIDAL, filiale de SONATRACH, a acquis la totalité des parts détenues par le partenaire étranger, plaçant ainsi le complexe sous un contrôle national intégral.

I.3. Situation géographique du complexe

Le complexe FERTIAL s'étend sur une superficie totale de 110 ha et emploie environ 520 travailleurs. Il est situé en bord de mer, sur la plateforme industrielle d'Arzew, à l'ouest d'Oran, entre Arzew et Béthioua. Le site est composé d'une première zone de 90 ha construite en 1970 et d'une seconde zone de 20 ha réalisée en 1984 [5].



Figure I. 2: Situation géographique du complexe FERTIAL

I.3. Organisation du complexe FERTIAL [5]

L'entreprise d'Arzew FERTIAL se compose de plusieurs directions:

- Direction de production.
- Direction de maintenance.
- Direction technique.
- Direction administration.
- Direction ressources humaines.
- Direction finance.
- Direction securities.

Au sein du complexe d'engrais azotés et d'ammoniac, la sécurité est organisée en département et se compose de trois services, à savoir :

- Le service prévention.
- Le service intervention.
- Le service surveillance.

I.4. Objective et activité du complexe FERTIAL [5]

Le complexe FERTIAL a été conçu pour atteindre trois objectifs essentiels :

- Valoriser les hydrocarbures par un traitement local.
- Dégager un surplus pour l'exportation des engrais et de l'ammoniac.
- Satisfaire la demande nationale en matière d'engrais azoté

Et pour réaliser ces objectifs **FERTIAL** dispose de :

- Deux unités de production de l'ammoniac (**10 I, 1 II**) avec une capacité de production de 1000 tonnes/j/unité, suivant deux procédés différents **CHEMICO** et **KELLOGG**.
- Deux unités de production de l'acide nitrique (**20 II A/IIB**) fonctionnant selon le procédé **CHEMICO** et dont la production est de 400 tonnes/j/unité.
- Deux unités de nitrate d'ammonium et CAN 27 (**30 IIA/IIB**).
- Trois centres d'utilités pour le traitement de l'eau de mer et la production d'eau distillée et de vapeur d'eau (**50 I, 50 II, 50 III**).
- Un groupe turbo alternateur pour la production d'énergie électrique.
- Deux unités de stockages et de conditionnement des engrais (**U70I/II**).
- *Un centre pour le stockage d'ammoniac (U80I/II).*
- Un laboratoire pour les analyses chimique et physiques.

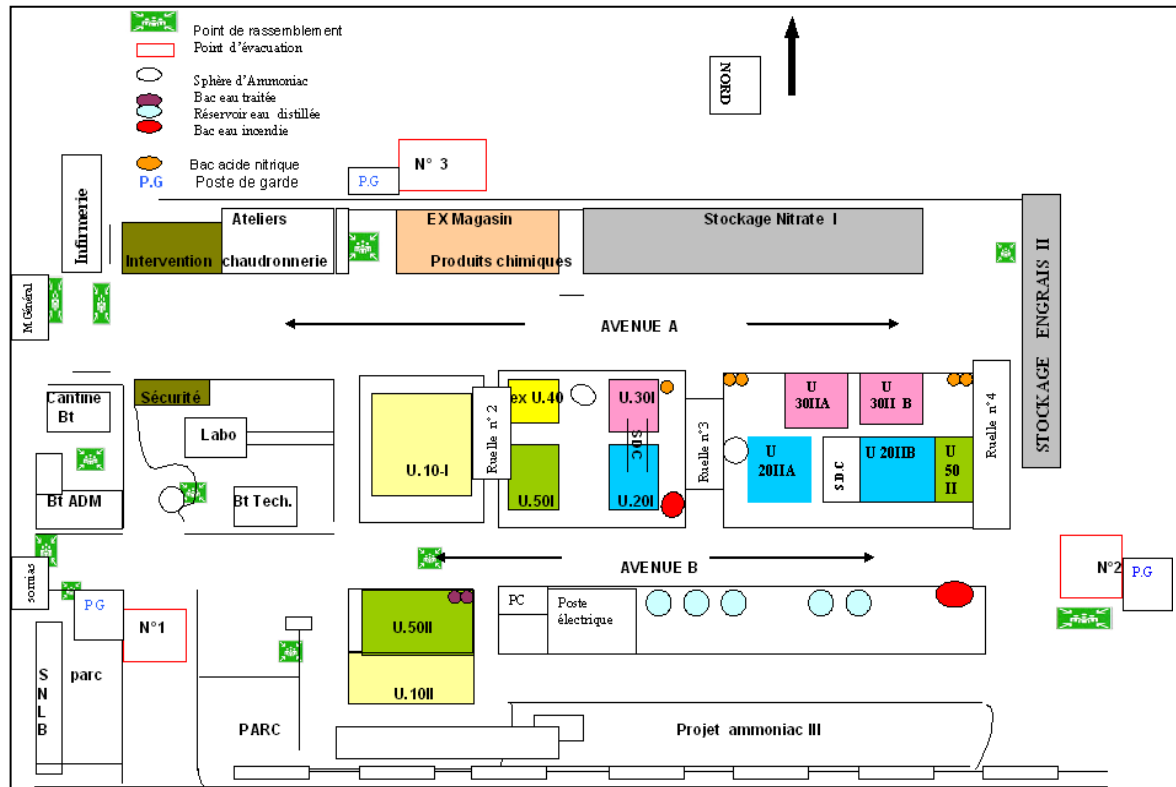


Figure I. 3: Plan de site

I.5. L'eau dans le complexe FERTIAL [6]

L'eau occupe une place importante au sein du complexe FERTIAL. Elle intervient dans la production de l'ammoniac, de l'acide nitrique et du nitrate d'ammonium, ainsi que comme fluide d'échange thermique. En raison de la forte consommation en eau, le complexe FERTIAL est installé au bord de mer afin de pouvoir utiliser cette eau après traitement.

Le complexe possède deux unités :

- ❖ Unité de pompage (U90).
- ❖ Unité de traitement de l'eau de mer (U50 I, U50 II, U50 III)

Ces unités traitent l'eau dont à besoin les différents unités pour leur processus. Ce traitement consiste en la distillation, la déminéralisation, le dégazage et la production de la vapeur et de l'énergie électrique.

➤ Quelque élément qui existe dans l'eau de mer :

- Calcium 22.2 MEQG/1
- Magnésium 75.35 MEQG/1
- Potassium 11.2 MEQG/1
- Bicarbonate 18.12 MEQG/1
- Chlore 5.10 MEQG/1



Figure I. 4: Bassin eau de mer

I .6. Les unités de production du complexe FERTIAL

1. production de l'ammoniac
2. production l'acide nitrique
3. production de nitrate d'ammonium

I .6.1. Production de l'ammoniac

L'ammoniac (NH_3), également appelé hydrogène azoté, est un composé chimique constitué d'un atome d'azote et de trois atomes d'hydrogène. À température ambiante, il se présente sous forme d'un gaz incolore caractérisé par une odeur piquante et facilement détectable. Il est largement utilisé dans l'industrie chimique et constitue une substance importante dans de nombreux procédés industriels [7].

❖ Utilisation :

L'ammoniac est principalement utilisé dans la fabrication des engrais azotés, qui constituent son principal domaine d'application à l'échelle mondiale. Il intervient également dans l'industrie chimique pour la production de nombreux composés azotés nécessaires à différents procédés industriels. En outre, l'ammoniac est utilisé dans les systèmes de réfrigération grâce à ses propriétés thermodynamiques favorables. Ces dernières années, il suscite un intérêt croissant en tant que vecteur énergétique, en raison de sa capacité à stocker et à transporter l'hydrogène. Il est ainsi envisagé pour diverses applications énergétiques, notamment dans la production d'électricité et dans le secteur des transports, contribuant au développement de solutions énergétiques à faible émission de carbone [7].

Le complexe produit **1 000 tonnes par jour d'ammoniac liquide** à partir de matières premières telles que le gaz naturel (GN), la vapeur d'eau et l'air. Pour assurer la production d'ammoniac, FERTIAL dispose de deux unités de production.

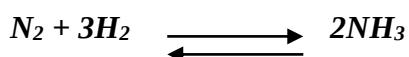
❖ Unité a procédé **CHIMICO** NH₃ I

❖ Unité procédé **KELLOGG** NH₃ II

I.6.1.1. Synthèse d'ammoniac

- Compression du gaz de synthèse purifié.
- Synthèse et réfrigération de l'ammoniac.
- Stockage et distribution de produit.

Le mélange, constitué de l'hydrogène et de l'azote qui se combinent à haute pression à 140 bars, est envoyé à la synthèse qui se fait sur trois lits de catalyseurs avec refroidissement intermédiaire. Les effluents sont refroidis, puis condensés dans un Condenseur à eau pour produire de l'ammoniac suivant la réaction :



L'ammoniac produit dans la section de réfrigération est soumis à une série de détente afin de réduire progressivement sa pression. Les gaz inertes sont continuellement séparés du circuit et recyclés vers le four de reformage, où ils sont utilisés comme combustible. L'ammoniac est ensuite récupéré par des détente successives dans les ballons flash **110F**, **111F** et **112F**. Enfin, l'ammoniac liquide séparé dans le ballon **112F** est acheminé vers le réservoir de stockage [6].

I.6.1.2. phase de production

L'unité d'ammoniac (U10) est la principale du complexe **FERTIAL**, car elle représente seule, la moitié de l'investissement. Elle assure à partir du gaz naturel, de la vapeur d'eau et de l'azote de l'air, comme matières premières, la production de l'ammoniac anhydre liquide pour l'alimentation des unités d'acide nitrique et de nitrate d'ammonium et de stockage.

La production de l'ammoniac dans le complexe **FERTIAL** s'accomplit à haute pression, selon la méthode de reforming **KELLOGG** et dans l'ordre suivant :

- ❖ Compression et désulfuration du gaz naturel.
- ❖ Reforming catalytique du gaz naturel.
- ❖ Conversion du monoxyde de carbone(CO).
- ❖ Décarbonatation du gaz de procès.
- ❖ Synthèse et réfrigération.
- ❖ Stockage [6].

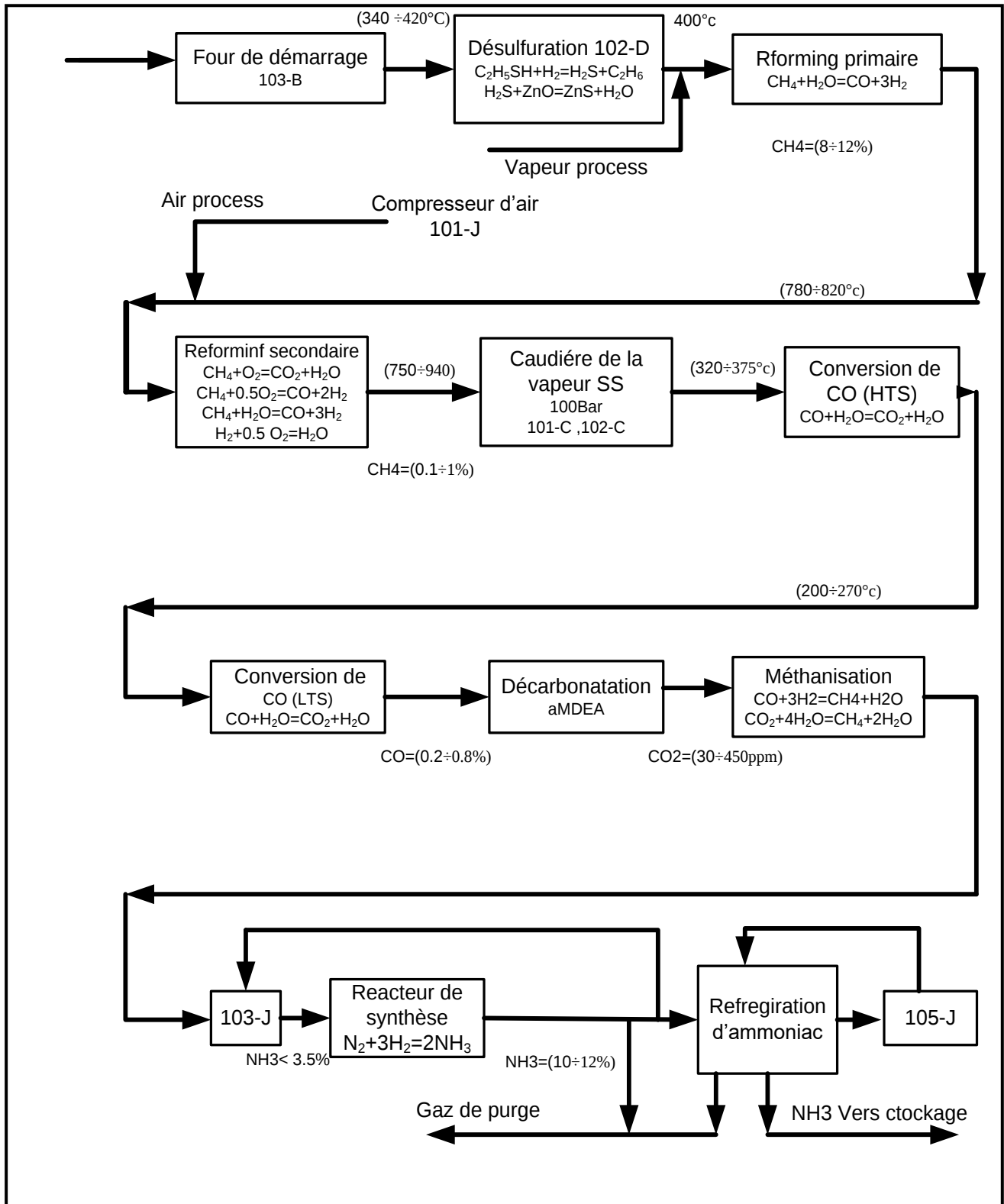


Figure I. 5: Procédé de synthèse NH3-II

I.6.2. Production d'acide nitrique

L'acide nitrique (HNO_3) est un liquide incolore fortement corrosif, d'odeur suffocante caractéristique, miscible à l'eau en toute proportion et plus dense que celle-ci. C'est un acide fort, un puissant agent oxydant et un agent de nitrification. Il est largement utilisé dans l'industrie chimique, notamment pour la fabrication des engrais azotés, qui constituent l'une de ses principales applications industrielles [8].

I.6.2.1. Matière première :

Les matières qui servent à la production d'acide nitrique sont :

- L'ammoniac.
- L'oxygène de l'air.

I.6.2.2. Description détaillée du procédé

Pour la fabrication de l'acide nitrique, **FERTIAL** dispose trois unités fonctionnent selon le procédé **CHIMICO**. L'unité de production d'acide nitrique (U20) se compose de cinq sections :

1. Section de compression de l'air.
2. Section d'évaporation de NH_3 liquide.
3. Section d'oxydation de NH_3 gazeux en NO .
4. Section d'absorption de NO_2 par l'eau.
5. Section de combustion catalytique du gaz de queue [9].

I.6.3. Production de nitrate d'ammonium

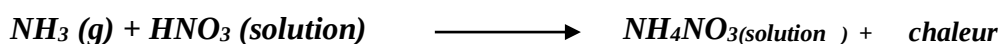
Le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) est un composé chimique constitué d'ions ammonium (NH_4^+) et nitrate (NO_3^-). Il est largement utilisé dans la fabrication des engrais azotés, notamment les ammonitrates, en raison de sa teneur élevée en azote nécessaire à la croissance des plantes. Il constitue également une matière première industrielle utilisée dans certaines applications spécifiques [10].



Figure I. 6: Un échantillon de nitrate d'ammonium.

I.6.3.1. Synthèse de nitrate d'ammonium

La vapeur d'ammoniac surchauffée et l'acide nitrique en solution aqueuse réagissent dans le neutraliseur G101 pour donner le nitrate d'ammonium d'après l'équation :



La chaleur de réaction provoque l'évaporation d'une quantité suffisante d'eau pour atteindre une concentration de nitrate d'ammonium d'environ 87%.

Une partie des vapeurs de tête est utilisé pour vaporiser l'ammoniac et préchauffer d'acide nitrique ; la fraction restante est refoulée à l'atmosphère après passage à travers un condenseur à surface. La solution de nitrate s'écoule vers un réservoir tampon d'où elle est reprise par pompe et envoyée vers le groupe de déshydratation situé au sommet de la tour de granulation.

Les derniers restes d'eau sont éliminés de la solution dans le déshydrateur. Le nitrate concentré s'écoule vers le réservoir de tête d'où il est envoyé vers le pulvérisateur de granulation. Les gouttes de nitrate se solidifient et se transforment en granules en tombant à travers la tour. Ces derniers sont recueillis au bas de la tour et transférés par convoyeur au refroidisseur. Les granules sortant du refroidisseur sont enrobés et envoyés à l'ensachage.

Les résidus de nitrate (refus) sont dissous dans le bac de remise en solution G202 et renvoyés au neutraliseur par l'intermédiaire du filtre de remise en solution p20 [9].

I.7. Conclusion

En conclusion, le complexe FERTIAL d'Arzew constitue un acteur majeur de l'industrie chimique et des fertilisants en Algérie. Toutefois, les activités liées à la production d'ammoniac et d'engrais engendrent des effluents liquides dont la gestion et le contrôle doivent être assurés avec rigueur afin de limiter leurs impacts sur l'environnement.

La présentation du complexe permet ainsi de mieux comprendre l'origine et la nature des rejets étudiés. Cette compréhension constitue une base essentielle pour l'analyse de leurs effets potentiels sur le milieu marin, qui sera développée dans les chapitres suivants.

Chapitre II :
Généralités sur les rejets
liquides industriels

II.1. Introduction

Les rejets liquides industriels représentent l'une des principales préoccupations environnementales associées aux activités industrielles. Ces effluents peuvent contenir diverses substances polluantes susceptibles d'altérer la qualité des milieux naturels, en particulier celle du milieu marin. Ainsi, leur surveillance et leur analyse sont indispensables pour évaluer leur impact potentiel sur l'environnement et vérifier leur conformité aux normes de rejet en vigueur.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents types de pollution, les principales sources des rejets liquides au sein du complexe FERTIAL, ainsi que les paramètres physico-chimiques étudiés pour leur caractérisation et leur évaluation.

II.2. Les eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles regroupent l'ensemble des effluents liquides générés par les activités industrielles et rejetés dans le milieu extérieur après utilisation. Ces effluents proviennent principalement des procédés de fabrication, des opérations de nettoyage des équipements, du transport des matières ainsi que des systèmes de refroidissement.

Selon la nature de l'activité industrielle, ces eaux peuvent contenir différents types de polluants, tels que des matières organiques, des composés azotés, des substances chimiques ou encore des matières en suspension. Leur composition varie en fonction des procédés mis en œuvre et des matières premières utilisées [11].

II.3. Les principaux types de pollution liés aux rejets liquides industriels

Les rejets liquides générés par les activités industrielles peuvent contenir une grande variété de polluants, dont la composition dépend des procédés de fabrication utilisés. Ces polluants sont susceptibles d'altérer la qualité des eaux et de perturber l'équilibre des milieux récepteurs.

Afin de mieux comprendre cette problématique, il est essentiel de distinguer les principaux types de pollution associés aux rejets liquides industriels.

II.3.1. Pollution chimique

La pollution chimique des eaux résulte du rejet de diverses substances minérales toxiques dans les cours d'eau, telles que les nitrates, les phosphates, l'ammoniac, ainsi que d'autres sels et ions métalliques. Ces composés peuvent avoir des effets nocifs sur les organismes vivants et altérer la qualité du milieu aquatique, le rendant ainsi plus dangereuses [12].



Figure II. 1: Pollution chimique

II.3.2. pollution physique

Il s'agit d'une pollution caractérisée par la présence de particules de tailles et de natures variées dans l'eau, lui conférant un aspect trouble. On distingue généralement les matières décantables (plus denses que l'eau), les matières flottantes (moins denses que l'eau) et les matières non séparables, dont la densité est proche de celle de l'eau [12].



Figure II. 2: Pollution physique

II.3.3. Pollution biologique

La pollution biologique provient du développement excessif de micro-organismes ou de végétaux, microscopiques ou macroscopiques, présents dans le milieu. Ce déséquilibre écologique peut entraîner une forte mortalité chez les autres espèces vivantes et perturber le fonctionnement normal de l'écosystème.

Ce phénomène est généralement lié aux activités humaines, notamment l'enrichissement du milieu en nitrates (rejets organiques), la prolifération de virus et de bactéries, l'augmentation de la température des eaux due aux rejets thermiques, ou encore l'introduction d'espèces invasives [12].



Figure II. 3: Pollution biologique

II.4. La source du rejet liquide au sein de FERTIAL

D'après nos constatations, les sources de pollution au sein de FERTIAL sont les unités suivantes :

- Les unités de fabrication d'ammoniac, acide nitrique, de nitrate d'ammonium.
- Les différentes unités de production qui génèrent les effluents sont :

II.4.1. Unités Ammoniac 1 et 2

- Eau de refroidissement (eau de mer).
- Eau de purge des ballons de flash.
- Unité de stripping des condensés acides au moment du démarrage.

- La saumure (eau de mer concentrée en sels) provenant des blocs de distillation d'eau de mer.
- Les purge de déconcentration (eau de chaudières, eau de refroidissement machines, de condensât, purges ammoniacales).
- Les eaux de rinçage acidulées et basiques lors des régénérations des ballons de déminéralisation.
- Les eaux de nettoyage des plateformes.

II.4.2. Unités acides nitriques A et B

- Eau de refroidissement (eau de mer).
- Eau de purge des chaudières.
- Purges des échangeurs de train d'échange.
- Les eaux de nettoyage des plateformes.
- Eau de refroidissements en circuits fermés.

II.4.3. Unités nitrate d'ammonium A et B

- Les eaux de nettoyage des plateformes.
- Purges des pompes ou équipements.
- Condensats basiques.
- Eaux pluviales.
- Eaux sanitaires.
- Effluents de laboratoire.

Ces effluents provoquent une pollution du milieu aquatique que l'on peut classer en plusieurs catégories, que l'écosystème est capable de gérer avec une efficacité variable. Cette classification n'est pas stricte, et dans la pratique, plusieurs types de pollution coexistent souvent et leurs effets se combinent.

Actuellement, de nombreuses études utilisent des approches d'évaluation environnementale afin d'estimer l'impact de la pollution industrielle sur la santé humaine ainsi que sur l'environnement [5].

II.5. La classification des rejets liquide par nature

La classification des rejets liquides repose généralement sur leur nature, leur comportement et leurs effets sur l'environnement. Ainsi, on peut distinguer les catégories suivantes :

Initialement, le complexe FERTIAL disposait de trois canaux de rejets (RL1, RL2, RL3). Après regroupement des effluents, il ne dispose plus que de deux émissaires principaux :

- **RL1 : Rejets de l'unité ammoniac I (NH_3 I), ainsi que ceux des unités acide nitrique et nitrate d'ammonium (NINA)**
- **RL2 : Rejets de l'unité ammoniac II (NH_3 II)**

Ces réseaux collectent également :

- Les eaux pluviales chargées en sédiments.
- Les eaux de lavage chargées en polluants provenant des unités de production.



Figure II. 4: Les rejets liquides de (RL1)



Figure II. 5: Les rejets liquides de (RL2)

II.6. paramètres physico-chimique des rejets liquides industriels

La caractérisation des effluents liquides repose sur l'analyse de plusieurs paramètres physico-chimiques essentiels. Ces indicateurs permettent de quantifier la charge polluante et d'évaluer son impact sur le milieu marin. Les principaux critères retenus sont définis comme suit :

➤ La température

Ce paramètre influence de manière cruciale la solubilité des sels minéraux et des gaz dissous, notamment l'oxygène (O_2), tout en intervenant dans la cinétique des réactions chimiques et la variation du pH. De plus, la température exerce un contrôle physiologique direct sur l'activité métabolique et le développement des communautés microbiennes aquatiques [13].

Le Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH représente l'indicateur quantitatif de l'activité des ions hydronium (H^+) présents au sein d'un milieu aqueux. Ainsi, une matrice est qualifiée d'acide si sa valeur de pH se situe en dessous du seuil de la neutralité 7, tandis qu'elle est considérée comme basique ou alcaline lorsque cette valeur excède [14].

➤ **La conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique est la capacité d'une eau à conduire le courant électrique. Elle dépend de la concentration en ions dissous présents dans l'eau, tels que les cations et les anions. Ainsi, plus la quantité de sels dissous est élevée, plus la conductivité est importante [2].

➤ **La turbidité**

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules organique colloïdales, plancton, organismes microscopiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau [15].

➤ **Matière en suspension (MES)**

Exprimée en mg par litre, ce sont les constituants insolubles de taille supérieure à 1 μm présents dans l'eau. Dans le milieu aquatique récepteur, les MES peuvent provoquer des dysfonctionnements de l'écosystème par une réduction de la transparence de l'eau. Les MES sont responsables de l'envasement et de la diminution de la diffusion de la lumière dans l'eau. Ces particules peuvent être de nature organique et générer les désagréments associés aux molécules [16].

➤ **Les huiles et graisses**

Les huiles et les graisses sont des substances lipidiques d'origine animale, végétale ou minérale présentes dans les eaux usées. Généralement insolubles dans l'eau, elles peuvent se présenter sous forme libre ou émulsionnée. Leur présence constitue un indicateur de pollution et peut perturber les échanges d'oxygène ainsi que les procédés de traitement des eaux usées [2].

➤ **Azote Kjeldahl total (NTK)**

L'azote Kjeldahl (NTK) représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal présents dans un échantillon d'eau. Il ne prend pas en compte les formes oxydées de l'azote, à savoir les nitrites (NO_2^-) et les nitrates (NO_3^-) [2].

➤ **Azote total**

L'azote total correspond à la somme de toutes les formes d'azote présentes dans l'eau. Il comprend l'azote Kjeldahl total (azote organique et azote ammoniacal), ainsi que les formes minérales oxydées, à savoir les nitrites et les nitrates [2].

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

Ce paramètre représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques et minérales oxydables présentes dans l'eau [2].

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

La demande biologique en oxygène pendant 5 jours représente la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau pendant cinq jours [2].

II.7. L'impact environnemental

Les eaux usées industrielles générées par les activités de production constituent une source importante de pollution pour le milieu marin. En effet, les polluants qu'elles contiennent peuvent être dispersés en mer sous l'effet des vagues, des courants et des marées, entraînant ainsi des impacts négatifs sur la faune, la flore et, plus largement, sur l'ensemble de l'écosystème aquatique.

II.7.1. Impact sur la faune, la flore et phénomène d'eutrophisation

L'apport excessif de nutriments et de composés chimiques, tels que l'azote et l'ammoniac provenant des industries de fabrication d'engrais, dans le milieu marin provoque d'importants déséquilibres écologiques. Ce phénomène, connu sous le nom d'eutrophisation, favorise une prolifération excessive d'algues et de micro-organismes, entraînant une diminution de la concentration en oxygène dissous. Il perturbe ainsi les chaînes alimentaires aquatiques et constitue une menace majeure pour la biodiversité des écosystèmes marins côtiers [17].

II.7.2. Effet des matières en suspension (MES)

Les rejets contenant de fortes concentrations de matières en suspension entraînent une augmentation de la turbidité de l'eau de mer. Cette réduction de la transparence limite la pénétration de la lumière solaire, ce qui affecte les processus de photosynthèse des végétaux

marins. De plus, l'accumulation de particules peut obstruer les branchies des organismes aquatiques, altérer leurs fonctions respiratoires et, dans certains cas, provoquer leur asphyxie [18].

II.8. Normes algériennes relatives à la qualité des rejets liquides industriels

La caractérisation des effluents industriels repose sur l'évaluation de différents paramètres physico-chimiques, essentiels pour déterminer leur degré de pollution et en identifier l'origine. Cette démarche permet d'apprécier l'impact potentiel de ces rejets sur l'environnement et de vérifier leur conformité aux exigences réglementaires. Afin de préserver les écosystèmes aquatiques et de protéger les milieux récepteurs contre toute forme de dégradation, les effluents industriels doivent respecter les normes environnementales en vigueur.

En Algérie, la gestion des rejets liquides industriels est régie par une réglementation spécifique. À ce titre, le **Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006** fixe les valeurs limites maximales admissibles ainsi que les seuils de tolérance applicables aux rejets directs d'effluents liquides industriels. Les principales exigences réglementaires prises en considération dans le cadre de cette étude sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II. 1: Valeurs limites et seuils de tolérance des paramètres de rejets d'effluents industriels (JORA, 2026)

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

II.9. Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter les principaux aspects liés à la caractérisation des effluents liquides industriels ainsi que les paramètres physico-chimiques essentiels à leur évaluation. Il a également mis en évidence l'importance du respect de la réglementation environnementale en vigueur, notamment les normes fixées pour limiter l'impact des rejets sur les milieux récepteurs.

L'analyse de ces éléments souligne la nécessité d'un contrôle rigoureux des effluents industriels afin de mieux appréhender leur niveau de pollution et d'assurer la protection des écosystèmes aquatiques.

Dans ce cadre, le chapitre suivant sera consacré à la présentation des méthodes d'analyse, des résultats obtenus ainsi qu'à l'interprétation des différents paramètres étudiés afin d'évaluer le niveau de pollution des effluents industriels et proposer des solutions appropriées.

Chapitre III :
Analyses et résultats

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes analyses réalisées sur les rejets liquides industriels du complexe FERTIAL ainsi que les méthodes utilisées au laboratoire.

Les résultats obtenus permettront d'évaluer la qualité des effluents étudiés et de déterminer leur conformité aux normes environnementales en vigueur. Une interprétation des différents paramètres analysés sera également présentée afin d'identifier le niveau de pollution des rejets industriels.

III.2. prélèvements des échantillons d'eau

Les échantillons prélevés en différents points doivent être représentatifs du milieu étudié. À cet effet, certaines précautions doivent être prises afin que les caractéristiques de l'échantillon correspondent fidèlement à celles du milieu. Il convient notamment d'éviter les zones dites mortes ainsi que les prélèvements trop proches des parois, de la surface ou du fond du lit d'écoulement des rejets. Le prélèvement doit de préférence être réalisé en aval d'une zone de turbulence assurant l'homogénéisation du milieu.

Il est recommandé d'effectuer les prélèvements d'eau dans des flacons en polyéthylène munis de bouchons. Avant tout prélèvement, les flacons doivent être rincés au moins trois fois avec l'eau à analyser. Le transport des échantillons vers le laboratoire doit être réalisé avec soin, en veillant à bien fermer les flacons afin d'éviter toute contamination susceptible de fausser les résultats des analyses [19].

III.2.1. Localisation du point de prélèvement

Les échantillons d'eaux usées industrielles analysés dans le cadre de ce travail ont été prélevés au niveau des deux principaux points de rejet du complexe FERTIAL Arzew, à savoir : « Rejets I » et « Rejets II ». L'analyse simultanée de ces deux points vise à évaluer la charge polluante globale de l'ensemble des effluents rejetés par le complexe.

III.2.2. précautions et qualité de l'analyse

La qualité d'une analyse dépend de plusieurs facteurs

- L'échantillon à analyser, qui doit être bien représentatif
- La conservation de l'échantillon lequel doit préserver l'ensemble de ses propriétés entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse par exemple : pH, CO₂, Température ,...etc.
- La réalisation de la mesure dans les plus brefs délais, généralement dans un délai ne dépassant pas 24 heure
- L'interprétation des résultats, qui dépend de la fiabilité de la méthode d'analyse ainsi que de la compétence des expérimentateurs [19].

III.3. Les analyses effectuées au laboratoire [19]

Les échantillons prélevés ont subi plusieurs analyses au laboratoire du complexe FERTIAL Arzew afin de suivre la charge polluante. Ces analyses ont porté sur les paramètres suivants :

- | | |
|---|---------------------------------|
| ➤ Le pH | ➤ L'Azote total |
| ➤ La température | ➤ Les huiles et graisses |
| ➤ Les MES (matières en suspension) | |

Equipement de protection personnel :

- Tenue de travail
- Blouse de travail
- Chaussures de sécurité
- Lunettes de protection
- Gants anti acide



Figure III. 1 : Les analyses des échantillons au niveau du laboratoire

III.3.1. Détermination du pH

➤ **Principe :**

La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre équipé d'une électrode. Elle repose sur la mesure du potentiel électrochimique lié à l'activité des ions hydrogène (H^+) présents dans l'échantillon [3].

➤ **Mode opératoire:**

- Maintenir la série des flacons contenant les échantillons d'eau à analyser toujours remplis et bien fermés.
- Laisser refroidir les échantillons jusqu'à température ambiante ou provoquer le refroidissement afin de permettre la mesure du pH.
- Rincer trois fois l'électrode et le bécher avec de l'eau déminéralisée.
- Préparer des solutions étalons.
- Si nécessaire, vérifier de l'étalonnage du pH-mètre à l'aide des solution étalons.
- Rincer l'électrode et le bécher avec de l'eau déminéralisée avant et après chaque mesure.
- Remplir le bécher du pH-mètre avec l'eau de l'échantillon à analyser et lance la mesure. Après stabilisation lire la valu affichée sur l'écran du TOUCHCONTROLE [19].



Figure III. 2: pH mètre

II.3.2. Détermination de la température

La température de l'échantillon a été mesurée directement à l'aide d'un thermomètre. Celui-ci a été immergé dans l'échantillon pendant quelques instants jusqu'à la stabilisation de la valeur affichée. La température a ensuite été relevée et exprimée en degrés Celsius (°C). Les mesures ont été effectuées immédiatement après le prélèvement afin d'éviter toute variation de la température de l'échantillon.

III.3.3. Détermination des matières en suspension (MES) [19]

➤ Principe :

Dans le cadre de ce protocole, les matières en suspension (MES) sont définies comme étant les fractions résiduelles insolubles retenues par une membrane filtrante. L'essai consiste à faire passer un volume représentatif de l'échantillon à travers un filtre en fibre de verre d'une porosité nominale de 1 μm , préalablement lavé et déshydraté à 105°C. Après rétention des particules, la membrane subit un séchage à 105°C suivi d'une pesée. La quantification de la masse des matières en suspension est établie en calculant la différence pondérale entre le poids du filtre chargé de résidus secs et son poids initial à vide, le tout rapporté au volume initialement filtré.

➤ **Mode opératoire :**

- Agencer et vérifier l'ensemble du matériel requis pour le prélèvement et la quantification.
- Conditionner préalablement les membranes filtrantes en faisant passer environ 20 ml d'eau pure, puis les soumettre à un séchage à l'étuve à 105°C avant de les laisser refroidir au sein d'un dessiccateur.
- Déterminer avec précision la masse de la membrane conditionnée à l'aide de la balance analytique (poids à vide noté M_1).
- Transférer délicatement le filtre sur le support du système de filtration, puis procéder à la filtration du volume d'échantillon (V).
- Une fois l'opération terminée, extraire la membrane à l'aide d'une pince, la déposer dans une coupelle en aluminium, puis introduire le tout dans l'étuve ajustée à 105°C ± 2°C pour une durée minimale de 6 heures.
- Transférer la coupelle dans un dessiccateur et laisser refroidir pendant au moins deux heures pour stabiliser la température.
- Effectuer la pesée finale de la membrane (notée M_2). L'écart de poids mesuré correspond à la masse exacte des matières solides en suspension.

$$\text{MES (mg/L)} = [(M_2 - M_1) \times 1000] / V$$

Avec :

- M_1 : masse du filtre après conditionnement en mg.
- M_2 : masse du filtre et MES après séchage et refroidissement en mg.
- V : volume de l'échantillon filtré en mL.

III.3.4. Détermination de l'azote total [19]

➤ **Principe**

Le dosage de l'azote global repose sur la conversion de l'ensemble des composés azotés de l'échantillon par minéralisation thermique. Durant cette étape, l'azote organique et l'azote minéral (constituant l'Azote Kjeldahl - NTK) sont transformés en sulfate d'ammonium. Cette réaction s'effectue à chaud sous l'action de l'acide sulfurique concentré, en présence d'un catalyseur spécifique tel que le sulfate de cuivre ou le sélénium.

Le processus chimique se poursuit par la distillation de l'ammoniac en milieu alcalin, suivie d'une phase de réduction des nitrites et nitrates en ammoniac, complétée par une seconde distillation. Enfin, l'ammoniac libéré est quantifié avec précision par volumétrie.

➤ **Mode opératoire**

- Préparation du matériel de prélèvement des échantillons, les flacons doivent être bien rincés à l'eau déminéralisée.
- Rincer trois fois avec de l'eau déminéralisée les tubes pour appareil Kjeldahl.
- Se rendre sur les lieux des prélèvements en utilisant le véhicule.
- Prélèvement des échantillons des différents repères (canaux des rejets et bassins d'aspiration).
- De retour au laboratoire, introduire une aliquote de 50ml de l'échantillon à analyser avec une pipette dans un tube pour appareil Kjeldahl ; et ajouter 2g du mélange catalyseur (le mélange est de 100g sulfate de potassium broyer et homogénéiser avec 2g de sélénium).
- Ajouter 6 ml d'acide sulfurique et quelques billes de verre pour éviter les soubresauts, lancer la minéralisation dans la rampe de chauffage électrique.
- Retirer le tube du minéralisateur et laisser refroidir.
- Introduire dans le tube de Kjeldahl successivement, 5ml d'éthanol et 0,2g de Di-Potassium hydrogène Ortho phosphate Tri hydraté et 2,0g d'alliage de Dewarda.
- Fixer le tube sur l'appareil Kjeldahl et lancer la distillation.
- Sélectionner la méthode correspondant au dosage de l'azote total dans les rejets.
- Le résultat est affiché directement sur l'écran, l'enregistrer sur les supports appropriés (registre, support informatique).
- En cas d'écart par rapport à la norme, il faut rapidement procéder à un autre prélèvement d'échantillon en prenant toutes les précautions nécessaires.
- Répéter toutes les séquences des opérations d'analyses pour le deuxième échantillon.
- Si l'écart persiste, informer les responsables de structure environnement.
- En cas de besoin augmenter la fréquence des analyses pour permettre aux exploitants de suivre les évolutions.



Figure III. 3: Appareil de distillation Kjeldahl

III.3.5. Détermination des huiles et des graisses [19]

➤ Principe

Le but de cette expérience est de mesurer la concentration des huiles et des graisses totales dans notre échantillon d'eau. Pour cela, on doit d'abord acidifier l'eau, puis on réalise une extraction liquide-liquide en utilisant un solvant organique, le chloroforme.

➤ Mode opératoire:

Dans une ampoule à décanter de 250 ml, mettre les réactifs dans l'ordre suivant :

- Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser dans une ampoule à décanter puis ajouter 20 ml de chloroforme en trois portions, à chaque ajout fermer le robinet et agiter.
- Ouvrir le robinet pour le dégazage. Laisser décanter la solution. Filtrer la solution sur un papier filtre N°1 en récupérant la phase organique dans un cristalliseur déjà pesé soit P_1 .

- Procéder à l'évaporation du chloroforme sous la hotte en mettant le cristalliseur sur la plaque chauffante réglée à une température d'environ 50°C. Mettre le cristalliseur dans une étuve réglée à 105°C pendant 5 minutes ensuite refroidir le cristalliseur dans un dessiccateur et peser, soit P_2

Expression des résultats :

Pour calculer la concentration en huiles et graisses totales (ou minérales), on utilise la formule suivante :

$$\text{Huile et graisse (mg/L)} = [(P_2 - P_1) \times 1000] / P_e$$

Avec :

- P_1 : poids du cristalliseur vide (en grammes g).
- P_2 : poids du cristalliseur plein après séchage (en grammes g).
- P_e : prise d'essai (en grammes g).

III.4. Résultats et discussions

Dans cette partie, nous présentons les résultats des analyses physico-chimiques effectués sur les effluents des deux points de rejet (**Rejets I** et **Rejets II**) du complexe **FERTIAL Arzew**. Ces données seront comparées aux normes algériennes réglementaires et interprétées afin d'évaluer la qualité de ces rejets.

III.4.1. Présentation des résultats analytique

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés au niveau du laboratoire afin d'évaluer la charge polluante des effluents industriels :

Tableau III. 1: Résultats des analyses physico-chimiques des effluents pour le mois de Mai 2026 (Période de stage).

paramètres	Unité	R (I)	R (II)	Normes
pH	/	8,3	8,4	6,5 – 8,5
Température	°C	25	24	30
MES	mg/L	395	373	35
Huiles graisses	mg/L	17,55	15,34	20
Azote total	mg/L	11,95	9,33	30

Ce tableau présente les résultats obtenus lors de notre stage effectué au mois de mai 2026. Afin d'élargir l'étude et de permettre une comparaison plus approfondie des données, une analyse graphique détaillée est proposée ci-après, retraçant l'évolution mensuelle des différents paramètres sur une période allant de janvier à mai 2026. Il convient de noter que l'ensemble des paramètres étudiés est conforme aux normes en vigueur, à l'exception des matières en suspension (MES), qui présentent un dépassement des valeurs réglementaires.

III.4.2. Résultats d'analyse du pH

Les variations mensuelles du pH enregistrées pour les deux points de contrôle (R I et R II) sont regroupées graphiquement sur la **figure (III.4)**

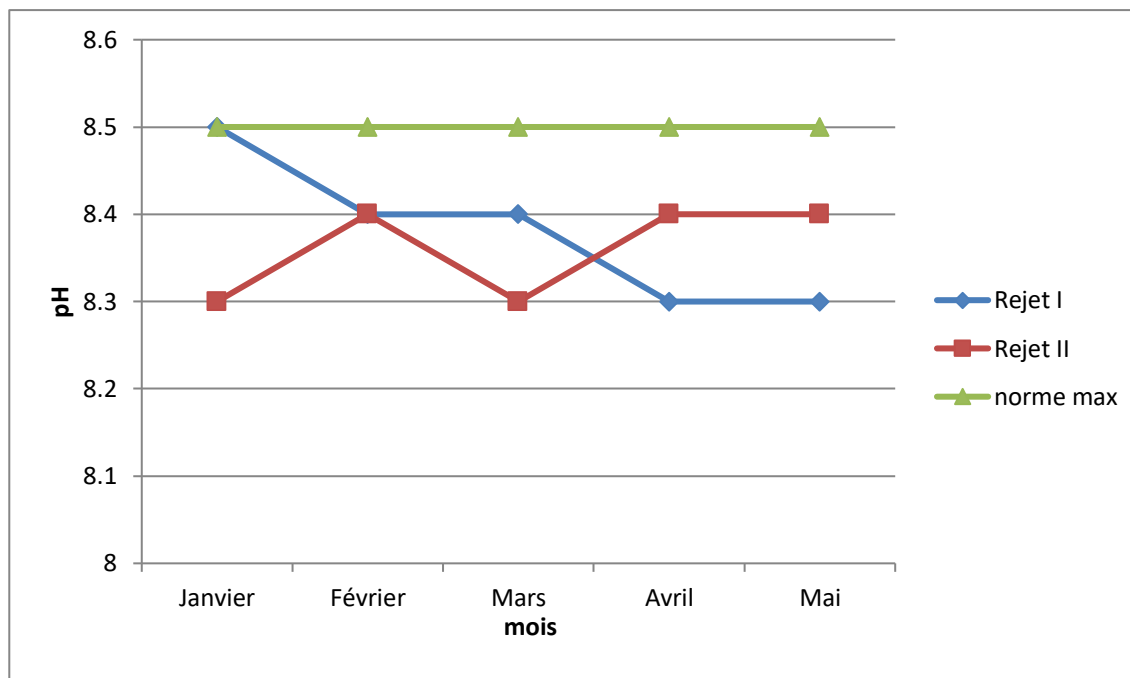


Figure III. 4: variations du pH au niveau des effluents (Janvier-Mai 2026)

Le PH des rejets varie de 8,30 à 8,50 pour le Rejet (I) et de 8,30 à 8,40 pour le Rejet (II) (Figure III.4), montrant une grande stabilité sur cinq mois. Cette alcalinité modérée s'explique par la présence de traces de composés ammoniacaux (base faible) provenant des unités d'ammoniac et de nitrate d'ammonium du complexe FERTIAL.

Le suivi du pH est capital pour le contrôle des effluents industriels, car toute variation excessive perturbe le biotope et la vie aquatique du milieu récepteur.

Généralement, le pH du complexe ne s'écarte pas des normes nationales préconisées (6,5-8,5), ce qui atteste de l'efficacité du système de neutralisation et de traitement interne de l'usine.

III.4.3. Résultats d'analyse de la température

La figure (III.5) représente l'évolution mensuelle de la température des effluents au niveau des deux points de contrôle (Rejet I et Rejet II) :

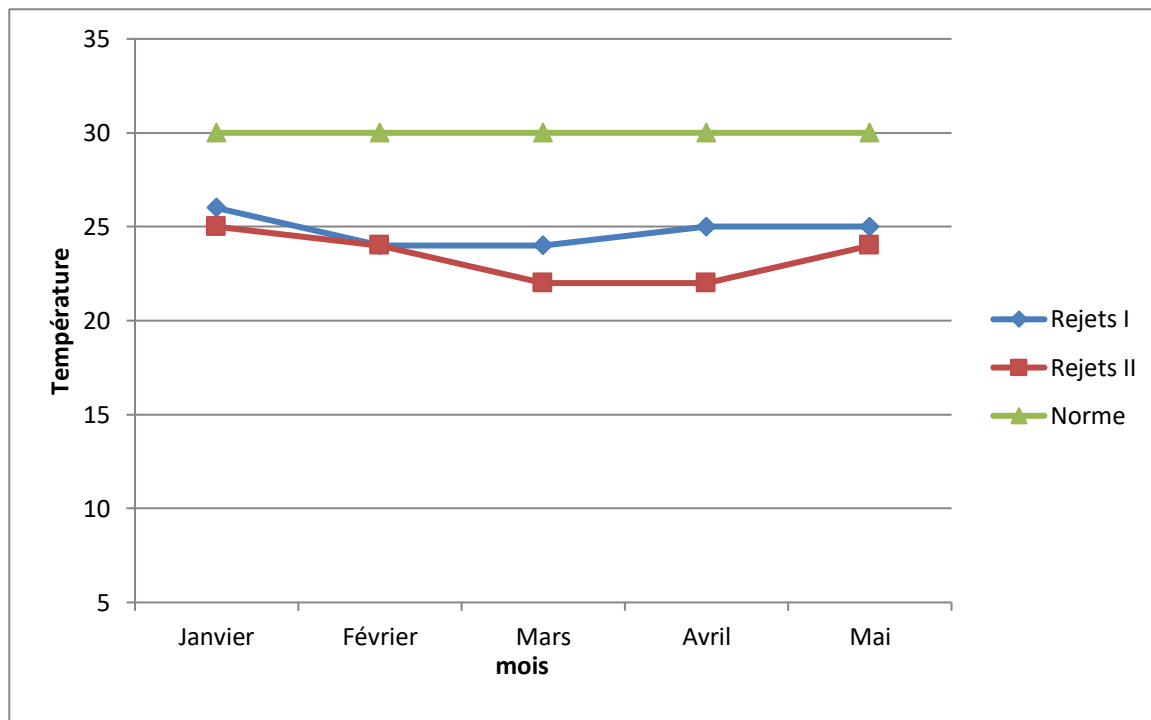


Figure III. 5: variation mensuelles de la température au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)

Les valeurs enregistrées affichent une grande stabilité, oscillant entre 24°C et 26°C pour le Rejet (I) et entre 22°C et 25°C pour le Rejet (II). Ces températures modérées découlent directement des opérations de refroidissement des installations industrielles du complexe FERTIAL. Le suivi de température est capital, car tout rejet thermique excessif réduit solubilité de l'oxygène dissous, ce qui menace la faune aquatique et déséquilibre l'écosystème récepteur.

L'analyse des données indique que l'ensemble des valeurs reste strictement inférieur au seuil limite de 30°C. Les effluents de FERTIAL présentent donc une conformité totale avec la réglementation nationale en vigueur, écartant tout risque de pollution thermique.

III.4.4. Résultats d'analyse des matières en suspension (MES)

La figure (III.6) représente l'évolution mensuelle des teneurs en matières en suspension (MES) des effluents au niveau des deux points de contrôle (R I et R II) :

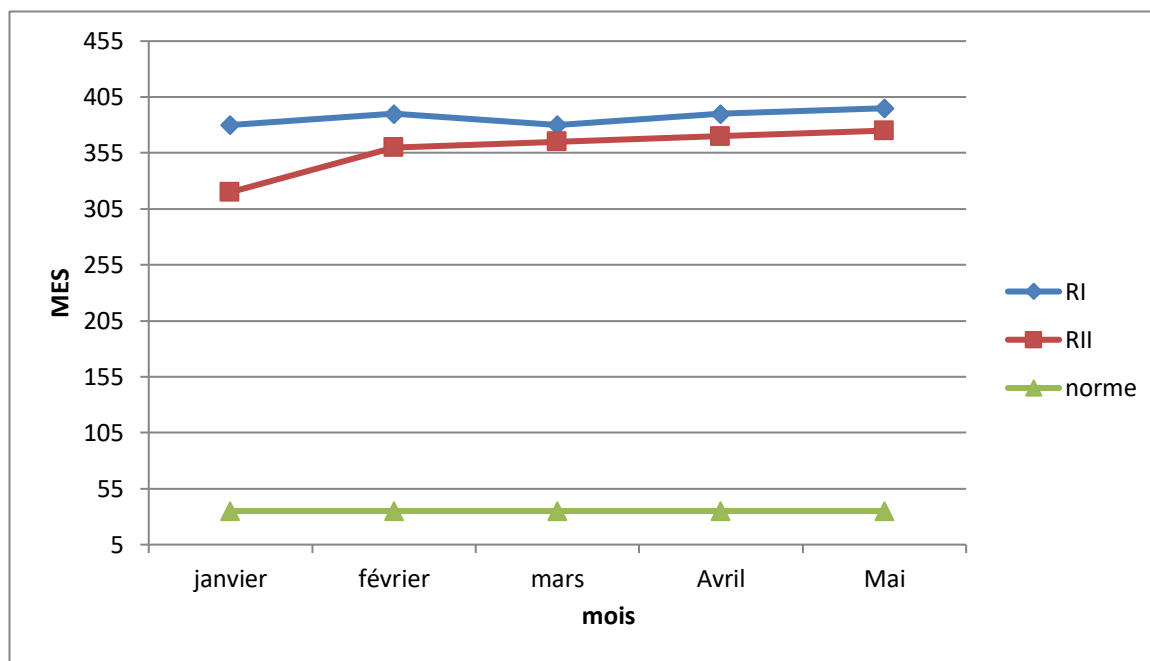


Figure III. 6: variation mensuelles du MES au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)

Les résultats des analyses montrent que les eaux rejetées par le complexe sont très chargées en MES, dépassant largement la norme de 35 mg/L durant tous les mois de suivi. Les concentrations oscillent entre 380 et 395 mg/L pour rejet (R I) et entre 320 et 375 mg/L pour le rejet (R II) (figure III.6).

Ces valeurs élevées sont directement liées aux caractéristiques des eaux de procédé, au lessivage continu des installations, ainsi qu'à la présence de particules fines et de résidus insolubles provenant des circuits de production du complexe FERTIAL. De plus, l'introduction directe des eaux pluviales chargées en sédiments et en poussières des plateformes dans le réseau de collecte commun amplifie considérablement la charge globale en matières en suspension au niveau du canal de rejet final.

La présence de ces MES dans les rejets industriels engendre des conséquences négatives sur le milieu marin. En effet, l'augmentation de la turbidité de l'eau diminue la pénétration des rayons solaires, ce qui ralentit le processus de photosynthèse. De plus, la sédimentation

de ces particules solides peut affecter les organismes benthiques et contribuer à la dégradation de la qualité du milieu récepteur.

III.4.5. Résultats d'analyse de l'azote total

La figure (III.7) représente l'évolution mensuelle des teneurs en azote total des effluents au niveau des deux points de contrôle (Rejet I et Rejet II) :

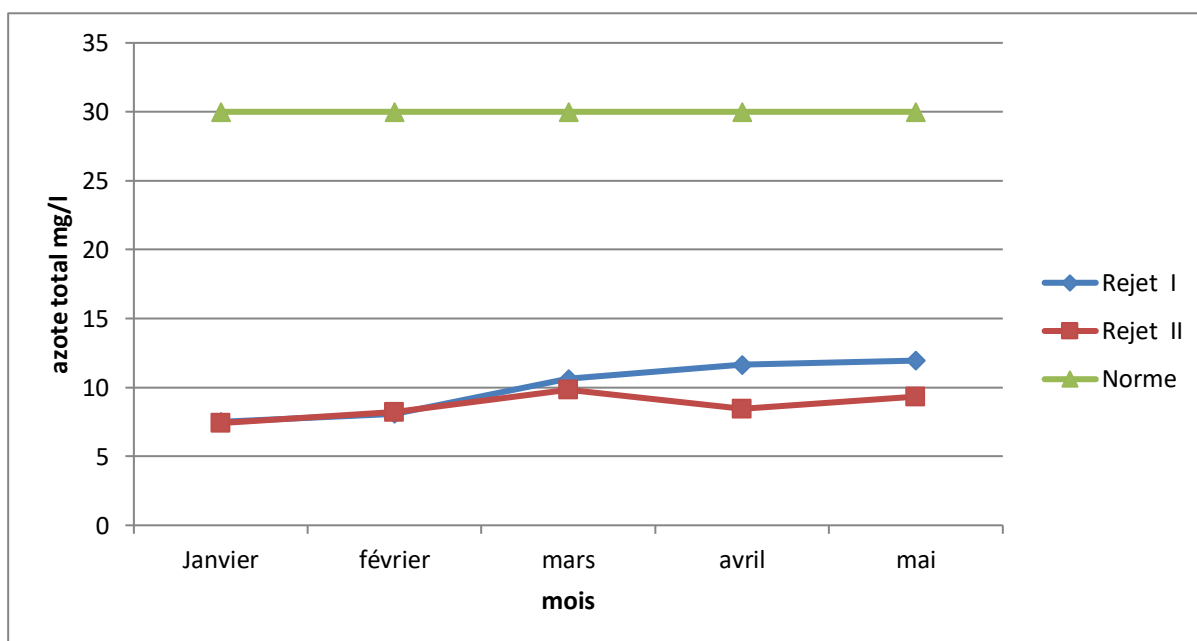


Figure III. 7: variation mensuelles du l'azote total au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)

Les résultats montrent que les concentrations restent faibles et stables, oscillant entre 7,51 et 11,95 mg/L pour le Rejet I et entre 7,42 et 9,83 mg/L pour Rejet II. Cette faibles charge s'explique par l'efficacité des procédés internes de récupération du complexe FERTIAL, notamment l'unité de stripping de l'ammoniac, qui permet de réduire la charge azotée des effluents avant leur rejets Sur le plan environnemental, le maintien de ces valeurs est important afin de limiter les risques d'eutrophisation du milieu récepteur, dont les mécanismes ont été détaillés précédemment. L'analyse des résultats indique que l'ensemble des teneurs enregistrées demeure inférieur à la valeur limite réglementaire de 30 mg/L. Par conséquent, les effluents industriels du complexe FERTIAL sont conformes à la réglementation en vigueur pour ce paramètre.

III.4.6. Résultats d'analyse des huiles et des graisses

La figure (III.8) représente l'évolution mensuelle des teneurs en huiles et des graisses des effluents au niveau des deux points de contrôle(R I et R II) :

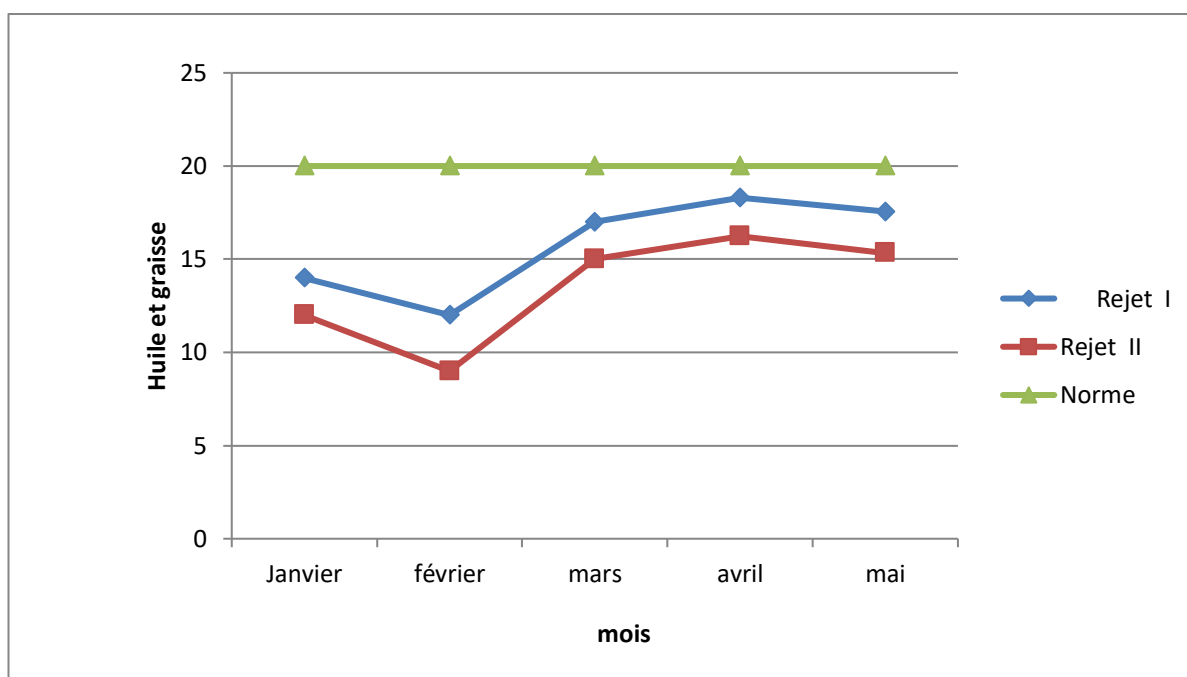


Figure III. 8: variation mensuelles de l'huile et graisse au niveau des effluents (Janvier- Mai 2026)

Les huiles et graisses, ayant pour origine les appareils de pompage et de compression, peuvent contaminer les effluents liquides générés en aval des procédés de fabrication des engrais minéraux. Les résultats d'analyse des huiles et graisses dans les eaux usées de FERTIAL (figure III.8) montrent que ces substances grasses varient entre 12 et 18,3 mg/L pour le Rejet (I) et entre 9 et 17,55 mg/L pour le Rejet (II).

Il ressort de cette évaluation quantitative que ces substances sont présentes à des concentrations relativement faibles et sont donc inférieures à la norme en vigueur en Algérie, à savoir 20 mg/L. Dans ces conditions, les effluents du complexe FERTIAL sont conformes au regard de ce paramètre ; selon la norme considérée.

III.4.7. Résultats d'analyse DCO et DBO₅

Les valeurs de la DCO et de la DBO₅ ont été fournies par le complexe FERTIAL sur la base d'analyses réalisées par un laboratoire externe agréé. Les résultats obtenus montrent des valeurs de DCO de 25mg/L pour le Rejet I et de 20 mg/L pour le Rejet II. Concernant la DBO₅, les concentrations enregistrées sont respectivement de 14 mg/L et 12 mg/L. Cette faible charge s'explique par la nature de l'activité industrielle du complexe FERTIAL, axée principalement sur la production d'engrais minéraux (azote et ammoniac) qui ne génère pas de sous-produits carbonés ou de matières organiques. De plus, l'absence de raccordement des eaux usées domestiques (vanne) à ce réseau de rejet industriel contribue au maintien de ces faibles teneurs. Ces valeurs demeurent inférieures aux limites réglementaires en vigueur, ce qui traduit une faible charge en matière organique biodégradable et oxydable dans les effluents étudiés. Les rejets du complexe FERTIAL présentent ainsi une conformité vis-à-vis de ces deux paramètres.

III.5. Conclusion

A la fin de ce chapitre, nous avons pu analyser les eaux usées industrielles du complexe FERTIAL et évaluer leur impact sur l'environnement. De manière générale, les résultats montrent que la majorité des paramètres physico-chimiques sont conformes aux normes, ce qui indique un bon fonctionnement du système de traitement.

Cependant, un dépassement des matières en suspension (MES) a été observé, et constitue le principal problème identifié dans cette étude. Cela montre qu'il reste nécessaire de proposer des améliorations et des solutions correctives, qui seront présentées dans la conclusion générale.

Conclusion générale

L'étude menée sur les rejets de l'unité de production d'ammoniac de FERTIAL a permis de réaliser une caractérisation physico-chimique complète des effluents liquides. L'ensemble des paramètres analysés, notamment le pH, la température, l'Azote total, les huiles et les graisses, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), sont conformes aux normes environnementales en vigueur.

Cependant, les résultats ont révélé un dépassement des normes uniquement pour les matières en suspension (MES), avec une valeur supérieure à 35 mg/L. Cette situation traduit une teneur élevée en particules solides dans les rejets, qui peut être attribuée à des résidus issus du procédé de production, à une insuffisance du traitement de clarification, ou encore à une efficacité limitée des systèmes de décantation existants.

Bien que les autres paramètres soient maîtrisés, la présence excessive de MES représente un risque environnemental non négligeable, notamment en termes de turbidité des eaux réceptrices, de perturbation des écosystèmes aquatiques et de dégradation de la qualité globale du milieu.

Ainsi, il est essentiel de renforcer le traitement des rejets afin de réduire efficacement la concentration des matières en suspension et garantir une conformité totale aux normes environnementales.

Pour remédier à ce dépassement, plusieurs solutions de traitement peuvent être envisagées :

1. Décantation primaire améliorée

- Installation ou optimisation de bassins de décantation
- Augmentation du temps de séjour hydraulique
- Réduction de la vitesse d'écoulement pour favoriser la sédimentation des particules

2. Coagulation floculation

- Ajout de coagulants (ex : sulfate d'aluminium, chlorure ferrique)
- Formation de floccs plus lourds pour faciliter leur séparation
- Étape très efficace pour les MES fines et colloïdales

3. Filtration

- Filtration sur sable ou filtres multicouches
- Utilisation de filtres à charbon actif si nécessaire
- Permet une élimination complémentaire des particules résiduelles

4. Optimisation du traitement existant

- Maintenance régulière des équipements
- Contrôle du pH pour améliorer l'efficacité de coagulation
- Suivi continu des MES en sortie

La mise en œuvre de ces mesures permettrait de réduire significativement la charge en MES et d'assurer une conformité totale des rejets, garantissant ainsi une meilleure protection du milieu marin récepteur.

Références bibliographiques

- [1] : Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Directives relatives à la qualité de l'eau, Genève, 2017.
- [2] : Rodier J, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9^e édition, Dunod, Paris, 2009.
- [3] : Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement Algérien, Normes algériennes des rejets d'effluents industriels, Algérie.
- [4] : SEBBANE CHAHINEZ , SOLTANE BENALLOU AHLAM ; 2019 ; étude du rendement de la production d'ammoniac au complexe FERTIAL d'Arzew ; mémoire de fin d'étude ; université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem.
- [5] : TEHARI HAFIDA MARWA , CHEHRI IKRAM ; 2020 ; gestion des rejets liquides conformément a la réglementation algérienne applicable au sein du complexe FERTIAL d'Arzew ; mémoire de fin d'étude ; université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- [6] : FERTIAL, Manuel de la formation de production de l'ammoniac, document interne du complexe d'Arzew.
- [7] : ROUSSELLE, Christine. L'ammoniac : un des futurs e-fuel pour une production d'énergie à zéro empreinte carbone. Dans : Chimie et énergies nouvelles, Société Chimique de France, 2022.
- [8] : Institut National de L'environnement Industriel et des Risques (INERIS). Seuils de Toxicité aiguë – Acide nitrique. 2010
- [9] : FERTIAL, Manuel de formation de production l'acide nitrique et du nitrate d'ammonium, document interne du complexe d'Arzew.
- [10] : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. La prévention des risques professionnels dans le stockage et l'emploi des engrais solides à base de nitrate d'ammonium. Fiche technique, 2002.
- [11] : SAWADOGO, Boukary. Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso.

2018.phD Thesis. Université Montpellier ;Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement.

[12] : TOUATI, Laid. cours de pollution des eaux. : Master 1 écologie Fondamentale et appliquée. Constantine : université Frères Mentouri 1 2020/2021.

[13] : Botta A. et Bellon L. 2001. pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Support de formation développé dans le cadre du projet INTERREG-France-Wallonie-Vladeren.

[14] : Gaujous D. 1999. La pollution des milieux aquatique, aide-mémoire. 2^{ème} édition. Edition TEC & DOC. Lavoisier. Paris.

[15] : ARAGROUG Mohamed Amine et ENNABO Yassine.2018. Caractérisation des rejets domestiques et industriels et leurs impacts sur les eaux souterraines, dans le Bassin du tensift, (Maroc) université cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Technique, Marrakech

[16] : Regsek F. 2002. L'analyse des eaux. Edition ressource par l'éducation nationale. France.

[17] : RAMADE, François. (2000). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'environnement. Éditions Dunod, Paris.

[18] : SNANI, Meriem. (2019). Évaluation de l'impact de la pollution d'origine industrielle et urbaine sur l'écosystème marin (Littoral d'Annaba). Thèse de doctorat, Université d'Annaba.

[19] : Documentation laboratoire : laboratoire contrôle qualité **FERTIAL**.