

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
Université 20 Aout 1955 Skikda
Faculté De Technologie
Département De Génie DES PROCÉDES



Mémoire
En vue de l'obtention du diplôme de
Master
Filière : Génie des procédés
Spécialité : Génie de l'environnement

***Traitement des eaux usées du
Complexe GL1/K, Skikda***

Soutenu le 24/06/2023

Réalisé Par : BOUZELLIFA Rami Encadré Par : REMACHE Malika
KRINAH Ahmed
AIBECH Abderaouf

Année Universitaire 2022- 2023

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a donné la force, la volonté et le courage d'accomplir ce travail.

Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, et nous tenons tout particulièrement profonde gratitude à notre encadreur, M. REMACHE MALIKA, qui nous a guidés durant l'élaboration de ce travail avec ses encouragements, ses sages conseils.

Nous remercions sincèrement tous les membres du jury qui ont accepté d'examiner notre travail et exprimons leur juste appréciation.

Nous tenons à remercier nos professeurs du département de génie des procédés et nous tenons à remercier nos collègues de la promotion 2023

Enfin, Je remercie aussi toute l'équipe de laboratoire du complexe GL 1/K Skikda

Dédicace

je dédie ce modeste travail à : A mes chers parents
qui m'ont toujours poussée et motivé dans mes
études, qui m'ont toujours aidé et m'ont conseillé
pour choisir toujours le bon chemin ; je les
remercie pour leur sacrifice et leur effort pour une
éducation digne, c'est à cause d'eux que je suis
arrivée à cette étape. Que Dieu vous garde pour
moi.

Enfin, à toute personne qui m'a aidé et encouragé
soit de près ou de loin.

Ahmed

Liste des symboles et des abréviations

ASTM :American Society for Testing and Materials.

CAS :American Chemical Society.

CCM : chromatographie sur couche mince.

COT : carbone organique totale.

CP-1/K: complexe pétrochimique de Skikda.

C° : degré Celsius.

C₂ : Ethane.

C₃ : Propane.

C₄ : Butane.

C₅⁺ : la gazoline.

CO₂:Le gaz carbonique.

GL1K : complexe de liquéfaction du gaz naturel de Skikda.

GN: gaz naturel.

GNL : gaz naturel liquéfié.

GPL: gaz de pétrole liquéfié.

He : Hélium.

Hg: Le mercure.

H₂O : L'eau.

IPP :inhibiteurs de la pompe à protons.

MDEA :methyldiethanolamine.

Méga train: le nouveau train de liquéfaction de Skikda.

MES : Matière en suspension (mg/l).

MO : Matière organique (mg/l).

MR: mixed réfrigérant.

MVS : Matière volatiles en suspension (mg/l).

m³ : mètre cube.

m³/h : mètre cube par heure.

mg/l : milligramme par litre.

ng/Nm³ : nono gramme par néotène mètre cube.

N₂ : Azote.

ppm: partie par million volume.

RA-1/K: raffinerie de Skikda.

SIMDUT : Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail.
DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène pendant cinq jours.
DCO: Demande Chimique en oxygène .
pH: Potentiel d'Hydrogène.
NH₄⁺ :l'ammonium.
TDS : Taux des sels dissous .
NTU: Nephlo turbidité unité .
MES : Matière en Suspension.
Cl₂ : Chlore libre .
TA : Titre Alcalimétrique simple .
TAC : Titre Alcalimétrique Complet.
HCO₃⁻ :Bicarbonate.
°f: Degré français.
TH_{Ca²⁺ :Titre hydrométrique calcique.}
TH_T : Titre hydrométrique totale.
NO₂⁻ :Nitrite.
Cl⁻ : Chlorure.
MO : Matière Organique.
PO₄²⁻ :Phosphore.
SO₄²⁻ :Sulfate.
NTK : l'azote Kjeldahl Totale.
Fe: Fer.
Cd: Cadmium.
Cr: Crome .
Cu: Cuivre.
Ni : Nickel.
Zn : Zinc.
nm : nano mètre.
µS: micro Siemens .
ppm : partie par million .

Sommaire

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Généralité sur les eaux usées	3
I.1. Introduction :.....	4
I.2. Définition des eaux usées :.....	4
I.3. Origine des eaux usées :	4
I.3.1. Les eaux usées domestiques :	5
I.3.2. Les eaux usées industrielles :.....	6
I.3.4. Les eaux usées urbaines :.....	6
I.3.5. Les eaux usées pluviales :	7
I.3.6. Les eaux usées agricoles :	7
I.4. La pollution des eaux usées :	7
I.4.1. Différents types de pollutions :	7
I.5. Les paramètres caractéristiques des eaux usées.....	8
I.5.1. Les paramètres physiques	8
I.5.2. Les paramètres chimiques :	8
I.5.3. Les Paramètres toxiques :	9
I.6. Traitement des eaux usées	9
I.7. Rejets liquides.....	10
I.7.1. Traitement des eaux sanitaires	10
I.7.2. Traitement des eaux huileuses	10
I.8. Conclusion.....	10
Chapitre II : Description du méga train GL2/K.....	11
II.1. Introduction	12
II.2. Nouveau train de liquéfaction de SKIKDA «MEGA-TRAIN».....	12
II.2.1. Situation géographique (annexe 1).....	12
II.2.3. Description du procédé de liquéfaction	12
II.2.3.1. Section traitement de gaz	13
II.2.3.2. Section de liquéfaction	14
II.2.3.3. Section fractionnement	14
II.2.3.4. Stockage des produits finis	14
II.2.3.5. Les utilités.....	15
I.2.4. Laboratoire	16

Chapitre III : Matériels et méthodes	18
III.1. Choix et description des points de prélèvement	19
III.2. Protocole d'échantillonnage	19
III.3. Mesure des paramètres de caractérisation de la qualité des eaux de rejets	20
III.3.1. Mesure des paramètres physico-chimiques des eaux de rejets	20
III.3.1.1. Détermination de la conductivité électrique et le taux des sels dissous (TDS) ...	20
III.3.1.2. Détermination du pH.....	21
III.3.1.3. Détermination de la turbidité	21
III.3.1.4. Détermination de l'alcalinité TA et TAC.....	22
III.3.1.5. Détermination de la dureté calcique (TH_{Ca²⁺).....}	23
III.3.1.6. Détermination de la dureté totale de l'eau (TH_T)	24
III.3.1.7. Détermination des nitrites	25
III.3.1.8. Détermination des chlorures (Argentimétrie)	26
III.3.1.9. Détermination de la matière organique par l'indice de permanganate de potassium (KMnO₄) :.....	27
III.3.1.10. Mesure de la DBO₅ (Demande biochimique en Oxygène) :	28
III.3.1.11. Mesure de la DCO (demande chimique en oxygène) :.....	29
III.3.1.12. Détermination des métaux lourds.....	30
Chapitre IV : Résultats et discussions	32
IV.1. Introduction	33
IV.2. Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux de rejet du complexe GL1K :	33
IV.2.1. Variation de la conductivité	34
IV.2.2. Variation de la température	35
IV.2.3. Variation de la Turbidité.....	35
IV.2.4. Variation du pH.....	36
IV.2.5. Variation du taux des sels dissous (TDS)	36
IV.2.6. Variation de la DBO₅	37
IV.2.7. Variation de la DCO	38
IV.2.8. Variation de la matière organique (MO)	38
IV.2.9. Variation des chlorures (Cl⁻)	39
IV.2.10. Variation des nitrites (NO₂⁻).....	39
IV.2.11. Variation des bicarbonates (HCO₃⁻).....	40
IV.2.12. Variation de la dureté totale (TH_T)	40
IV.2.13. Variation de la dureté calcique (TH_{Ca²⁺).....}	41

IV.2.14. Variation des métaux lourds	41
IV.3. Conclusion.....	46
Conclusion Générale.....	48

Liste des figures

Figure I.1: Les eaux usées dans le cycle de l'eau [3].....	4
Figure I.2 : les origines des eaux.	5
Figure I.3: Consommation d'eau et production d'eaux usées par les principaux secteurs [3].....	5
Figure II.1: Description du procédé de liquéfaction.	13
Figure II.2 : Utilités du méga-train.....	15
Figure III-1 : Photo du site de prélèvement du puits.	19
Figure III.2 : Conductivimètre du GL1K.....	20
Figure III.3 : pH mètre de GL1K.....	21
Figure III.4: Turbidimètre du GL1K.	22
Figure III.5 : Changement de la couleur d'échantillon après le titrage par H ₂ SO ₄	23
Figure III.6: Changement de la couleur de l'échantillon après titrage par l'EDTA.....	24
Figure III.7: Changement de la couleur d'échantillon après titrage par l'EDTA.....	25
Figure III.8: Changement de la couleur après titrage par KMnO ₄	26
Figure III.9: Changement de la couleur des chlorures après titrage.....	27
Figure III.10 : Changement de la couleur pour la détermination de la matière organique.	28
Figure III. 11 : Respiromètre.	29
Figure III.12 : Représente un matériel pour mesure le DCO.....	30
Figure III.13 : Spectrophotomètre a ionisation de flamme.	31
Figure IV.1 : Représentation graphique de la variation de la conductivité.....	34
Figure IV.2 : Représentation graphique de la variation de la température.	35
Figure IV.3 : Représentation graphique de la variation de la turbidité.....	36
Figure IV.4: Représentation graphique de la variation du pH.	36
Figure IV.5 : Représentation graphique de la variation du TDS.....	37
Figure IV.6 : Représentation graphique de la variation du BDO ₅	37
Figure IV.7 : Représentation graphique de la variation de la DCO.....	38
Figure IV.8 : Représentation graphique de la variation du MO.....	39
Figure IV.9 : Représentation graphique de la variation des chlorures.	39
Figure IV.10 : Représentation graphique de la variation des nitrites.	40
Figure IV.11 : Représentation graphique de la variation des HCO ₃ ⁻	40
Figure IV.12 : Représentation graphique de la variation du TH _T	41
Figure IV.13 : Représentation graphique de la variation du TH _{Ca} ²⁺	41
Figure IV.15 : Représentation graphique de la variation du Cu.	42
Figure IV.16: Représentation graphique de la variation du Mn.	43
Figure IV.17 : Représentation graphique de la variation du Cd.	43

Figure IV.18 : Représentation graphique de la variation du Ni.	44
Figure IV.19: Représentation graphique de la variation du Fe.	44
Figure IV.20 : Représentation graphique de la variation du Cr.....	45
Figure IV.21 : Représentation graphique de la variation du Pb.....	45

Liste des tableaux

Tableau IV.1 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de rejets.	33
---	-----------

Résumé

Des composés toxiques se trouvent fréquemment dans les eaux de rejets (eaux usées domestiques ou industrielles) avec des biodégradabilités très variables.

L'objectif de cette mémoire est la détermination du procédé de traitement des eaux de rejet du méga-train (GL2/K) Skikda qui est la boue activée et leur efficacité sur la qualité des eaux de rejeté dans l'environnement. Le bassin des eaux de rejets est alimenté par deux sources : eaux sanitaires et eaux du séparateur après leurs traitements respectifs. Les échantillons des eaux sont collectés sur le bassin de rejet après une opération de dilution. Les valeurs des paramètres physico-chimique trouvées pour les échantillons des eaux usées prélevées ne dépassant pas les normes admissibles par contre les deux paramètres de biodégradabilité (DBO_5 et DCO) dépasse parfois la limite, cela indique que les eaux de rejets du complexe GL1/K ne subit pas le traitement convenable et par conséquent la pollution de l'environnement.

Mots clé : Skikda, complexe GL1/K, Pollution, eaux usées industrielles, biodégradabilité, boue activée.

ملخص

غالبًا ما توجد المركبات السامة في مياه الصرف الصحي (مياه الصرف الصحي المنزلية أو الصناعية) ذات القابلية

للتحلل البيولوجي المتغير للغاية.

الهدف من هذه المذكرة هو تحديد عملية معالجة المياه من رفض القطار الضخم GL2/K سكيكدة وهو الوحل المفعل وفعاليتها على جودة المياه المطروحة في البيئة. يتم توفير حوض مياه الصرف الصحي من خلال مصدرين: المياه الصحية والمياه من الفاصل بعد المعالجة الخاصة بكل منهما. يتم جمع عينات المياه من حوض التصريف بعد عملية التخفيف. لا يتجاوز قيم المعلمات الفيزيائية والكيميائية الموجودة لعينات مياه الصرف التي يتم جمعها المعايير المقبولة، من ناحية أخرى، تتجاوز معلمات التحلل البيولوجي DBO_5 و DCO الحد، وهذا يشير إلى أن مياه تصريف لمجمع GL1/K للعلاج المناسب وبالتالي تلوث البيئة.

الكلمات المفتاحية: سكيكدة، مجمع GL1/k، التلوث، مياه الصرف الصناعية، التحليل البيولوجي، الحمأة المنشطة.

Abstract

Toxic compounds are frequently found in discharges (domestic or industrial wastewater) with highly variable biodegradability.

The objective of this study is the determination of the process of treatment of water of rejection of the mega-train (GL2/K) Skikda which is the activated mud and their effectiveness on the quality of water rejected in the environment. The waste water basin is supplied by two sources: sanitary water and water from the separator after their respective treatments. Water samples are collected from the discharge basin after a dilution operation. The values of the physico-chemical parameters found for the samples of the sewage collected do not exceed the admissible standards, on the other hand the two biodegradability parameters (BOD5 and COD) exceed the limit whatever times, and this indicates that the discharge water from the complex GL1/K does not undergo the appropriate treatment and consequently the pollution of the environment.

Keywords: Skikda, GL1/K complex, Pollution, industrial wastewater, biodegradability, activated mud.

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes, pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau n'est donc pas uniquement espace vital, vecteur énergétique ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tous genre de production.

Au cours de l'histoire, la disponibilité globale d'eau est restée plus ou moins constante. Il ya 2000 ans, 200 à 300 millions d'habitants sur terre utilisaient les ressources disponibles, Aujourd'hui, plus de 6,5 milliards d'êtres humains doivent se contenter de la même quantité d'eau. C'est pourquoi la matière première qu'est l'eau, pendant longtemps librement disponible dans de nombreuses parties de la terre, est aujourd'hui sérieusement menacée. De plus, les systèmes naturels de purification de notre planète sont considérablement sur chargés.

La nature et les êtres vivants subissent de plus en plus les conséquences de la pollution avec le développement industriel et la croissance démographique. La pollution de l'eau qui affecte les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs, est les résultats du rejet des eaux usées sans traitement ou un niveau de traitement insuffisant : Cela provoque une dégradation de l'écosystème. Le problème est encore plus grave dans le cas des effluents industriels présent un caractère toxique. L'effluent désigne les eaux (généralement altérées de pollution organique, chimique, thermique...) sortant de chez un usager ou un groupe d'usagers. Généralement, les effluents nécessitent un traitement, plus ou moins léger en fonction du degré d'altération des eaux, avant rejet dans le milieu naturel.

Le traitement des effluents peut prendre différentes formes : processus physiques, chimiques ou biologiques, compris le tri, qui modifient les caractéristiques des déchets de manière à en réduire le volume ou le caractère dangereux, à en faciliter la manipulation ou à en favoriser les valorisations. Le choix d'un procédé pour le traitement des rejets dépend d'un certain nombre de facteurs dont les plus signifiants : La composition de l'effluent, le type de la réutilisation, la qualité des besoins et la dimension de l'installation

Les procédés d'épuration utilisés, dont l'objectif principal est d'éliminer la pollution organique sont : procédé à boues activées, le lagunage et les lits bactériens.

La phase de traitement biologique par boues activées représente une phase clé de la chaîne globale d'épuration des eaux usée qu'elle est largement utilisée [1].

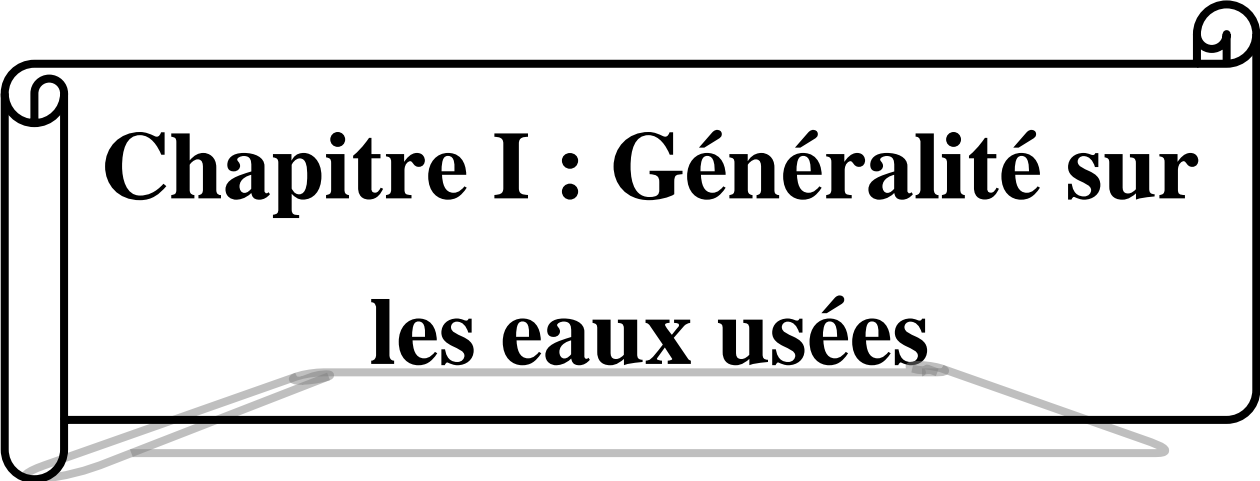
Dans ce contexte général cette étude ayant pour objectif principal l'évaluation physico-chimique des eaux de rejets du complexe GL1/K Skikda et le procédé de traitements de ce type des eaux ainsi que leur effet sur l'environnement et notamment sur le milieu aquatique.

Introduction générale

Ce présent travail est subdivisé principalement en deux parties :

- ✓ Une partie théorique comportant deux grands chapitres :
 - Le premier chapitre donne des généralités sur les eaux usées (origine, composition, types et paramètres de pollution, normes de rejet).
 - Le deuxième chapitre est une présentation générale du complexe GL1/K Skikda, des généralités sur le traitement du gaz naturel, ainsi à la liquéfaction.
- ✓ La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation, elle est présentée en deux chapitres :
 - Le troisième chapitre il représente les différents modes opératoires des analyses physico-chimiques et les différents types d'appareillage utilisés.
 - Le quatrième chapitre présente les résultats expérimentaux trouvés et leurs interprétations.

Et enfin, une conclusion générale est donnée pour résumer notre travail.



Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

I.1. Introduction :

L'eau est une ressource naturelle stratégique, jouant un rôle fondamental dans la vie sur terre. Son importance dans la vie ne cesse de croître, les quantités d'eau usée et résiduaire croient continuellement avec l'explosion démographique et l'expansion industrielle.

Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Les eaux usées nécessitent d'être traitées avant leur évacuation dans le milieu récepteur [2].

I.2. Définition des eaux usées :

Les eaux usées, les eaux résiduelles, les eaux d'égout, aussi appelées « **effluents liquides** » sont des « **eaux polluées** » par un usage humain, constituées de toutes les eaux de nature à contaminer les milieux dans lesquels elles sont déversées, par des polluants physiques, chimiques ou biologiques.

Les eaux usées sont composées d'environ 99% d'eau et 1% de matière solide en suspension, colloïdales et dissoutes.

Les conséquences de l'émission d'eaux usées non traitées ou mal traitées peuvent être classées en trois catégories :

- Effets nocifs pour la santé humaine.
- Impacts négatifs sur l'environnement.
- Répercussions néfastes sur les activités économiques.

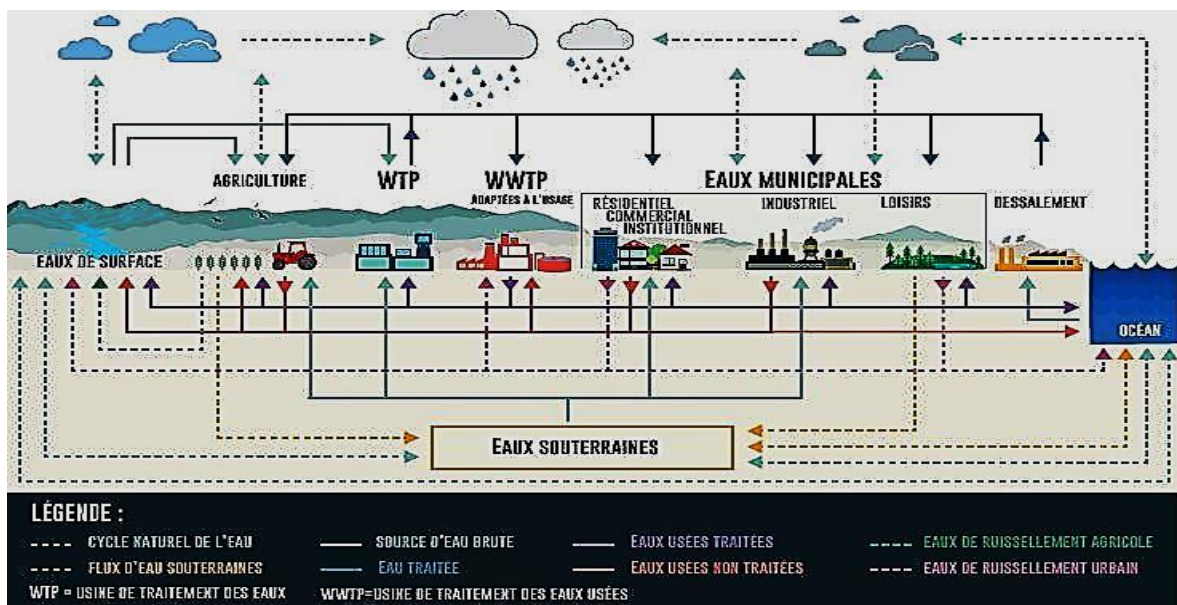


Figure I.1: Les eaux usées dans le cycle de l'eau [3]

I.3. Origine des eaux usées :

Selon l'origine des eaux usées, quatre grandes catégories sont distinguées :

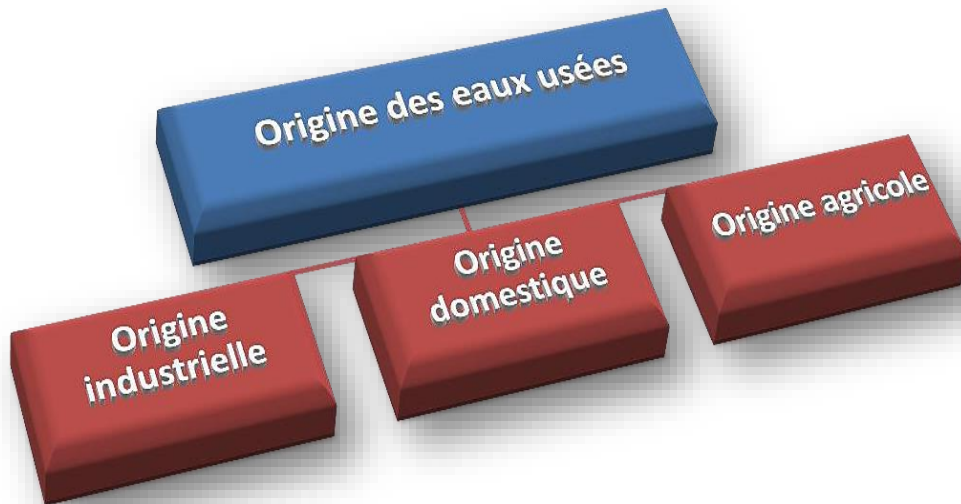


Figure I.2 : les origines des eaux.

- Les eaux usées domestiques.
- Les eaux usées industrielles.
- Les eaux pluviales.
- Les eaux agricoles.

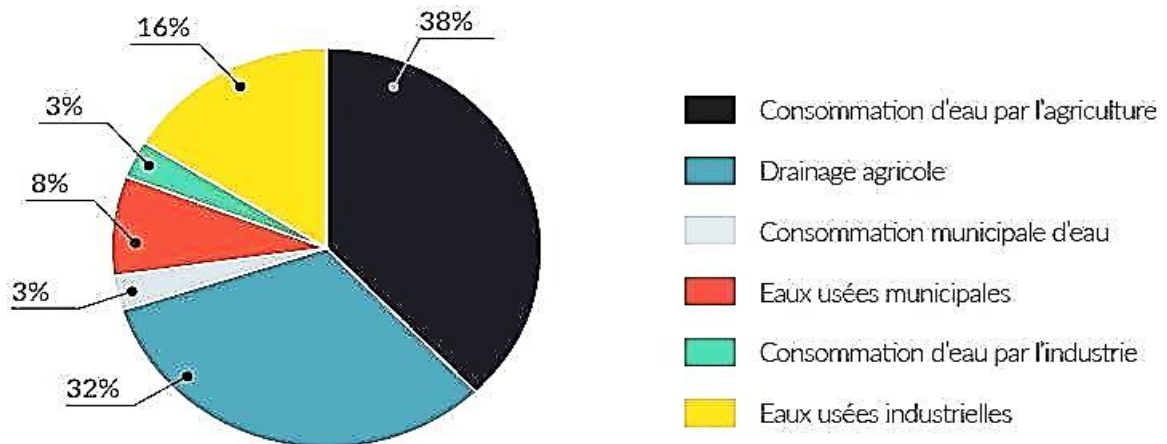


Figure I.3: Consommation d'eau et production d'eaux usées par les principaux secteurs [3].

I.3.1. Les eaux usées domestiques :

En général, ces eaux sont chargées en matières organiques, graisses et produits d'entretiens ménagers. Elles présentent une bonne biodégradabilité[4].

Elles sont constituées par :

- Des eaux vannes (eaux de W .C)
- Des eaux ménagères (eaux d'éviers, lavabos, douches, baignoires, appareils ménagers, etc.[5].

I.3.2. Les eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles regroupent toutes les eaux qui sont en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement[6].

De façon générale, elles se composent des :

- Eaux de fabrication,
- Eaux des circuits de refroidissement,
- Eaux de lavage des sols et des machines,
- Rejets des services généraux.

Selon le dernier rapport de l'agence des nations unies chargée des questions de l'eau [3], l'industrie et l'activité humaine qui génère plus d'eaux usées (Figure I.2).

La composition et la concentration des effluents industriels sont extrêmement variables suivant le type d'industrie[7]. Ainsi, chaque opération industrielle génère des quantités et qualités spécifiques d'eaux usées pouvant contenir des charges considérables de polluants [8]. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures [9].

Certaines de ces eaux peuvent être toxiques pour les espèces aquatiques, végétales et pour l'homme. Les principales caractéristiques physiques des eaux usées industrielles sont la teneur en matières solides, le pH, la salinité, la couleur, l'odeur et la température tandis que parmi les principales caractéristiques chimiques, on peut noter la matière organique (demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène (DBO5), carbone organique total (COT)), l'azote (ammoniacal, organique, nitrite, nitrate), le phosphore (organique et inorganique).

Au cours de ce siècle, un volume important d'effluents industriels a été déversé directement dans les cours d'eau ou dans les réseaux de collecte.

Les raisons avancées tourneraient autour d'une absence ou d'une insuffisance d'infrastructure de traitement.

I.3.4. Les eaux usées urbaines :

Les eaux usées urbaines sont d'abord formées par un mélange d'eaux usées domestiques et industrielles. Il y ajoute une troisième composante formée par les eaux de pluie et les effluents des installations à caractère collectif (hôpitaux, commerces, etc.) [10].

I.3.5. Les eaux usées pluviales :

Ces eaux proviennent des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, sur tout en début de pluie par deux mécanismes :

- Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées.
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs.

I.3.6. Les eaux usées agricoles :

Il s'agit de rejets liquides et agricoles issus du ruissellement d'eaux d'irrigation qui entraîne des engrais et des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important.

Les pollutions des eaux des activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terre perméables.
- Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissant la teneur en oxygène des eaux courantes, compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants d'insecticides.
- En région viticole, apport de sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes[11].

I.4. La pollution des eaux usées :

Les eaux usées, aussi appelées eaux polluées, sont constituées de toutes les eaux de nature à contaminer les milieux dans lesquels elles sont déversées. Ces eaux sont altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées.

I.4.1. Différents types de pollutions :

On distingue :

A- la pollution chimique : due à la présence de substances chimiques dissoutes dans l'eau. Cette pollution est due essentiellement au déversement de polluants organiques et des sels de métaux lourds qui sont les plus menaçants rejetés souvent par les unités industrielles.

B- la pollution organique : Elle constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large. Cette forme de pollution peut être considérée comme résultant de diverses activités (urbaines, industrielles, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organiques banales "protéides, glucides, lipides", Les détergents, les huiles et le goudron.

C- la pollution microbienne : Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale.

La nature de la population bactérienne par exemple est très variée et il n'est pas possible d'en faire ici un inventaire complet. L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique, etc....).

I.5. Les paramètres caractéristiques des eaux usées

On distingue les paramètres physiques, les paramètres chimiques et les paramètres toxiques.

I.5.1. Les paramètres physiques

- **Les matières en suspensions :** Elle représente les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenue par un filtre. Les MES qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les techniques d'analyse font appel à la séparation directe par filtration ou par centrifugation.
- **Les matières volatiles en suspensions (MVS) :** Elle représente la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2h. La différence de poids entre MES à 105°C et MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS (en mg /l) d'une eau.
- **Les matières organiques :** Les matières organiques proviennent des êtres vivants (matières végétales ou animales, excréments, urines...) ou des produits fabriqués à partir de ces êtres vivants (papier, tissus). On retiendra que les matières organiques sont principalement composées par (de l'hydrogène, de l'oxygène, du carbone, de l'azote, du phosphore, du soufre).
- **les matières minérales :** elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire « extrait sec ». Constitué à la fois par les matières minérales en suspensions et la matière soluble (chlorures, phosphate, ...etc.).
- **Les matières décantables :** Elles sont composées des matières en suspensions qui séparent en 2 heures dans une éprouvette.

I.5.2. Les paramètres chimiques :

- **La demande biochimique en oxygène (DBO) :** elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation et au moyen des bactéries aérobies, les matières organiques des eaux usées. Cette oxydation s'effectue en deux stades :

- ✓ Oxydation des composés de carbone, phénomène qui à 20°C, se trouve pratiquement terminer en 20 jours.
- ✓ Oxydation des combinaisons comprenant de l'azote, réaction qui ne s'amorce qu'au bout d'une dizaine de jour.

La mesure de la DBO est effectuée généralement après 05 jours (DBO₅) qui est exprimée en mg d'oxygène consommée par litre.

Elle se déterminer de façon courante par la méthode dite de dilution qui consiste à diluer l'eau à analyser dans un certain rapport avec une eau propre et saturé en oxygène dissous.

- **La demande chimique en oxygène (DCO) :** La DCO exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide de bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables.

I.5.3. Les Paramètres toxiques :

On distingue parmi ces paramètres les toxicités des eaux .la notion de toxicité est très générale, elle peut être aigue ou à terme, directe ou indirecte.

Certains éléments toxiques ont une influence néfaste sur le déroulement des opérations de biodégradation des eaux usées ou minéralisation biologique des boues [12].

I.6. Traitement des eaux usées

Les eaux usées provenant de la ville de Skikda et de la zone environnante sont déchargées soit dans des fosses septiques, soit dans des puits filtrants ou dans les égouts publics.Les eaux d'égout sont déchargées dans la mer par pipeline, sans traitement préalable.Le lieu précis de décharge n'a pas été établi. Une usine de traitement des eaux d'égout est prévue pour Skikda, et sera construite dans la zone industrielle.

Les eaux usées produites par le complexe GL1.K sont déchargées dans des fosses septiques. Le personnel de Sonatrach a indiqué que ces fosses étaient chemisées et qu'elles étaient régulièrement pompées par les camions municipaux.

On présume que ces eaux usées sont déchargées avec les eaux d'égout de la ville directement dans la mer. Les eaux « grises » provenant des cuisines sont déchargées dans le canal de décharge qui reçoit les eaux usées industrielles.

I.7. Rejets liquides

I.7.1. Traitement des eaux sanitaires

Une station de traitement des eaux sanitaires résiduaires 64-ML01 d'une capacité de 65 m³/jour a été conçue dans le cadre du méga- train, elle est constituée de deux unités dont l'une est en service et l'autre est en stand- by.

Le procédé de traitement des eaux sanitaires consiste à :

- Opération de dégrillage (filtrage).
- Aération.
- Clarification et sédimentation.
- Désinfection du liquide clair sortant du clarificateur.

I.7.2. Traitement des eaux huileuses

Un séparateur des eaux huileuses 64-ML02, d'une capacité de 40m³/h, a été conçu pour séparer les eaux huileuses provenant des différentes zones du méga- train, il est constitué de deux unités: l'une en service et l'autre en stand- by.

A-Analyse des rejets liquides

Les rejets liquides traités ainsi que les eaux de pluie sont évacués vers le bassin final des eaux propres CV-09 ensuite rejetés vers le canal de rejet pole 2.

La moyenne des eaux rejetées est de **493,56 m³/h**.

Les rejets liquides du complexe sont analysés :

- Chaque semaine par le laboratoire du complexe.
- Tous les trois mois par l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable ONEDD.

Les résultats d'analyses sont conformes par rapport aux normes algériennes exigées dans le décret exécutif n°06-141 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels [13].

I.8. Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable.

Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre d'une part, les origines et les caractéristiques des eaux usées, et d'autre part, les différentes méthodes utilisées pour leur épuration.

L'intérêt consiste à trouver la méthode la moins coûteuse et celle qui présente une basse nuisance auditive et olfactive.



**Chapitre II : Description du méga
train GL2/K**

II.1.Introduction

Le but de la liquéfaction du gaz naturel est de pouvoir stocker et transporter de grande quantité de gaz liquéfié par méthanier vers les autres pays outre mer. En effet, un volume de gaz liquide représente 600 fois ce volume gazeux.

Le gaz naturel liquéfié est par la suite stocké puis transporté par des navires conçus à cet effet, appelés méthaniers, vers les terminaux de réception où il sera revaporisé puis distribué aux clients sous forme gazeuse.

Durant le stockage ou le voyage, une petite partie de la quantité du GNL ou de la cargaison s'évapore au dessus du liquide dans la cuve interne engendrant ainsi une tension de vapeur. Cette quantité de gaz est récupérée pour être utilisée comme combustible sur le navire (chaudière ou turbine gaz).

II.2. Nouveau train de liquéfaction de SKIKDA «MEGA-TRAIN»

II.2.1.Situation géographique (annexe 1)

Le nouveau méga train de GNL est situé à l'intérieur de l'enceinte du complexe GL1K, au nord-ouest. Le nouveau train a été construit pour maintenir la production du GNL en remplacement des anciennes unités de production détruites lors de l'incident survenu le 19/01/2004 afin de satisfaire et d'honorer les contrats des clients.

II.2.2.Capacités de production

Le Nouveau Train de GNL a été conçu pour une capacité de production de 4,5 millions de tonnes de GNL par an, et peut fonctionner avec ou sans extraction des sous-produits (Ethane, Propane, Butane, Gazoline).

Une charge de gaz enrichi en Hélium est également produite pour alimenter l'usine de production d'Hélium moyenne (HELISON). En retour, Helison renvoie de l'azote gazeux et du Fuel Gaz (48% azote, 52% méthane).

Etant donné que l'usine Helison est aussi alimentée en gaz enrichi en hélium par les unités existantes de GNL1K, l'azote et le Fuel Gaz retournés sont aussi utilisés par ces unités.

II.2.3.Description du procédé de liquéfaction

Le GN à sa sortie du gisement de HASSI R'MEL, est un mélange d'hydrocarbures dont la teneur en méthane est > à 80%, mais contient également de l'éthane, du propane, du butane, du pentane et quelque traces d'hydrocarbure lourds (C_6^+).

On y trouve également d'autres constituants tels que {He, N₂, CO₂ et H₂O}, ainsi que des impuretés sous forme de poussière et des traces d'huiles.

L'objectif principal du complexe est de liquéfier le gaz naturel qui sera destiné à l'exportation, et aussi d'extraire les autres sous-produit qu'il contient, tel que l'éthane, le propane, le butane et le pentane.

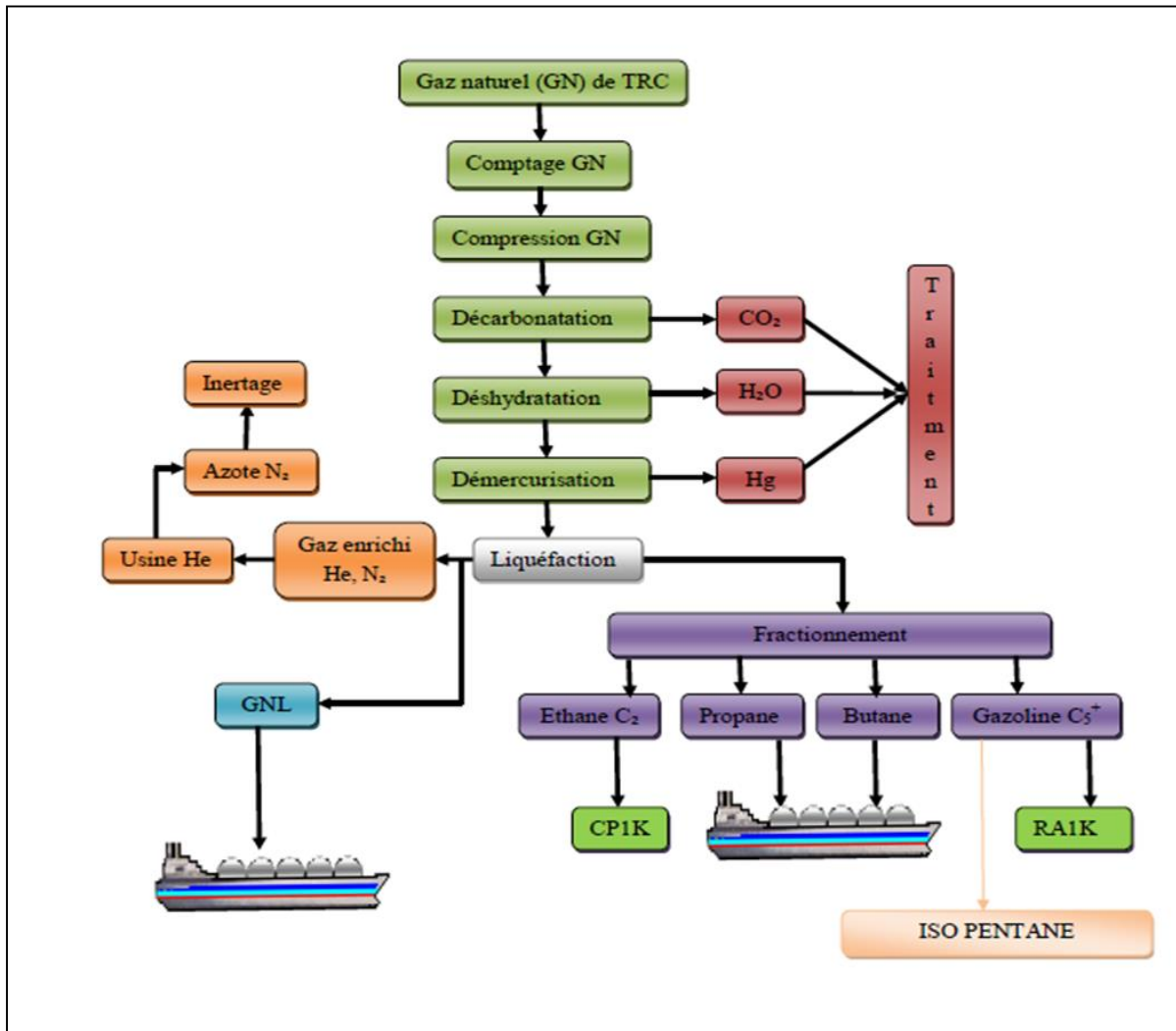


Figure II.1: Description du procédé de liquéfaction.

II.2.3.1. Section traitement de gaz

Le traitement du gaz consiste à éliminer le CO_2 , H_2O , et les traces des huiles et le mercure en plusieurs étapes :

- 1. Décarbonatation :** Cette section est destinée à abaisser la teneur en gaz carbonique à < 50 ppm par lavage avec une solution aqueuse la MDEA à 40% poids.
- 2. Déshydratation :** Cette section est destinée à abaisser la teneur en H_2O < 1 ppm sur des tamis moléculaires.
- 3. Démercurisation :** Cette section est destinée pour éliminer toute trace de mercure par un démercuriseur (14-MD01) qui retient le mercure contenu dans le gaz, l'absorbant de ce

dernier contient un lit de charbon actif imprégné du soufre qui réduit la teneur de mercure dans le gaz à moins de **5ng/N m³**.

II.2.3.2.Section de liquéfaction

La liquéfaction met en œuvre le principe élémentaire du réfrigérateur, basé sur la compression, le refroidissement, puis la détente d'un fluide MR pur (appelé Mixed Réfrigèrent).

Dans une unité de GNL, la section liquéfaction est constitués d'échangeur cryogéniques (à plaque ou bobinés) et d'une section de compression.

Dans le nouveau train de GNL de Skikda on utilise le procédé de liquéfaction APCI (Air Product and Chemicals Incorporation), par utilisation d'un échangeur bobiné.

II.2.3.3.Section fractionnement

L'objet de cette section est d'extraire les hydrocarbures lourds du gaz traité et d'y produire par distillation :

L'Ethane, le propane, le butane et la gazoline qui est transférée à la raffinerie de Skikda.

Les colonnes de fractionnement dans les unités sont :

- Démétathaniseur.
- Dééthaniseur.
- Débuthaniseur.
- Dépropaniseur (la colonne de séparation C₃/C₄).

II.2.3.4.Stockage des produits finis

- Un bac de stockage de GNL de 150000 m³. Il est du type confinement intégral avec une structure extérieure en béton armé précontraint à toit suspendu et une cuve interne en acier à 9% de nickel.

Les gaz d'évaporation des bacs (boil off) et de retour des méthaniers durant le chargement sont repris par des compresseurs et envoyés dans le réseau Fuel Gaz et/ou recyclés à l'entrée de l'unité de liquéfaction du Nouveau Train de GNL.

- Un bac de stockage de propane de capacité totale de 66000 m³ (type confinement intégral).
- Un bac de stockage de butane de capacité totale de 66000 m³ (type confinement intégral).
- Une unité de réfrigération de GPL (propane et butane).

Cette unité reçoit :

- Les gaz d'évaporation des bacs de propane et de butane du Nouveau Train.

Ce « boil off » est liquéfié puis est renvoyé au stockage au Nouveau Train.

- Le retour gaz des navires GPL durant les chargements. Ce boil off est liquéfié puis est renvoyé au stockage au Nouveau Train.
- Le butane et le propane chauds venant de la Raffinerie de Skikda (RA1K).

Ces produits sont sous-refroidis puis renvoyés au stockage dans les bacs du nouveau Train de GNL.

- Une sphère de stockage de gazoline de capacité totale de 3760 m³.

II.2.3.5. Les utilités

Ces installations fournissent les utilités nécessaires au fonctionnement du Nouveau Train de GNL.

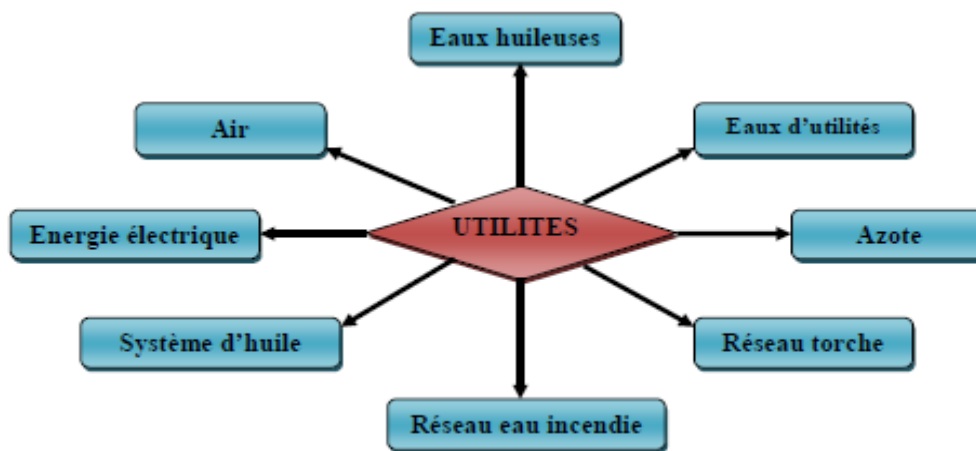


Figure II.2 : Utilités du méga-train.

1. **L'énergie électrique** : Ces équipements servent à fournir l'énergie électrique pour tous les consommateurs du Nouveau Train de GNL.
2. **Production d'air instrument et d'air service** : Cette unité produit de l'air instrument sec pour les besoins de l'instrumentation (vannes, positionneurs....etc.) ainsi que de l'air service non séché pour les besoins utilitaires des installations (nettoyage par exemple).
3. **L'eau potable** : La production d'eau potable à partir du réseau d'eau industrielle (de barrage) fournie par le complexe GL1K. Cette eau est traitée dans un package spécial pour être amenée aux conditions sanitaires exigées avant sa mise à la consommation.
4. **Réseau incendie** : Le réseau incendie du Nouveau Train de GNL est alimenté par une pompe électrique située à la pomperiez eau de mer du complexe GL1K. Ce réseau est interconnecté à celui de GL1K en trois points. En marche normale, ce réseau est maintenu en pression par de l'eau industrielle (de barrage).

5. Système de détection feux et gaz : Le Nouveau Train de GNL est équipé de systèmes de détection feux et gaz répartis sur l'ensemble du Train. Les alarmes sont reportées en salle de contrôle.

En cas de feu ou fuite de gaz sur une zone du Train, et en cas de nécessité, l'opérateur dispose d'un système d'isolement et de dépressurisation de la zone concernée.

6. Système torche et brûlot

- Une torche recevant les effluents gazeux des unités du Nouveau Train de GNL et du complexe existant. La hauteur de cette torche est de 150 m. Elle est montée sur un seul derrick comprenant trois (03) futs (2 pour le Nouveau Train et 1 pour les unités existantes de GL1K).
- Une torche basse pression (torche confinée) recevant le torchage de boil off du nouveau Train de GNL et du complexe GL1K existant.
- Un brûlot recevant les liquides torchés à partir du Nouveau Train de GNL et du complexe existant.

I.2.4. Laboratoire

Le laboratoire du complexe GL1/K ce situ au méga train dans le pole I, c'est un locale contenant des produits chimiques et des appareils dans lequel des réactions chimique sont effectuées.

Ses principales tâches :

- le suivi analytique de l'Unités 10, Centrale Utilités, Lubrifiants, Environnement, Chargements GNL, Essais particuliers, et les différentes analyses concernent le méga train, Développements, Méthodologie dans le pole I
- Suivi analytique des Unités 5P, 6P, UGPL, Annexe Utilités, Chargements GPL dans le pole II.

Le laboratoire est le service de contrôle des produits et de la matière qui entre dans la production. Il sert comme indicateur de la bonne marche du complexe.

Deux types d'analyses sont faites au sein du laboratoire GL1/ K :

- a. Analyse des gaz par la chromatographie.
- b. Analyse spécifique à l'eau Spectrophotométrie et méthodes classiques de volumétrie, gravimétrie...
- c. Contrôles des huiles de lubrification.
- d. Essais divers...

Le laboratoire est opérationnel 24 heures /24 heures pour répondre à toutes les analyses nécessaires demandées par les différentes unités. Il est subdivisé en plusieurs salles chacune spécifique d'un certain type d'analyse.

- ✓ La 1ère salle spécifique pour les analyses physico-chimiques (dosages volumétriques et spectroscopiques).
- ✓ La 2ème salle pour la pesée des différents produits (salle des balances).
- ✓ La 3ème salle pour l'absorption atomique, le COT, la DCO et DBO₅.
- ✓ La 4ème salle spécialement pour les analyses chromatographique.

Analyses sur les eaux, huiles et essais divers :

- **Eaux** : Pureté, Cations, Anions, Additifs...
- **Huiles** : Caractéristiques lubrifiantes, corrosivité...
- **Additifs** : anti-corrosion, anti-moussage...
- **GAZ** : Charge, Produits, Fluides de Process, Atmosphères.
- **DIVERS** : Essais d'identification, efficacité...[13].



Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Choix et description des points de prélèvement

Afin d'atteindre l'objectif de notre étude, nous avons choisi un point de prélèvement des eaux de rejet.

Le 1^{er} point: Les eaux de rejet du méga train englobant les eaux sanitaires ainsi du séparateur.

- **Les eaux sanitaires (Eaux usées ménagères) :** L'eau sanitaire est collectée dans des fosses septiques qui sont vidées de temps à autre par la municipalité. L'eau grise de la cantine du site, qui sert 850 repas par jour, est déversée en mer. La quantité est estimée de 1,7 à 2 m³/jour.
- **Eaux séparateurs (Eau déshuilée) :** Le complexe possède un réseau de canalisations séparées du réseau d'eaux pluviales. Ce réseau séparé prend uniquement en charge l'eau collectée dans les zones risquant d'être polluées et la déverse dans un bassin chemisé en béton, équipé d'une vis d'Archimède. Ce réseau est conçu pour séparer l'huile de l'eau avant de déverser l'eau dans le canal.

Des pompes portables soient utilisées pour pomper l'eau qui continue à s'accumuler dans la cuve du séparateur huile/eau et la déverser dans le canal de rejet.



Figure III-1 : Photo du site de prélèvement du puits.

III.2. Protocole d'échantillonnage

L'échantillonnage des eaux de rejets pour chaque point de prélèvement ont été pratiqué de la manière suivante : les échantillons sont prélevés au niveau de la station des eaux usées du complexe GL1K.

Les échantillons faisant l'objet des analyses physico-chimique ont été collectés dans des bouteilles en plastique de 1,5 l de volume étiquetés (site de prélèvement, date, heure). Ces

bouteilles ont été aussitôt fermées hermétiquement et on été conservé dans une glacière et transférés immédiatement au laboratoire de la GL1K (Gaz naturelle Liquéfier).

Les échantillons de eaux de rejet destinés à des analyses des éléments métalliques (Cu, Zn, Cd, Mn, Ni, Fe) sont acidifiés des le prélèvement par l'acide nitrique (HCO_3^-) jusqu'au pH entre 2 et 1.

III.3. Mesure des paramètres de caractérisation de la qualité des eaux de rejets

III.3.1. Mesure des paramètres physico-chimiques des eaux de rejets

Les méthodes d'analyse physico-chimique utilisées pour l'élaboration de notre mémoire sont définies dans ce chapitre. Elles ont été pratiquées au sein des laboratoires de GL1KSkikda, afin de caractériser la qualité physico-chimique de ses eaux.

III.3.1.1. Détermination de la conductivité électrique et le taux des sels dissous (TDS)

La conductivité électrique d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes. Et cela se présente très bien pour un contrôle rapide du grade de pureté de l'eau.

La mesure du total des solides dissous (TDS) permet d'avoir une idée sur la quantité des sels dissous contenus dans l'eau.

❖ Mode opératoire :

Laver soigneusement l'électrode, et plonger la dans l'échantillon, lire la conductivité, le résultat est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou $\text{M}\Omega/\text{cm}$.



Figure III.2 : Conductivimètre du GL1K.

III.3.1.2. Détermination du pH

Mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ions hydronium (H_3O^+) exprimée en mole/l.

Le pH varie entre 0 et 14, 7 étant le pH correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant plus acide que son pH (inférieur à 7) est plus près de 0 et d'autant plus alcaline que son pH (supérieur à 7) est plus près de 14. Une eau à $\text{pH} = 2$ contient 10 000 fois (10^4) plus d'ions hydronium (et est 10 000 fois plus acide) qu'une eau à $\text{pH}=6$.

Le pH varie en fonction de la température et se mesure à l'aide d'indicateurs colorés, ou mieux, par électrométrie (mesure fine de différences de potentiel électrostatique) à l'aide d'un pH-mètre.

❖ Procédure de mesure du pH

- Le pH est un indicateur du milieu des liquides analysés (acide, basique ou neutre). Il permet de faire une estimation très rapide de l'analyse qualitative. La mesure consiste en l'introduction d'une électrode dans la solution à tester.
- Le principe est basé sur la différence de potentiel de l'électrode immergée par rapport à une référence et à une température donnée.
- Le pH-mètre est calibré avec des solutions standards dont le pH est connu et l'on trace une courbe d'étalonnage.



Figure III.3 : pH mètre de GLIK.

III.3.1.3. Détermination de la turbidité

Première étape

- -Pousser le bouton ON.

Deuxième étape

- -Rincez trois fois l'intérieure d'une cuvette propre avec l'échantillon à examiner.

- -Remplissez la cuvette avec l'échantillon .Replacez le couvercle qui bloque la lumière et assurez vous que toutes les surfaces sont propres, secs et sans taches.

Troisième étape

- -Insérez la cuvette dans la cage d'optique et tournez lentement la cuvette un tour complet (360°) en cherchant la valeur la plus bases.

Quatrième étape

- -Enregistrer la valeur NTU.



Figure III.4: Turbidimètre du GLIK.

III.3.1.4. Détermination de l'alcalinité TA et TAC

- Les valeurs relatives du TA et TAC permettent de connaître les quantités d'hydroxydes et de carbonates, ou de bicarbonates alcalins ou alcalino-terreux dans l'eau.
- L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution titrée de H_2SO_4 en présence soit de phénol phtaléine (TA ou titre alcalimétrique simple) ou de méthyle orange (TAC ou titre alcalimétrique complet).
- Le virage de la phénolphtaléine (rose – incolore) se produit dès que le pH est égal à 8,6.
- Le TA permet donc de déterminer en bloc le dosage d'hydroxydes et seulement la moitié des carbonates.
- Le virage du jaune à l'orange du méthyle orange se produit pour un pH de 4,5 dès qu'il y a une trace d'acide fort libre.
- Le TAC permet la détermination de la teneur en bicarbonates.

Réactifs :

- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,04N.
- Phénolphtaléine à 5 g/l.
- Hélianthine à 5 g/l.

Mode opératoire :

- Prendre une prise d'échantillon de 200 ml, ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine à 5g/l, deux cas peuvent se présenter :

Premier cas

La solution reste incolore : $TA = 0$.

Ajouter quelques gouttes d'hélianthine à 5 g/l, la solution se colore en jaune.

Doser avec une solution d'acide sulfurique à 0,04 N jusqu'à la coloration rose.

- Noter le volume V.

$$\text{Calcul : } TAC = \frac{V \cdot N}{PE} \cdot 5000 \quad (\text{En } ^\circ \text{ français}).$$

N : Normalité de l'acide sulfurique.

V : Volume de l'acide sulfurique versé.

PE : Prise d'échantillon (ml).

5000 : exprimé en $^\circ$ français .

Deuxième cas

Si la solution devient rose, procéder au dosage jusqu'à la décoloration avec H_2SO_4 et noter le volume d'acide versé.

$$\text{Calcul : } TA = \frac{V \cdot N}{PE} \cdot 5000 \quad (\text{En } ^\circ \text{ français}).$$

Dans le même échantillon ajouter quelques gouttes d'hélianthine à 5 g/l, la solution devient jaune paille. Continuer le dosage, jusqu'au virage au rose, noter le volume V.

$$TAC = \frac{V \cdot N}{PE} \cdot 5000 \quad (\text{En } ^\circ \text{ français}).$$



Figure III.5 : Changement de la couleur d'échantillon après le titrage par H_2SO_4 .

III.3.1.5. Détermination de la dureté calcique ($TH_{Ca^{2+}}$)

Le titre hydrométrique calcique ($TH_{Ca^{2+}}$) indique la teneur en sel de calcium (Ca^{2+}).

Réactifs:

- Solution tampon (pH = 12).
- EDTA est l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$).
- Solution de murexide.

Mode opératoire :

- Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
- Ajouter 10 ml de la solution tampon (pH = 12).
- Ajouter 2 gouttes de la solution de murexide.
- Titrer avec EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

$$\text{Calcul : } TH_{Ca} = \frac{N \cdot V}{PE} \cdot 5000 \text{ (En } ^\circ \text{ français).}$$

La dureté en milliéquivalent dans 1 litre : $TH_{Ca}(Eg) = 20 \cdot \frac{N \cdot V}{PE}$

N : Normalité de la solution de l'EDTA.

V : Volume versé de l'EDTA.

20 : Equivalent gramme du calcium.

PE : Prise d'échantillon (ml).

$$TH_T = TH_{Ca} + TH_{Mg}$$

Remarque : Si le volume versé dépasse 14 ml, faire des dilutions.

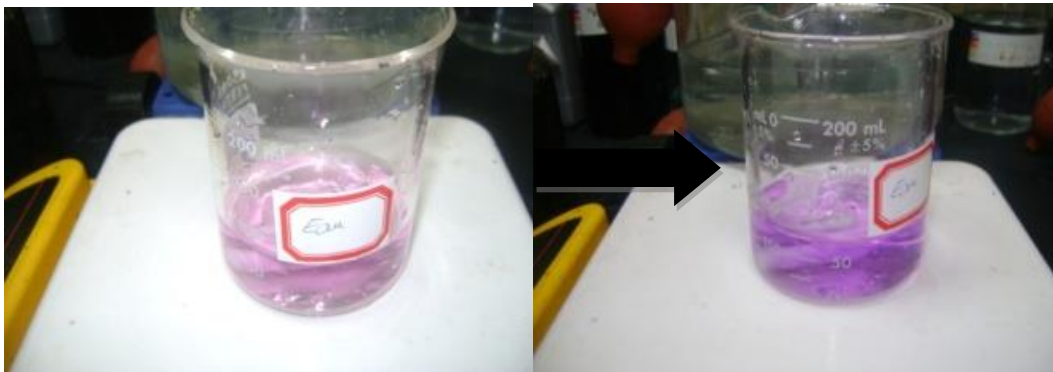


Figure III.6: Changement de la couleur de l'échantillon après titrage par l'EDTA.

III.3.1.6. Détermination de la dureté totale de l'eau (TH_T)

Le titre hydrométrique total (TH_T) indique globalement la teneur en sels de Calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{2+}).

Réactifs :

- Noir eriochrome T.
- EDTA est l'acide éthylène-diaminetétraacétique ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$).
- Carbonate de calcium ($CaCO_3$).

- Solution tampon (pH = 10).

Mode opératoire :

- Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
- Ajouter quelques gouttes de solution tampon.
- Ajouter une pincée de noir eriochrome T.
- La solution doit devenir rouge, titrer avec EDTA jusqu'au virage bleu vert.

$$\text{Calcul : } TH_T = \frac{N \cdot V}{PE} \cdot 5000 \text{ (°français).}$$

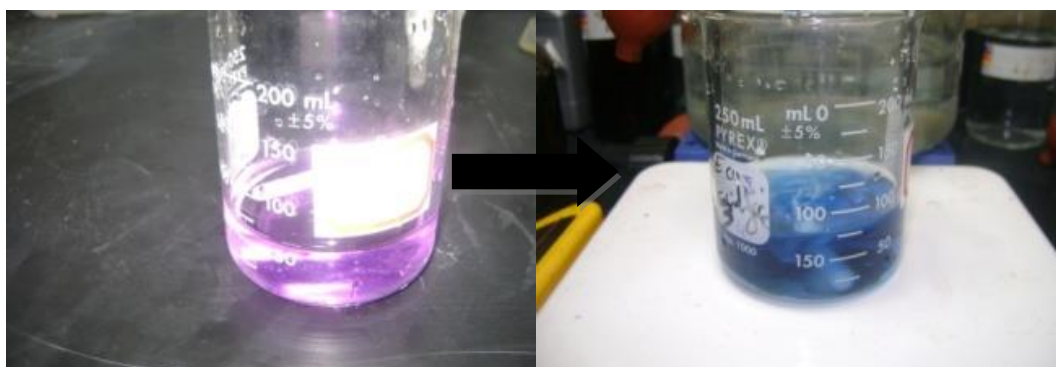


Figure III.7: Changement de la couleur d'échantillon après titrage par l'EDTA.

III.3.1.7. Détermination des nitrites

En ajoutant un certain volume de KMnO_4 à l'échantillon à analyser dans un milieu acide, les ions nitrites réagissent seulement avec les ions permanganates. La solution est ensuite chauffée pour que la réaction soit complète. L'excès de permanganate est dosé par l'oxalate de sodium ajouté qui à son tour est titré par une solution étalon de permanganate de potassium.

Réactifs :

- Permanganate de potassium (KMnO_4) à 0,04 N.
- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 1/2.
- Oxalate de sodium ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) préparé dans des piluliers.

Mode opératoire :

- Si l'échantillon est trouble, le filtrer de préférence.
- Prendre une PE de 50 ml dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Ajouter 50 ml de KMnO_4 à 0,04 N.
- Ajouter 10 ml de H_2SO_4 à 1/2.
- Chauffer sur un bain de sable jusqu'à environ 90°C .
- Retirer l'erlen du bain et le mettre sur un agitateur magnétique.

- Ajouter 50 ml de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ préparé au moment du dosage.
- La solution doit se décolorer après rajout de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.
- Titrer avec KMnO_4 à 0,04 N jusqu'au virage au rose.
- **Blanc** : Même procédure mais avec de l'eau distillée.

$$\text{Calcul : } [\text{NaNO}_2]_{\text{g/l}} = \frac{(V_e - V_b)N.34,5}{PE}$$

V_e : Volume de KMnO_4 versé pour titrer l'échantillon.

V_b : Volume de KMnO_4 versé pour titrer le blanc.



Figure III.8: Changement de la couleur après titrage par KMnO_4 .

III.3.1.8. Détermination des chlorures (Argentimétrie)

Cette méthode est applicable pour les eaux industrielles qui ont une concentration en chlorure de 5 ppm et plus, ou des eaux qui ont une grande concentration des métaux lourds qui rendent la méthode mercurimétrique impraticable.

Le pH de l'échantillon doit être ajusté à (8,3), le titrage sera fait à l'aide d'une solution de nitrate d'argent en présence de l'indicateur chromate de potassium jusqu'au virage rouge brique.

Réactifs :

- Chromate de potassium (K_2CrO_4).
- Nitrate d'argent (AgNO_3).
- Chlorure de sodium (NaCl).

Mode opératoire :

- Prendre une PE de 50 ml ajuster le pH à 8,3 avec une solution de H_2SO_4 (1+19) et une solution de NaOH à (10g/l), ajouter quelques gouttes de l'indicateur K_2CrO_4 et titrer jusqu'au virage rouge brique.

$$\text{Calcul : } [Cl^-]_{g/l} = \frac{T.V}{PE}$$

T : Titre de la solution du nitrate d'argent.

V : Volume versé de la solution nitrate d'argent.

PE : Volume de la prise d'échantillon.



Figure III.9: Changement de la couleur des chlorures après titrage.

III.3.1.9. Détermination de la matière organique par l'indice de permanganate de potassium (KMnO₄) :

On regroupe sous l'expression « matières organiques » toutes les substances capables d'être oxydées, à la température d'ébullition par le permanganate de potassium (KMnO₄). Certaines matières sont à l'origine de couleur et de mauvais goût car elles favorisent le développement d'organisme tel que les algues, champignons, bactéries etc....

L'eau est traitée en milieu alcalin par le permanganate de potassium. Après refroidissement le permanganate non consommé est titré.

On calcule donc l'oxydabilité exprimée en mg/l d'oxygène cédé par le permanganate de potassium.

Réactifs :

- Permanganate de potassium (KMnO₄) à N/80.
- Sel de Mohr [(NH₄)₂Fe(SO₄)₂6H₂O] à 5g/l.
- Acide sulfurique (H₂SO₄) à 1/2.
- Bicarbonate de soude saturée.

Mode opératoire:

- Prendre 100 ml de PE, ajouter 1ml de solution de bicarbonate saturée, et 10 ml de permanganate de potassium (KMnO₄).
- Porter à ébullition pendant 10 mn, et refroidir 5 mn sous l'eau courante.
- Parallèlement, prendre 100 ml d'eau distillée et ajouter 10 ml de KMnO₄.

- Ajouter dans les deux PE 5 ml de H₂SO₄ et 30 ml de sel de Mohr, la solution se décolore.
- Titrer avec le permanganate de potassium (KMnO₄) à N/80.

$$\text{Calcul: } [O_2]_{mg/l} = \frac{(V_2 - V_1)N.8000}{PE}$$

V₂ : Volume de KMnO₄ versé pour titrer l'échantillon.

V₁ : Volume de KMnO₄ versé pour titrer le blanc.

PE : Volume de la prise d'échantillon.



Figure III.10 : Changement de la couleur pour la détermination de la matière organique.

III.3.1.10. Mesure de la DBO₅ (Demande biochimique en Oxygène) :

- 1. Appareil** : L'appareil destinée pour la détermination de la demande biochimique en oxygène DBO₅ est : OxiTOP Box WTW.
- 2. Principe de la méthode** : La mesure de la DBO₅ avec le système OxiTop est basée sur la méthode Manométrique, qui mesure la pression de gaz produite par la consommation D'oxygène par les micro-organismes dans un échantillon d'eau.

Les têtes de mesure Electroniques avec flacons de 500 ml sont équipées d'un système d'agitation inductif Pour assurer une répartition homogène de l'oxygène dans l'échantillon. Les micro-Organismes qui se trouvent dans l'échantillon consomment l'oxygène en formant du CO₂, qui est absorbé avec les pastilles NaOH. Il s'ensuit une dépression dont la Mesure Peut être lue directement dans la DBO en mg/l. Le système peut mesurer Jusqu'à six échantillons en même temps et peut fonctionner sur secteur ou avec des Piles.

3. Mode opératoire :

- Prendre un volume d'échantillon entre 43,5 ml – 432 ml : Les essais préliminaires déterminent le volume appropriée utilisée.
- Exe : PE : 432 ml correspondant à une gamme en DBO₅ 0-40 mg/L et facteur F : 1.

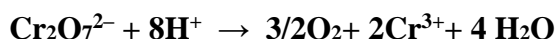
- Transférer l'échantillon dans la bouteille de 500 ml, ajouter quelques pastilles de Soude caustique sur le bouchon en caoutchouc et bien fermer la tête de mesure.
- Commencer la mesure en appuyant simultanée sur les boutons **S – M**.
- Effectuée une mesure avec la touche **M** : Relever les valeurs après 5 jours (système Oxytop).



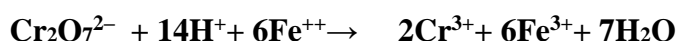
Figure III. 11: Respiromètre.

III.3.1.11. Mesure de la DCO (demande chimique en oxygène) :

TIRIMETRIE : L'oxydation sous reflux durant 2 h à la température d'ébullition, en milieu sulfurique et en présence de sulfate d'argent (catalyseur) et de sulfate mercurique (élimination des interférences dues aux chlorures). La réaction mise en jeu est la suivante :



La détermination volumétrique des ions bichromates en excès, par titrage en retour à l'aide d'une solution de sel de Mohr, en utilisant la ferroïne comme indicateur de fin de réaction :



Il s'agit d'une technique d'oxydation très énergétique.

❖ Mode opératoire :

Pour éviter toute interférence des chlorures procédés à la précipitation de ces derniers par ajout d'une solution (5 ml) d'AgSO₄ à 50 ml d'échantillon puis filtré

- Introduire 10 ml du filtra dans une fiole jaugé complété a 50ml avec l'eau distillé, les introduire dans un ballon de 250 ml.
- Mettre le ballon dans un bain de glace. Ajouter 1 g de sulfate de mercure HgSO₄ cristallisé et 5 ml de H₂SO₄ concentré et quelque pierres régulateurs d'ébullition, mélanger et chauffer si nécessaire, jusqu'à parfaite dissolution.
- Ajouter 25 ml de solution de dichromate de potassium K₂Cr₂O₇ à 0.25N puis 70 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent Ag₂SO₄. Porter à ébullition pendant 2 heures sous

réfrigérant a reflux adapté au ballon. Laisser refroidir. Diluer à 350 ml avec de l'eau distillée

- Ajouter quelques gouttes (8 à 10) ferroïne et titrer le $K_2Cr_2O_7$ en excès avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium à 0.25N pour obtenir le virage rouge violacé. (si la solution vire immédiatement, sans addition de l'indicateur procédé a une dilution)

Blanc : procéder aux mêmes opérations sur 50 ml d'eau distillée

$$\text{Calcul DCO} = V_0 - V_1 \cdot N \cdot 8000 / PE$$

V_0 : volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml).

V_1 : volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml).

PE : volume de la prise d'essai.

N : normalité de la solution de sulfate de fer et d'ammonium



Figure III.12: Représente un matériel pour mesure le DCO.

III.3.1.12. Détermination des métaux lourds

Dosage du Fer dans l'eau par absorption atomique

Etendue :

Cette méthode d'essai couvre la détermination de dissous et de Fer récupérable totale dans la plupart des eaux et des eaux usées. Elle est applicable dans la plage de 0,05 à 2,0 mg / L de Fer.

La gamme peut être étendue à des concentrations supérieures à 2,0 mg / l par dilution de l'échantillon.

Principe :

Le fer dissous est déterminé par atomisation après filtration de l'échantillon directement sans prétraitement. Le fer total est déterminé par atomisation de l'échantillon après filtration et une digestion acide (HNO_3 et HCl).

La même digestion est utilisée pour déterminer le nickel total, chrome, cobalt, cuivre, plomb, manganèse et le zinc.

Réactifs:

- Acide nitrique (1+499).
- Ajouter 1 ml de HNO₃ concentré à 499 ml d'eau (eau acidifiée).
- Solution standard de Fer (1 ml = 0,1 mg de Fer).
- Diluer 100 ml de la solution de Fer à 1mg dans une fiole jaugée de 1l avec de l'eau acidifiée.

Calibration :

- Préparer 100ml de chacune des solutions standards en plus du blanc en diluant la solution standard de fer avec de l'eau acidifiée dans la gamme attendue de la concentration en fer des échantillons à analyser.
- Aspirer le blanc et les solutions standards et lire les valeurs obtenues.
- Aspirer de l'eau acidifiée entre chaque solution standard.
- Tracer la courbe d'étalonnage $A = f(C)$.

Mode opératoire :

- Mesurer 100 ml d'un échantillon acidifié à un $\text{pH} \leq 2$, aspirer chaque échantillon filtré et acidifié et déterminer sa concentration à 248,3 nm.
- Aspirer de l'eau acidifiée entre chaque échantillon.

Remarque : La même méthode est appliquée pour le dosage du Zinc, Nickel, Cadmium, Cuivre ; Manganèse mais le seul changement est la longueur d'onde : le Zinc (213,9nm), le Nickel (232nm), le Cuivre (324,7nm), le Manganèse (279,5nm), le Cadmium (228,8nm).



Figure III.13: Spectrophotomètre à ionisation de flamme.

A decorative frame resembling a scroll, with a black outline and a grey drop shadow. The frame has a vertical bar on the left side and a small scroll-like detail at the top right corner.

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons les résultats de la description des données obtenues pour le point de prélèvement des eaux de rejet au niveau du complexe GL1K Skikda.

IV.2. Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux de rejet du complexe GL1K :

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau IV.1 ci-dessous. L'échantillon présente une couleur brunâtre et une odeur fécaloïde.

Ces analyses ont été effectuées au niveau de laboratoire de GL1K durant la période entre 14/05/2023 au 25/05/2023.

Tableau IV.1 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de rejets.

Paramètres	Unité	Eau de rejets									Les valeurs limitent
		14/05/2023	15/05/2023	16/05/2023	17/05/2023	18/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	
Conductivité	µs/cm	730	781	915	1014	1077	849	849	1007	917	/
Température	°C	20	19	21.2	22	18	22.5	23.2	22.5	20.5	30
Turbidité	NTU	7.4	17.4	8.9	14.4	9.05	5.97	5.97	2.54	10.5	/
pH	/	7.50	7.53	7.64	7.52	7.36	7.71	7.71	7.33	7.20	6.5-8.5
TDS	mg/l	370	382	449	497	527	416	416	493	450	/
DBO ₅	mgO ₂ /l	15	65	28	17	65	30	19	17	15	35
DCO	mgO ₂ /l	100.2	164	68	28	160	12	50.89	22.9	70.55	120
MO	mgO ₂ /l	40.22	30.50	32.78	41.75	45.44	46.768	45.50	43.216	42.78	/
Cl ⁻	mg/l	150.45	178.9	160.78	145.60	180.55	178.50	172.78	180.11	180.45	/
NO ₂ ⁻	mg/l	390	290	180.9	199.8	250.79	230.6	280	250.1	220.6	/
TA	mg/lCaCO ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/
HCO ₃ ⁻	mg/lCaCO ₃	1487.5	2290.7	2000.90	1900.7	2250.9	2180.2	2289.8	2566.2	1930.7	/
TH _T	mg/l	120.6	130.8	140.5	140.2	135.4	130.5	137.2	180.32	160.7	/

	CaCO ₃	6	7	5	2						
TH _{Ca} ²⁺	mg/l Ca ²⁺	104.3	100.5	110.4	120.3	130.4	112.6	105.84	120.38	130.88	/
TH _{Mg} ²⁺	Mg/l Mg ²⁺	16.32	30.37	30.15	20.22	5	17.9	31.36	59.94	29.82	/
Zn	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Cu	mg/l	0.098	0	0.012	0	0	0.0384	0.0673	0.0090	0.047	0.5
Mn	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cd	mg/l	0.016	0.025	0.050	0.159	0.022	0.1404	0.0968	0.0556	0	0.2
Ni	mg/l	0.3781	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
Fe	mg/l	0.3217	0.4895	0	0	0	0.02358	0.1389	0	0	3
Cr	mg/l	0.365	0.355	0.311	0.454	0.435	0.380	0.312	0.3534	0.454	0.5
Pb	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/

IV.2.1. Variation de la conductivité

La figure IV.1 montre une représentation graphique de la variation de la conductivité.

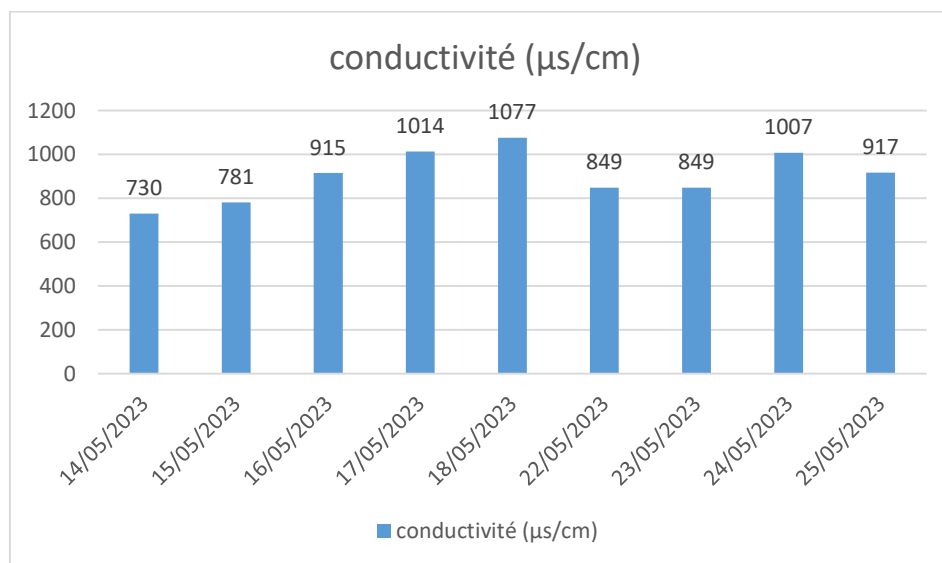


Figure IV.1 : Représentation graphique de la variation de la conductivité.

Les valeurs de la conductivité électrique varient entre 1077µS/cm et 730µS/cm. La valeur moyenne est de 903.5µS/cm. Les fortes valeurs ont été enregistrées dans le cinquième point d'échantillonnage. Par contre les faibles conductivités ont été obtenues dans les 2 premiers points d'échantillonnage. Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer par le phénomène de dilution. En effet, pendant la saison des pluies, les rejets reçoivent une quantité importante d'eau entraînant une dilution considérable des éléments chimiques en présence.

IV.2.2. Variation de la température

Les résultats de la mesure de la température sont représentés dans la figure IV. 2. Les températures enregistrées oscillent entre 20 °C et 23.2°C.

Ces valeurs seraient favorables au maintien de colonies de micro-organismes "mésophiles" qui se développent à une température comprise entre 20° C et 40°C.

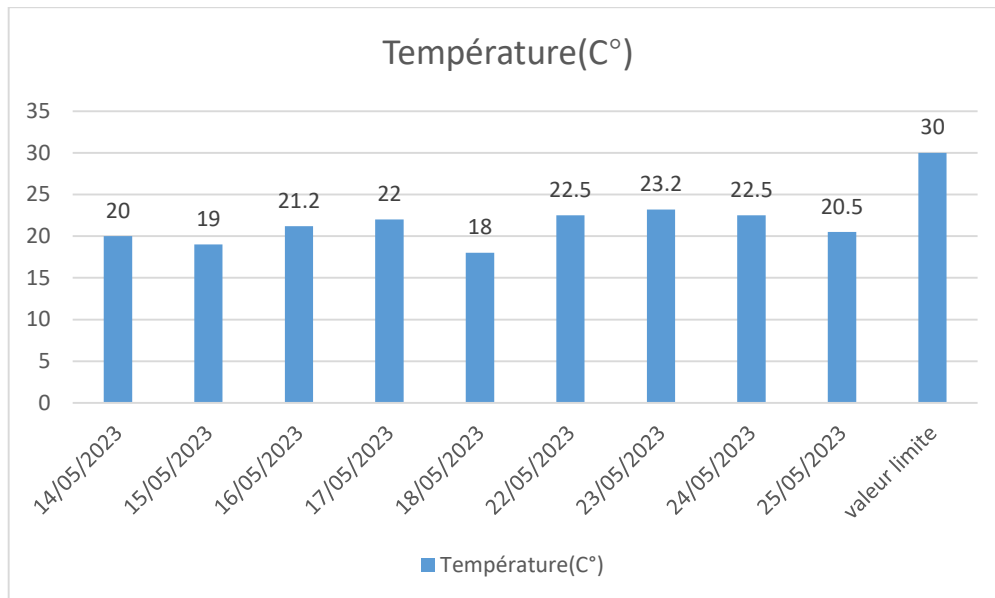


Figure IV.2 : Représentation graphique de la variation de la température.

IV.2.3. Variation de la Turbidité

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entrainées dans les eaux.

Les mesures de turbidités sont représentées par la figure suivante IV.3. La turbidité mesurée au niveau des eaux de rejets varie entre 2.54 et 17.4 NTU (Nephelométric Turbidity Unit).

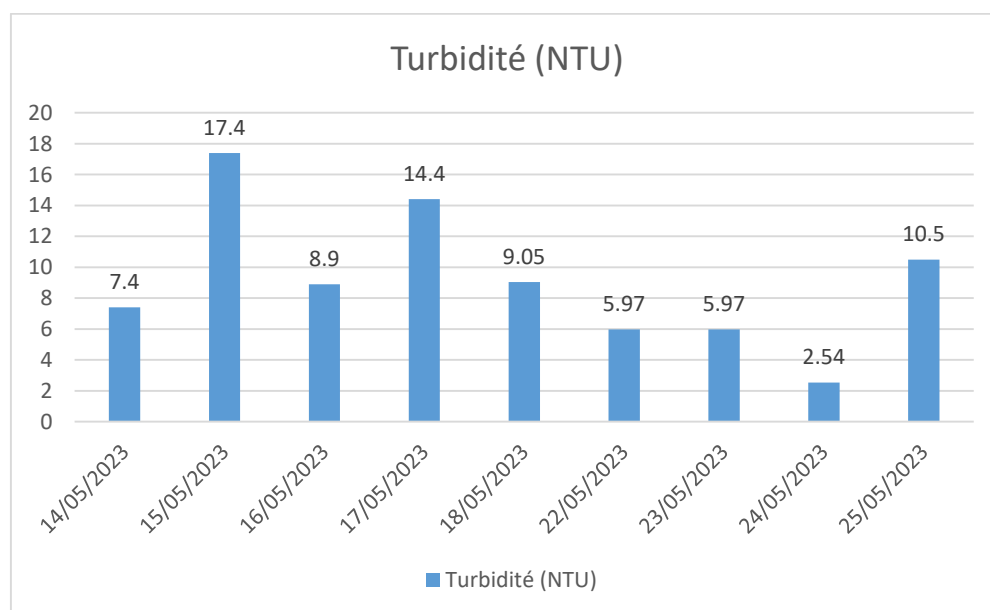
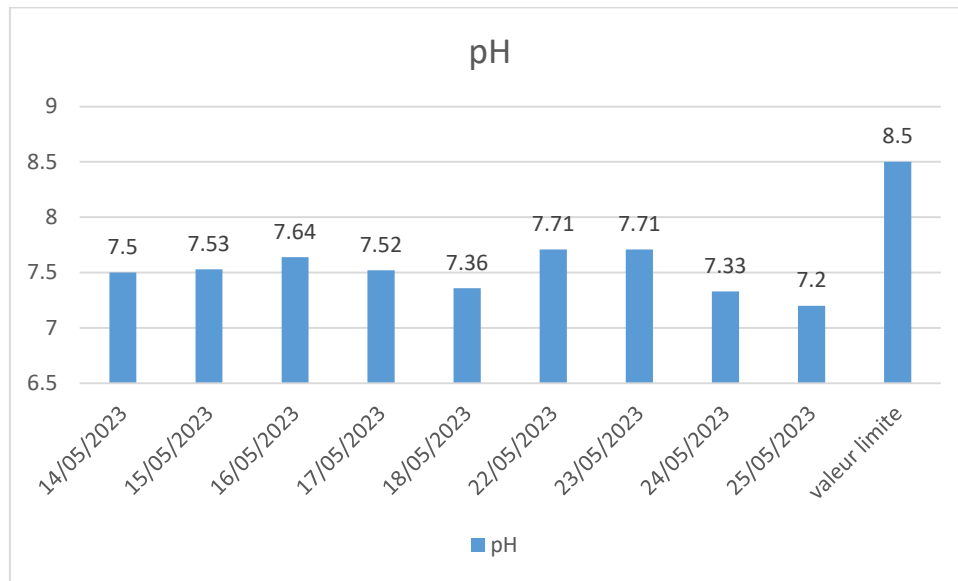


Figure IV.3 : Représentation graphique de la variation de la turbidité.

IV.2.4. Variation du pH

Le pH demeure un paramètre important à prendre en considération lors du traitement des eaux usées. La figure IV.4 illustre les résultats de mesures du pH.

Les valeurs obtenues de pH, dans les eaux de rejets, pourraient être liées à la faible concentration de composés organiques volatiles. En effet, lors de la fermentation acide, première phase de la décomposition anaérobie des déchets ces valeurs varient entre 7.2 et 7.7.

*Figure IV.4: Représentation graphique de la variation du pH.*

IV.2.5. Variation du taux des sels dissous (TDS)

La variation du taux des sels dissous est représentée dans la figure IV.5.

L'origine du TDS est liée à la présence de certains éléments : Cl^- et Na^+ présentant des concentrations variables. Le diagramme de la variation des concentrations montre que les fortes teneurs en TDS se localisent dans le cinquième point du prélèvement avec une valeur maximale égale à 527mg/l et une valeur minimale équivalente à 370 mg/l.

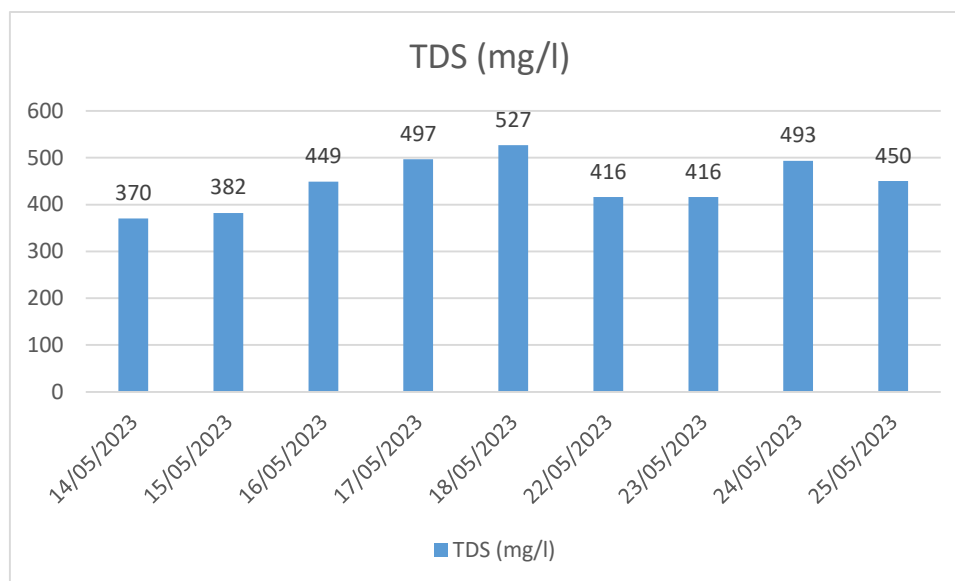


Figure IV.5 : Représentation graphique de la variation du TDS.

IV.2.6. Variation de la DBO₅

Les mesures de la DBO₅ des différents échantillons sont représentées dans la figure suivante :

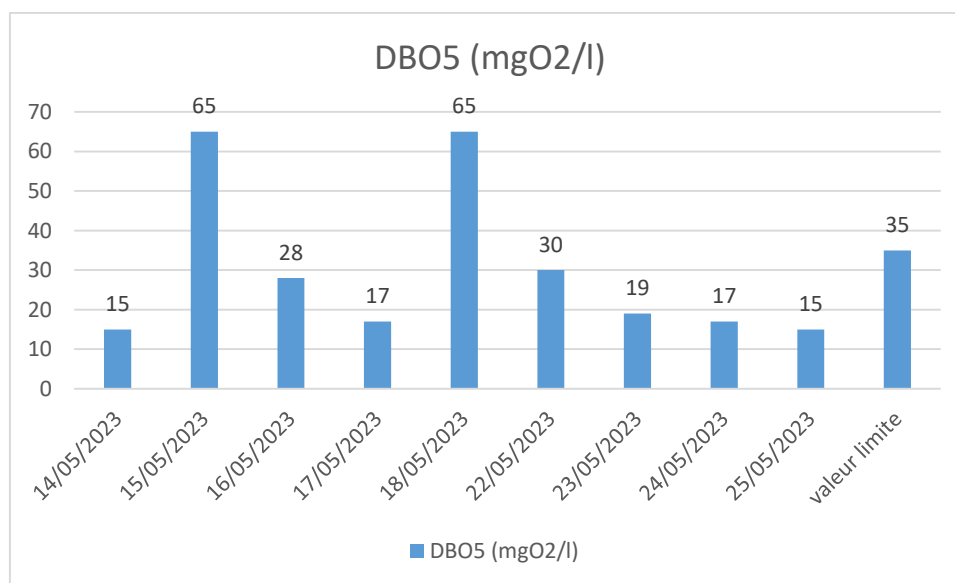


Figure IV.6 : Représentation graphique de la variation du BDO₅.

La DBO₅ est un indicateur de la pollution organique des eaux. Elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent. Les DBO₅ varient de 15 mg d'O₂/l à 65 mgd'O₂/l. La valeur moyenne est d'environ 40 mgd'O₂/l.

Cette valeur est supérieure à la valeur de référence (DBO₅ = 35 mgd'O₂/l).

Les fractions organiques (DBO₅/DCO) renseignent sur la biodégradabilité des molécules organiques. Ces valeurs nous montrent que les eaux de rejets sont riches en matières organiques biodégradables. Cela signifie que les molécules organiques contenues dans les eaux de rejets n'ont pas encore atteint l'étape finale de leur dégradation. A ce stade, ils sont caractérisés par une

phase instable de fermentation méthanique ; ce qui favorise le phénomène d'anaérobiose et le maintien de la décharge dans une phase de dégradation active.

IV.2.7. Variation de la DCO

La figure IV.7 représente les mesures de la DCO des différents échantillons.

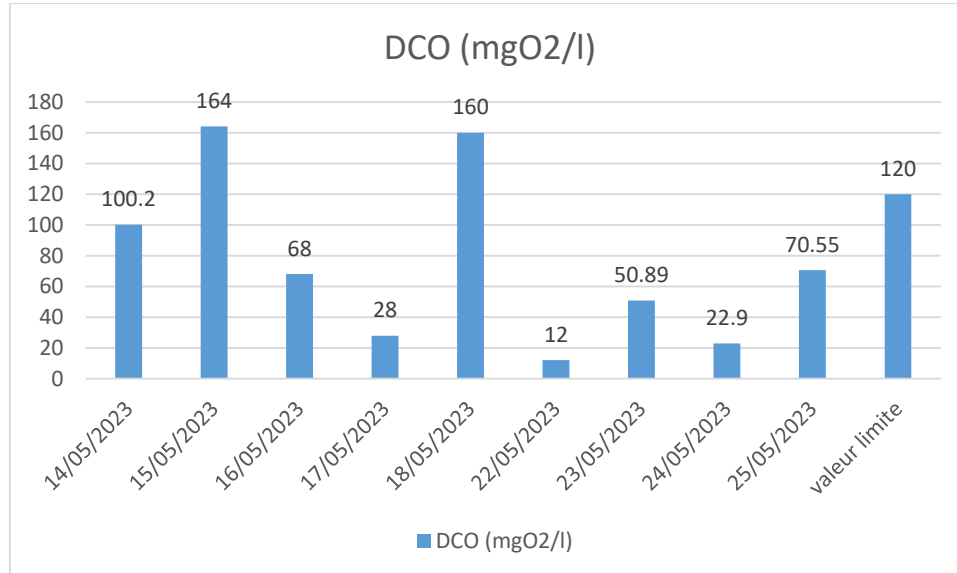


Figure IV.7 : Représentation graphique de la variation de la DCO.

La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques et des sels minéraux oxydables.

Les teneurs enregistrées sont comprises entre 12 mg d'O₂/l et 165 mg d'O₂/l. La teneur moyenne est de 88.5 mgO₂/l.

Cette teneur est supérieure à la valeur de référence (DCO = 120 mgd'O₂/l). La valeur élevée de la DCO indique une charge organique élevée.

IV.2.8. Variation de la matière organique (MO)

Les différents résultats de la teneur en matière organique sont illustrés par la figure IV.8

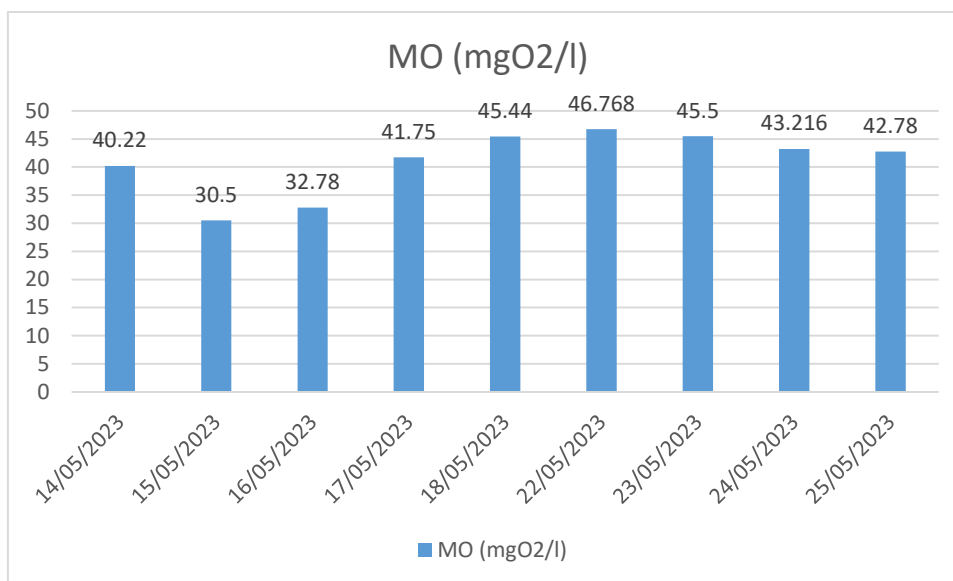


Figure IV.8 : Représentation graphique de la variation du MO.

D'après la figure IV.8, nous remarquons une faible variation de la teneur en matière organique d'un échantillon à un autre. Nous notons une valeur maximale de 46.76 pour le 22 mai 2023. La valeur minimale (30.5) est enregistrée pour le 15 mai 2023.

IV.2.9. Variation des chlorures (Cl⁻)

La concentration des chlorures participe à la conductivité électrique de l'eau. La figure IV.9 montre les résultats d'analyse de la teneur en chlorure de différents échantillons. Les teneurs en chlorures relevées montrent qu'il s'agit d'un échantillon chargé en chlorures. Elles varient entre 145.6 mg/l et 180.55 mg/l.

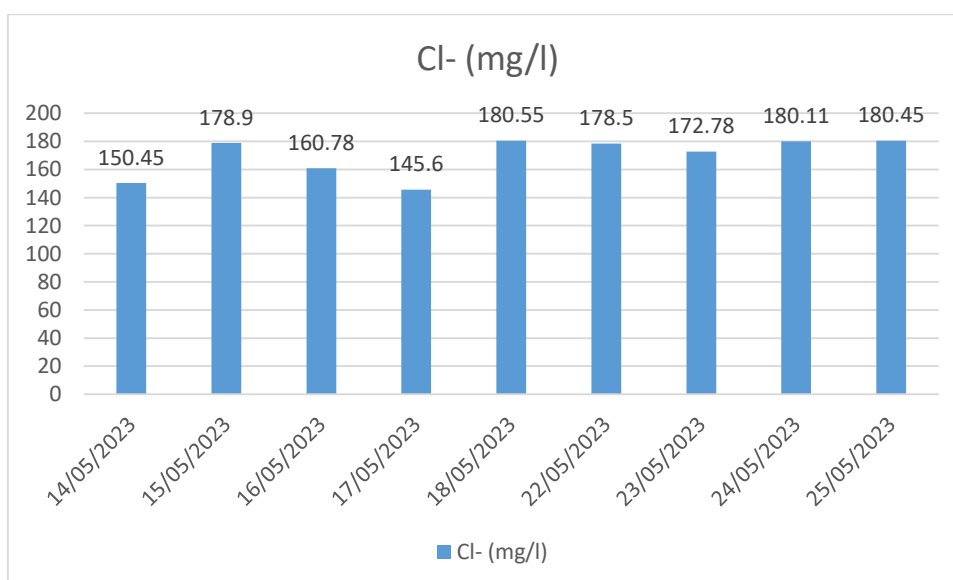


Figure IV.9 : Représentation graphique de la variation des chlorures.

IV.2.10. Variation des nitrites (NO₂⁻)

Les mesures des nitrates dans l'eau sont illustrées dans la figure IV.10.

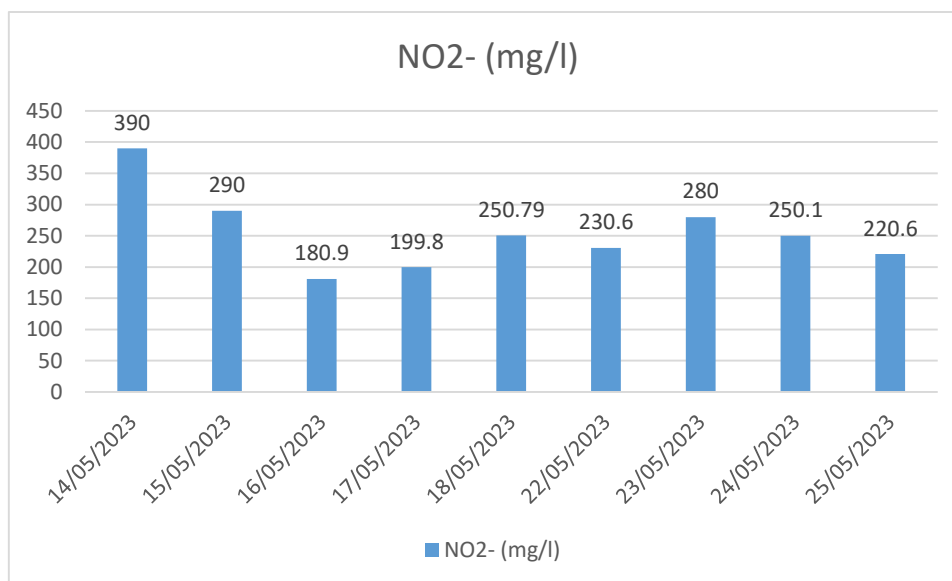


Figure IV.10 : Représentation graphique de la variation des nitrites.

Les nitrites proviennent, soit d'une réduction des nitrates, soit d'une oxydation incomplète des ions ammonium (Rodier, 1996). Les teneurs en NO₂⁻ varient entre 180.9 mg/l et 390 mg/l. Ces fortes teneurs sont dues aux valeurs fortes de l'oxygène dissous et du potentiel redox dans les eaux de rejet.

IV.2.11. Variation des bicarbonates (HCO₃⁻)

Les résultats de la mesure de bicarbonates sont représentés dans la figure IV.11. Les concentrations en bicarbonates dans les eaux de rejets sont relativement importantes elles ont des valeurs comprises entre 1487.5 mg/lCaCO₃ et 2566.2 mg/lCaCO₃.

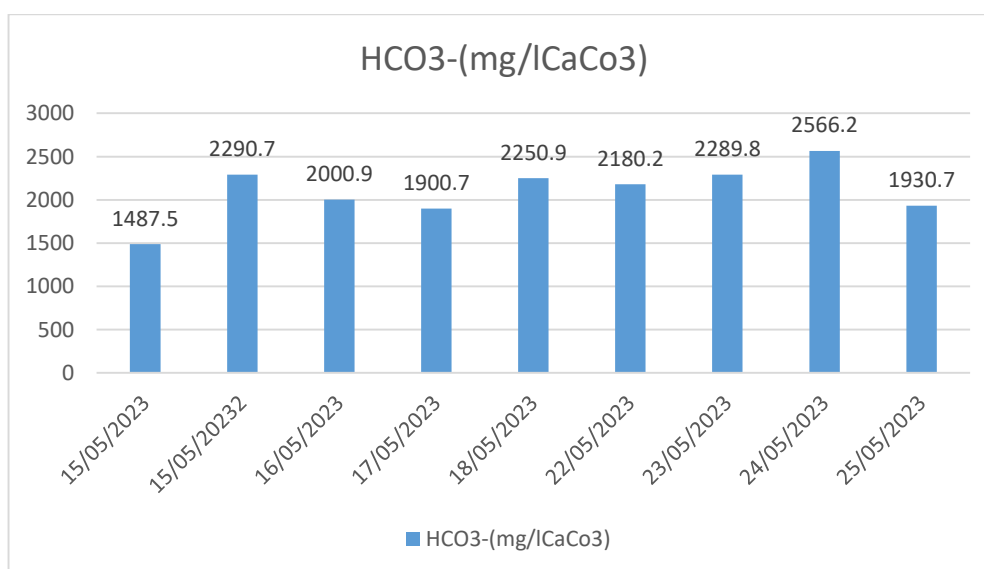


Figure IV.11 : Représentation graphique de la variation des HCO₃⁻.

IV.2.12. Variation de la dureté totale (TH_T)

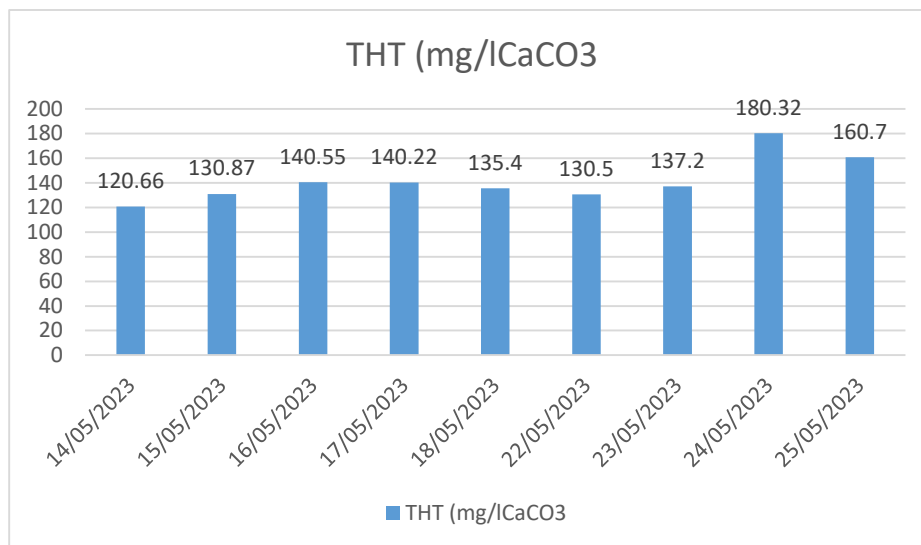


Figure IV.12 : Représentation graphique de la variation du TH_T .

Les valeurs de TH_T mesurées au niveau des eaux de rejets montrent des valeurs élevées contenues dans ces eaux, elles sont variées entre 120.66 mg/l CaCO₃ et 180.32 mg/l CaCO₃.

IV.2.13. Variation de la dureté calcique ($TH_{Ca^{2+}}$)

La figure suivante illustre les mesures de la dureté calcique des eaux de rejets des différents prélèvements.

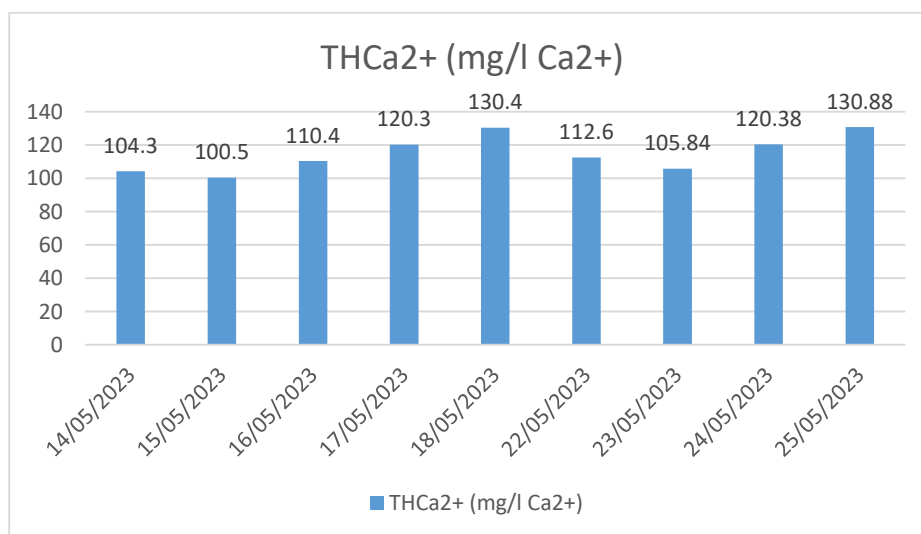


Figure IV.13 : Représentation graphique de la variation du $TH_{Ca^{2+}}$.

La mesure de Calcium dans les eaux de rejets montre que ces eaux sont riches en calcium. Les teneurs sont variées entre 100.5 mg/l Ca²⁺ et 130.88 mg/l Ca²⁺. Ce type de rejet n'a pas une valeur limite fixée.

IV.2.14. Variation des métaux lourds

❖ Variation du zinc (Zn)

D'après la figure IV.14 nous remarquons une absence total du métal Zinc dans les eaux de rejets avec une valeur nulle dans tous les points d'échantillonnage et ne dépassent pas la valeur limite 3 mg/l.

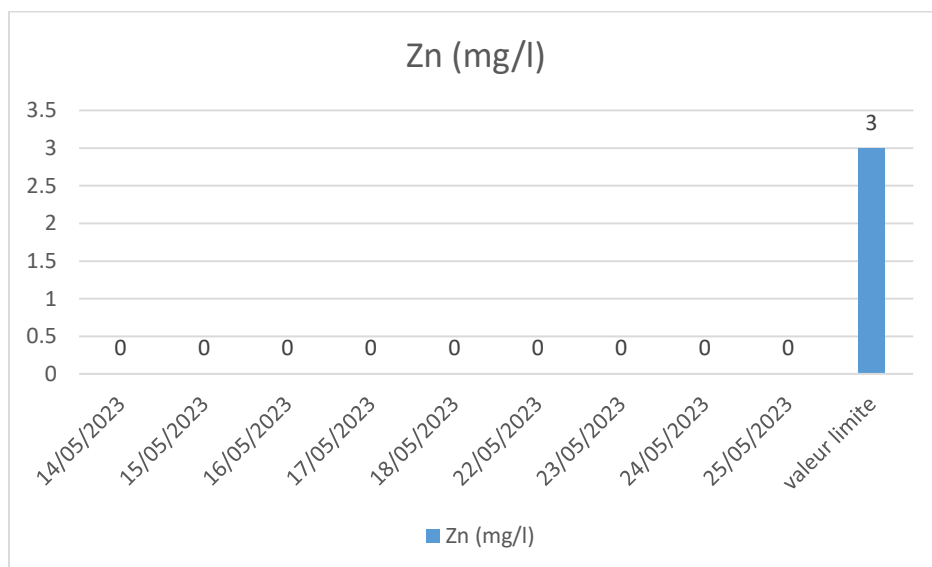


Figure IV.14 :Représentation graphique de la variation du Zn.

❖ Variation du Cuivre (Cu)

La mesure du cuivre dans les eaux de rejets montre l'existence de ce métal dans les eaux avec un faible teneur qui ne dépassent pas la valeur limite 0.5 mg/l.

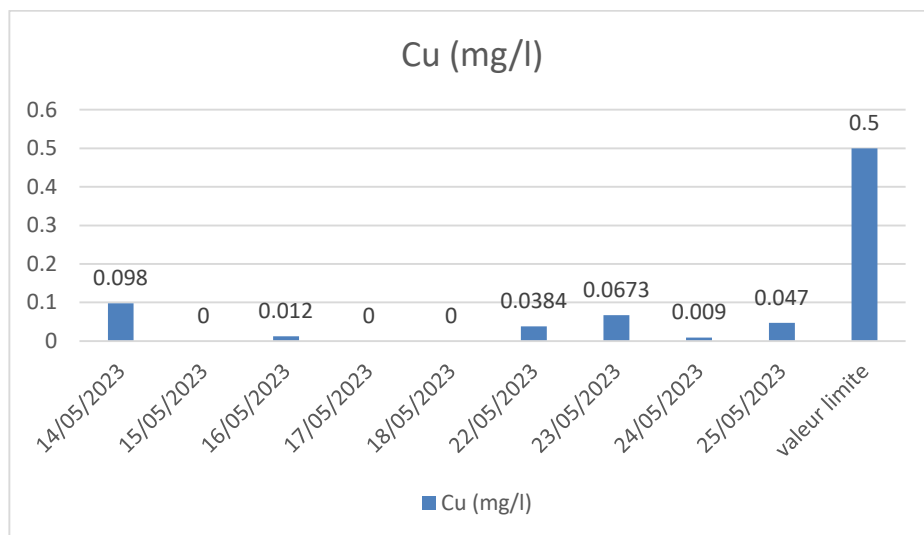


Figure IV.15 : Représentation graphique de la variation du Cu.

❖ Variation du Manganèse (Mn)

Compte au Manganèse qui est un métal toxique, les eaux de rejets ne contiennent pas ce métal avec des valeurs nulles et ne dépasse pas la valeur limite égale à 1 mg/l.

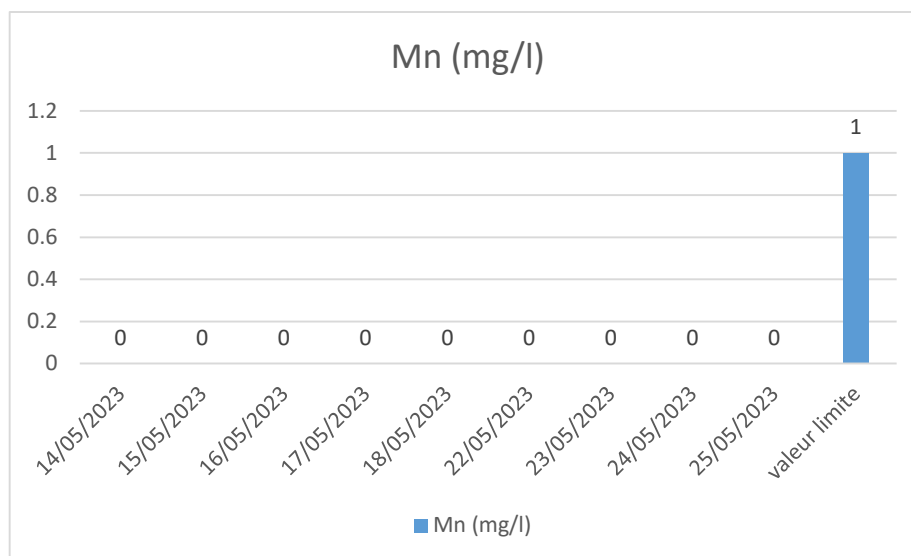


Figure IV.16: Représentation graphique de la variation du Mn.

❖ Variation du Cadmium (Cd)

Les mesures de la concentration en Cadmium sont représentées dans la figure IV.17.

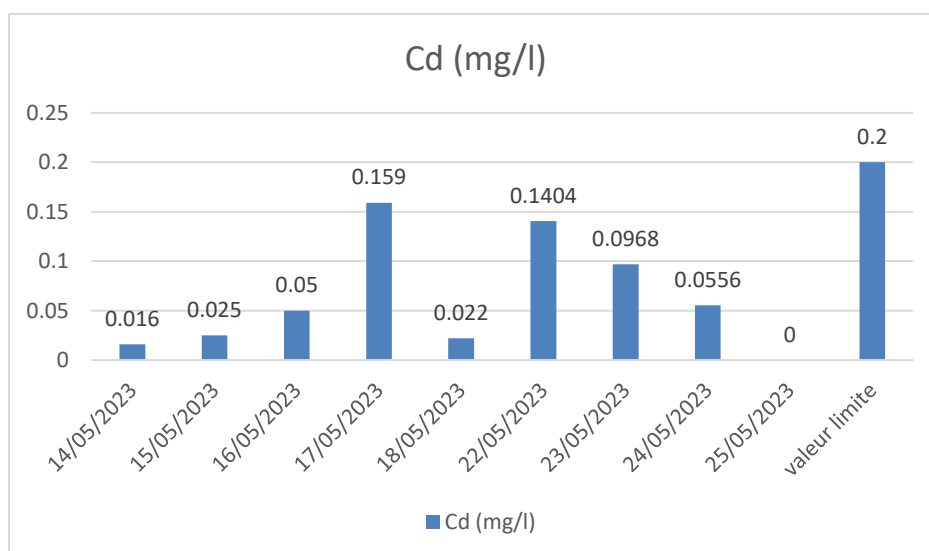


Figure IV.17 : Représentation graphique de la variation du Cd.

D'après la figure IV.17, nous remarquons un teneur en Cadmium avec des concentrations importantes dans les eaux de rejets, elles sont comprises entre 0.159 mg/l et 0.016 mg/l. Ces valeurs ne dépassent pas la valeur limite (0.2 mg/l).

❖ Variation du Nickel (Ni)

L'examen des valeurs de Nickel dans les eaux de rejets (figure IV.18) montre des une valeur importante du Nickel dans le premier jour du prélèvement avec une valeur de 0.3781 mg/l. cette valeur ne dépasse pas les normes (0.5 mg/l). Nous notons un absence de ce métal dans les autres jours de prélèvement.

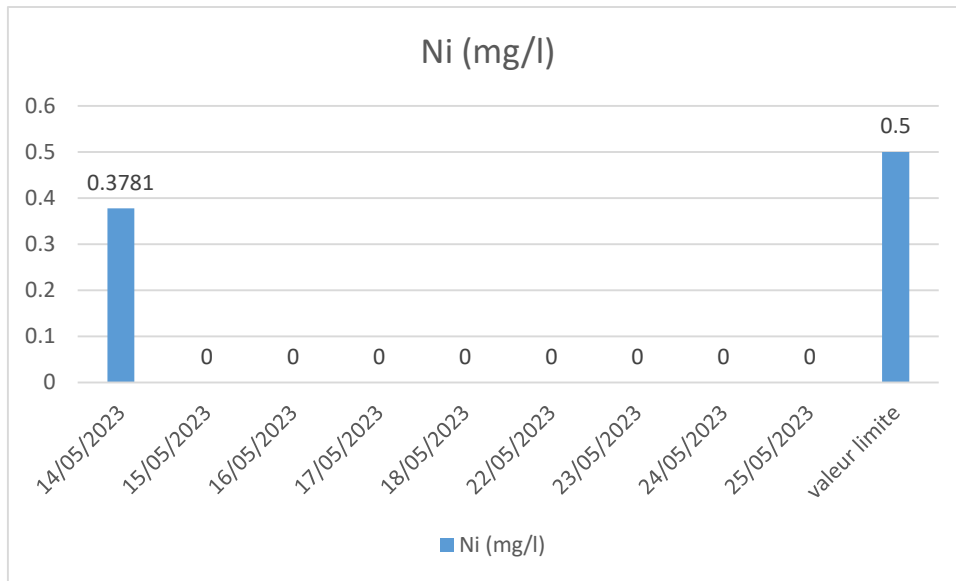


Figure IV.18 : Représentation graphique de la variation du Ni.

❖ Variation du Fer (Fe)

Les teneurs en Fer dans les eaux de rejets sont très faibles et ne dépassent pas la valeur de limite (3 mg/l). Elles sont comprises entre 0.02358 mg/l et 0.4895 mg/l et des valeurs nulles dans la plupart de point de prélèvement.

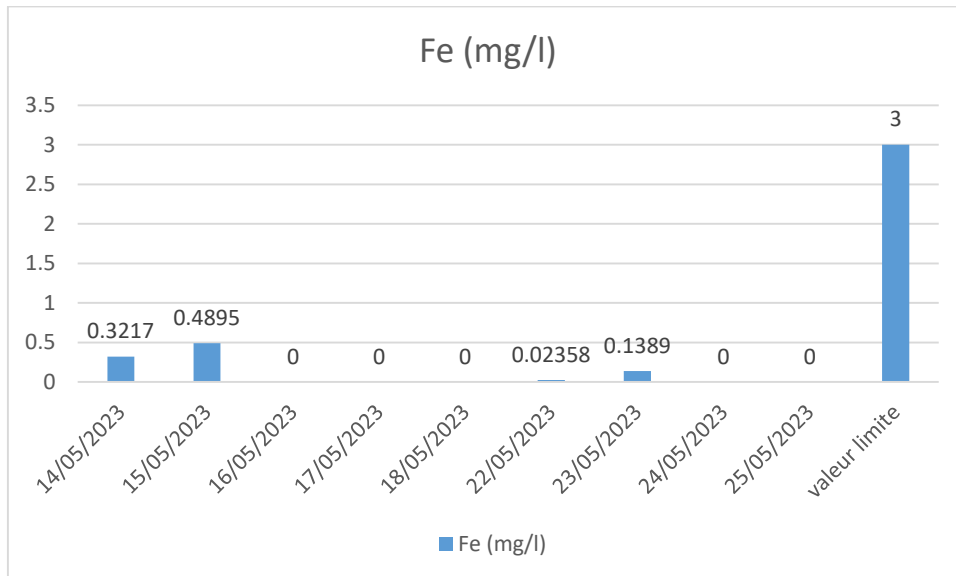


Figure IV.19: Représentation graphique de la variation du Fe.

❖ Variation du chrome (Cr)

Les résultats de la teneur en chrome sont représentés dans la figure suivante :

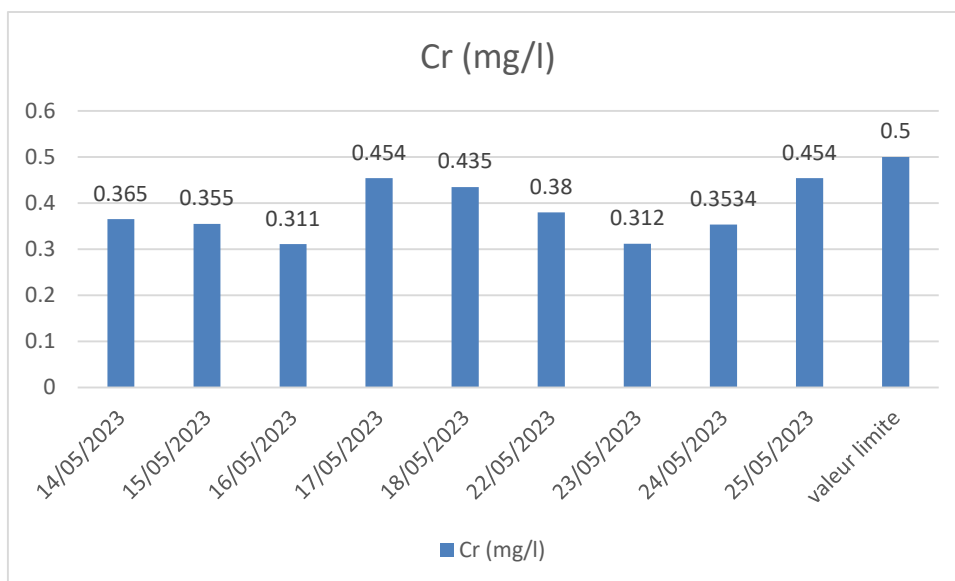


Figure IV.20 : Représentation graphique de la variation du Cr.

Le chrome est un métal toxique pour l'homme et l'environnement, sa valeur ne doit pas dépasser la valeur limite. Dans nos résultats, on voit une quantité importante de ce métal avec des valeurs comprises entre 0.311 mg/l et 0.454 mg/l, mais elles ne dépassent jamais la valeur limite de 0.5 mg/l.

❖ **Variation du plomb (Pb)**

Par ailleurs, on distingue une absence totale du métal plomb dans les eaux de rejets sur tous les points de prélèvement et dans toute la série des dates des résultats obtenus.

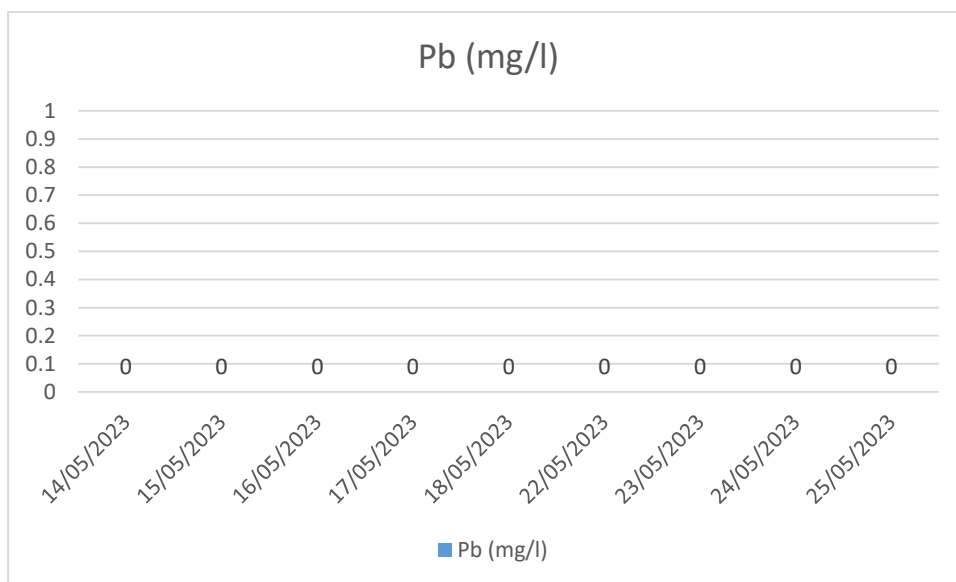


Figure IV.21 : Représentation graphique de la variation du Pb.

Discussion

La caractérisation des eaux de rejets a montré qu'il s'agit de rejets intermédiaires, véhiculant une importante charge minérale et organique. La charge organique est traduite par les

fortes valeurs de la DCO (160 à 164 mgO₂/L) et de la DBO₅ (65mgO₂/L). Les teneurs obtenues en ces polluants restent supérieures aux normes admises.

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Ils sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que l'étude à réaliser. D'un point de vue scientifique, les métaux lourds peuvent être également définis comme : tout métal ayant une densité supérieure à 5 peut être toxique pour les systèmes biologiques. Dans le traitement des déchets liquides, parmi les métaux lourds indésirables auquel on s'intéresse principalement est : le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn), le cadmium (Cd), le Nickel (Ni), le Fer (Fe), le chrome (Cr), et le plomb (Pb) qui est associé aux notions de pollution et de toxicité.

Dans les eaux de rejets du complexe GL1/K ses métaux ne dépassent pas les normes des eaux de rejets du fait qu'elle ne présente pas de risque pour l'environnement.

Pour les autres paramètres comme la température, le PH, la conductivité

* Ces paramètres aussi ne dépassent pas les normes des eaux de rejets.

IV.3. Conclusion

Notre étude a été menée dans l'objectif de contrôler la caractérisation physicochimique des eaux de rejets rejetés par le complexe de GL1K dans le milieu aquatique et l'impact de ses rejets sur l'environnement.

Les résultats obtenus au niveau du laboratoire ont montré que les valeurs des différents paramètres physicochimiques de l'eau rejetée est inférieure à la limite exigée par la réglementation internationale de contrôle des rejets des eaux industrielles.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les eaux usées ont des origines différentes, on distingue en particulier les eaux usées domestiques, des eaux usées industrielles, celles-ci contiennent différents polluants qu'il faut éliminer avant le rejet de ces eaux en milieu naturel.

Ces polluants sont éliminés par le biais de stations d'épuration, il existe différents types de station d'épuration qui traite les eaux usées de différentes manières.

Le traitement diffère surtout dans la chaîne biologique, les boues activées peuvent être utilisées et mises en parallèle aux roseaux, les eaux usées sont traitées dans le but d'être rejetées en milieu naturel. Elles se doivent de respecter certaines normes de dépollution.

Notre visite de la station de traitement des eaux usées du complexe GL1/K SKIKDA, nous a permis de constater que la technologie des stations d'épuration actuelles ne permet pas le traitement des micropolluants.

Au cours de ce travail, nous avons pu mettre en évidence dans les différents sites étudiés, des concentrations élevées dans les paramètres biologiques (DCO, DBO₅) qui dépassent les normes admissibles des rejets d'eaux industrielles à cause du manque de traitement biologique convenable au niveau du bassin des eaux de rejets ou se collectent les eaux du séparateur ainsi du sanitaire c'est pour cela les concentrations de ces eaux qui vont être collectées sur le bassin de rejet après une opération de dilution est rejetée dans l'environnement ne sont conformes pas aux normes. De ce fait on insiste de mettre en place un traitement biologique par boue activée qui sert à diminuer ou éliminer cette pollution qui reflète sur l'environnement et par conséquent sur la vie humaine.

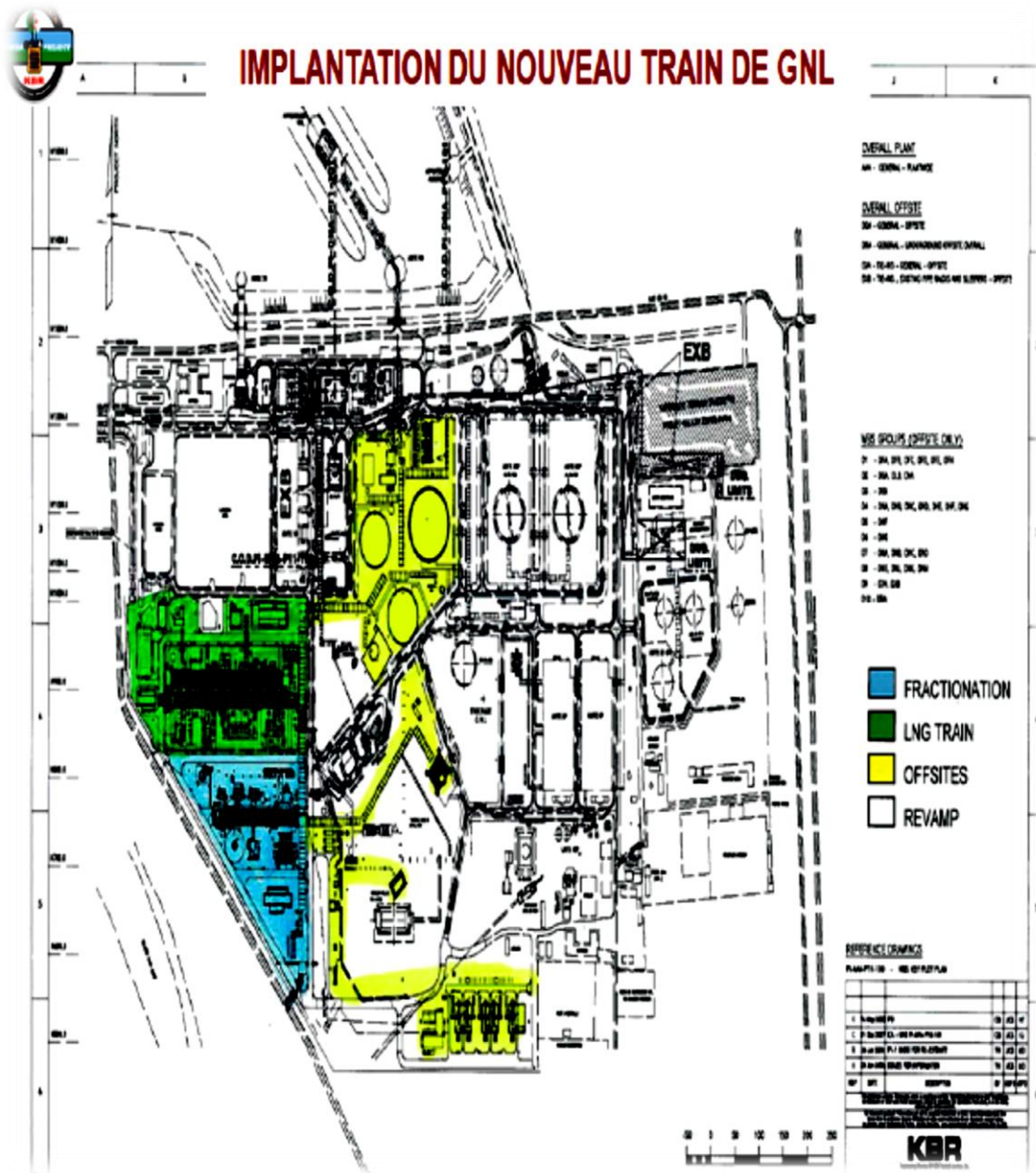
Bibliographie

Références bibliographiques

- [1] NANI.H.B, TOUIL. A, & NANI. M. (2021). *La Réutilisation Des Eaux Usées En Agriculture à Partir De La Station D'épuration (STEP 03) De La Wilaya d'El-Oued*. Echahid HAMMA LAKHDAR d'El-Oued.
- [2] ZEGHOUD, M. S. (2014). *Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra*. <http://dspace.univ-eloued.dz:80/xmlui/handle/123456789/22475>
- [3] Organisation des Nations Unies. (2023). *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau : Partenariats et coopération pour l'eau*—UNESCO Bibliothèque Numérique.
- [4] BEN CHEHEM, M., BOUAZZA, H., & LABBAZ, L. *Inventaire des études scientifiques relatives à la réutilisation des eaux usées dans le domaine piscicole (Doctoral dissertation)*.
- [5] GHETTAS, N. (2009). *Epuration des Eaux Usées: Cas de la Ville de Touggourt* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA).
- [6] HARI. D. (2001). *Industrial waste and waste management*.
- [7] SHI, H. (2009). *Industrial wastewater-types, amounts and effects. Point sources of Pollution: Local effects and their Control, 1*, 191-192.
- [8] BAKER, R. W. (2012). *Membrane technology and applications*. John Wiley & Sons.
- [9] Mohsen, M. S., & Jaber, J. O. (2003). *Potential of industrial wastewater reuse. Desalination, 152*(1-3), 281-289.
- [10] Bontoux, J. (1983). *Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson*. Librairie Lavoisier. <https://www.lavoisier.fr/livre/environnement/introduction-a-l-etude-des-eaux-douces-eaux-naturelles-eaux-usees-eaux-de-boisson-2eme-edition/bontoux/descriptif-9782870800249>
- [11] CLAUDE, R. (1996). *Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux*. Elsevier. <https://www.decitre.fr/livres/les-eaux-les-bacteries-les-hommes-et-les-animaux-9782906077935.html>
- [12] BOUMEDIENNE, M. E. A. (2013). *Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées: cas de la step ain el houtz* (Doctoral dissertation). <http://dspace.univ-tlemcen.dz//handle/112/5013>
- [13] MESSROUK, H., TOUIL, Y., & MAHAMMED, M. H. (2012). *Analyse quantitative des composés phénoliques dans les effluents industriels de la ville de Ouargla*. *Annales des Sciences et Technologie*, 4(2), 7.

ANNEXES

Annexes A : situation géographique du train GNL.



Annexe B : Normes des rejets liquides.

Paramètres	Unités	Normes
Température	C°	30
pH	Ute	6.5-8.5
MES	mg/l	35
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphore	mg/l	10
DCO	mg/l	120
DBO ₅	mg/l	35
Aluminium	mg/l	3
Phénol	mg/l	0.3
Hydrocarbure totaux	mg/l	10
Huiles et graisses	mg/l	20
Cadmm	mg/l	0.2
Cuivre	mg/l	0.5
Mercure	mg/l	0.01
Plomb	mg/l	0.5
Chrome	mg/l	0.5
Magnésium	mg/l	1
Nickel	mg/l	0.5
zinc	mg/l	3
Fer	mg/l	3