

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique
بلحاج بوشعيب جامعة عين تموشنت
Université–AinTemouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de laTechnologie
Département HYDRAULIQUE



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en HYDRAULIQUE
Domaine :HYDRAULIQUE
Filière : HYDRAULIQUE URBAINE
Spécialité :HYDRAULIQUE URBAINE
Thème

Performance de la station d'épuration Ain el kihel : Analyse et Simulation

Présenté Par :

1) Mr. CHELLALI Mohamed

Devant le jury composé de :

Benchekor Hassiba	Président	UAT.B.B (MCB)
Benaicha Mohamed	Examineur	UAT.B.B (MCB)
Bentahar Kheira	Encadrant	UAT.B.B (MAA)

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

*Je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, pour m'avoir permis
d'accomplir ce travail.*

*J'exprime ma profonde gratitude à Madame **Bentahar**
KHeira, mon encadrante, pour son accompagnement, ses conseils
précieux et sa bienveillance tout au long de ce mémoire.*

*Je remercie également les enseignants de Département
hydraulique , ainsi que le personnel de la station d'épuration
d'Aïn El Kihal pour leur aide et leur disponibilité.*

*Enfin, mes sincères remerciements à ma famille, mes amis et
toutes les personnes qui m'ont soutenu(e) tout au long de ce
parcours.*

Dédicace

*Louange à Allah, Seigneur des mondes,
Lui qui m'a accordé la patience, la force et la capacité d'accomplir ce
travail.*

Sans Sa volonté, rien n'aurait été possible.

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents : Nasira, Fadhlia et Belgumali, sources
inépuisables d'amour, de sagesse et de prières.*

*Que Dieu vous protège, vous comble de Sa miséricorde, et vous
récompense pour tout ce que vous avez fait pour moi.*

À mes frères et sœurs : Aiecha

*Ahmed, Mahajia, Houda, Asmaa, Abbassia, Mariam et
Abd'Elouadoud,*

*merci pour votre amour, vos encouragements et votre présence
constante à mes côtés.*

*Une dédicace toute particulière à Madame Bentahar Kheira
pour sa bienveillance, son accompagnement précieux, et ses conseils
éclairés tout au long de ce parcours.*

*Que Dieu récompense chacun de vous pour le rôle que vous avez joué
dans l'aboutissement de ce travail.*

Résumé

Les eaux usées représentent l'une des principales sources de pollution issues des activités domestiques, industrielles et commerciales. Avec l'urbanisation croissante et l'augmentation de la densité de la population, les volumes de ces eaux ne cessent d'augmenter, ce qui engendre de sérieux défis environnementaux et sanitaires. Ainsi, la mise en place de systèmes de traitement efficaces devient une nécessité urgente afin de protéger la santé publique et préserver l'équilibre des écosystèmes.

Cette étude porte sur l'évaluation des performances de la station d'épuration d'Aïn El Kihal, qui utilise le procédé des boues activées pour le traitement des eaux usées domestiques. Deux approches principales ont été adoptées dans ce travail :

- Une analyse physico-chimique des eaux à l'entrée et à la sortie de la station, visant à évaluer son efficacité dans l'élimination des polluants.
- Une simulation numérique à l'aide du logiciel GPS-X, un outil avancé permettant de modéliser les procédés de traitement et d'identifier les pistes d'amélioration de la performance.

Dans le cadre du suivi des performances de la station, une comparaison a été réalisée entre les résultats expérimentaux issus des analyses en laboratoire et ceux générés par le logiciel de simulation. Cette comparaison a montré une bonne concordance entre les données, ce qui témoigne de la fiabilité des performances de la station et de la précision de la modélisation numérique. De bons rendements d'épuration ont été enregistrés pour les paramètres biologiques et physiques tels que : DBO_5 , DCO, NH_4^+ et MES.

Abstract

Wastewater is one of the main sources of pollution resulting from domestic, industrial, and commercial activities. With increasing urbanization and population density, the volume of wastewater continues to grow

, leading to serious environmental and health challenges. Therefore, the implementation of effective treatment systems has become an urgent necessity to protect public health and preserve ecosystem balance.

This study focuses on evaluating the performance of the Aïn El Kihal wastewater treatment plant, which uses the activated sludge process for treating domestic wastewater. Two main approaches were adopted in this work :

- A physico-chemical analysis of the influent and effluent, aimed at assessing the plant's effectiveness in pollutant removal.
- A numerical simulation using the GPS-X software, an advanced tool used to model treatment processes and identify performance improvement strategies.

As part of the plant's performance monitoring, a comparison was carried out between the experimental results obtained from laboratory analyses and those generated by the simulation software. This comparison revealed a good correlation between the data, demonstrating both the reliability of the plant's performance and the accuracy of the digital modeling. High removal efficiencies were recorded for key biological and physical parameters such as BOD₅, COD, NH₄⁺, and TSS.

ملخص

تُعد المياه المستعملة من أبرز مصادر التلوث الناتجة عن الأنشطة المنزلية والصناعية والتجارية. ومع تزايد وتيرة التحضر وارتفاع الكثافة السكانية، تزايدت كميات هذه المياه، مما يطرح تحديات بيئية وصحية خطيرة. وبناءً على ذلك، أصبحت الحاجة إلى أنظمة معالجة فعالة ضرورة ملحة من أجل حماية الصحة العامة والحفاظ على توازن النظم البيئية.

تركز هذه الدراسة على تقييم أداء محطة معالجة المياه المستعملة بعين الكيل، التي تعتمد على تقنية الحمأة المنشطة في معالجة المياه المنزلية. وقد تم اعتماد منهجين أساسيين في هذا البحث:

- تحليل فيزيائي-كيميائي للمياه الداخلة والخارجة، بهدف تقييم مدى فعالية المحطة في إزالة الملوثات.
- محاكاة رقمية باستخدام برنامج GPS-X، وهو أداة متقدمة تُستخدم لنمذجة عمليات المعالجة وتحديد سبل تحسين الأداء.

وفي إطار متابعة أداء المحطة، تم إجراء مقارنة بين النتائج التجريبية المستخلصة من التحاليل المخبرية، وتلك الناتجة عن المحاكاة باستخدام البرنامج. وقد أظهرت هذه المقارنة توافقاً جيداً بين البيانات، مما يدل على موثوقية الأداء ودقة الطلب البيوكيميائي: كما تم تسجيل مردودية جيدة على مستوى إزالة المعايير البيولوجية والفيزيائية، مثل التمثيل الرقمي (MES)، والمواد العالقة (NH_4^+)، الأمونيوم (DCO)، الطلب الكيميائي على الأوكسجين (DBO_5) على الأوكسجين.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur le traitement des eaux usées	2
I.1 Introduction	3
I.2 Origine et nature des eaux usées à traiter	3
I.2.1 Eaux usées domestiques	3
I.2.2 Eaux usées industrielles	3
I.2.3 Les eaux agricoles	3
I.2.4 Les eaux pluviales	4
I.3 Les différents types de pollution des eaux	4
I.3.1 Pollution physique	4
I.3.2 Pollution chimique	4
I.3.3 Pollution minérale	5
I.3.4 Pollution biologique	5
I.4 L'objectif d'épuration des eaux usées	6
I.4.1 Les déversements des eaux usées dans le milieu naturel	6
I.5 Épuration des eaux usées	6
I.5.1 Procédés d'épuration des eaux usées	7
I.6 Conclusion.....	12
Chapitre II : ETUDE DE SITE ET PROCEDES DE TRAITEMENT	13
II.1 Introduction.....	14
II.2 Situation géographique de la zone d'étude	14
II.3 Implantation	14
II.4 Caractéristiques climatologiques	16
II.4.1 Pluviométrie	16
II.4.2 Température	16
II.4.3 Vitesse des Vents	18
II.5 Procèdes de traitement deseaux usées da la station d'épuration boues activée de la ville Ain Kihal	19
II.5.1 Introduction.....	19
II.5.2 Données de base.....	19
II.5.3 Le prétraitement	20
II.5.4 Dégrillage.....	20
II.5.5 Traitement Secondaire	22
II.5.6 Traitement tertiaire	24

II.5.7 Traitement des boues	27
II.5.8 Stabilisation des boues	27
II.5.9 Traitement par épaissement	27
II.6 Conclusion	30
Chapitre III : Etude expérimentale des paramètres physiques-chimiques de la Step	31
III.1 Introduction	32
III.2 Echantillonnage	32
III.3 Analyses physico-chimiques	33
III.3.1 Température.....	33
III.3.2 PH	33
III.3.3 Oxygène dissous O ₂	33
III.3.4 Conductivité	33
III.3.5 Concentration des boues (MLSS ou MES) et de la biomasse (MLVSS) (méthode par centrifugation)	34
III.3.6 Demande chimique d'oxygène : DCO	37
III.3.7 Demande biologique d'oxygène : DBO ₅	39
III.3.8 Azote Total, NT	41
III.3.9 Nitrates	43
III.3.10 Ortho phosphates et phosphore total	44
III.3.11 Ammonium NH ₄ ⁺	45
III.3.12 Conclusion.....	46
Chapitre IV : Résultats d'analyse	47
IV.1 Introduction	48
IV.2 Normes des effluents en Algérie	48
IV.3 Normes Internationale	49
IV.3.1 Les analyses physico-chimiques	50
IV.3.2 Température	50
IV.3.3 Potentiel d'hydrogène (PH).....	51
IV.3.4 Conductivité électrique	52
IV.3.5 La Demande biochimique en Oxygène (DBO ₅).....	53
IV.3.6 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)	54
IV.3.7 Les matières en suspension (MES)	55
IV.3.8 L'Ammonium (NH ₄ ⁺)	56
IV.3.9 Les Nitrites NO ₂ ⁻	57
IV.3.10 Les Nitrates NO ₃ ⁻	58

IV.3.11 Phosphates (PO_4^{3-})	59
IV.3.12 L'oxygène dissous O_2	60
IV.3.13 Volume mensuel.....	62
IV.4 Rapport DCO/DBO5	62
IV.5 Rapport MES/DBO5	63
IV.6 Analyse du Rendement des Paramètres Physico-chimiques de la Station.....	64
IV.7 Conclusion.....	67
Chapitre V : Simulation et performances de la STEP Ain el kihel par GPSX	68
V.1 Introduction	69
V.2 Définition GPS-X	69
V.3 Utilité du GPS-X	69
V.4 Choix du modèle.....	70
V.5 Présentation du Modèle ASM1	70
V.6 Unité utilisée	71
V.7 L'importance de la modélisation des stations d'épuration	71
V.7.1 Permettre la comparaison de différentes conceptions, modernisations de procédés ou stratégies d'exploitation.....	71
V.7.2 Vérifier la capacité de la station existante	72
V.7.3 Déterminer les goulots d'étranglement du procédé	72
V.7.4 Identifier des stratégies pour réaliser des économies de coûts	72
V.7.5 Soutenir la prise de décision réglementaire	72
V.8 Variables.....	72
V.9 Simulation et étude des performance épuratoire de la STEP	75
V.9.1 Caractéristique de l'effluent d'entrée	75
V.9.2 La simulation du fonctionnement de la STEP	75
V.10 Conclusion	82
Conclusion générale	85
Bibliographie	86
Annex	91

Liste des figures

Figure 1 : classification des procédés d'épurations des eaux usées	7
Figure 2 : schéma de principe d'un lagunage aéré Etat de l'épuration en Algérie	8
Figure 3: schéma de principe d'un lagunage aéré	8

Figure 4 : Schéma général d'une station d'épuration à boues activées	9	
Figure 5: Schéma général des lits bactériens	10	
Figure 6:Les disques biologiques	11	
Figure 7 : localisation de la station d'épuration de la ville Ain Kihal (ArcGis10.8)	15	
Figure 8:photo de la station d'épuration de la ville Ain Kihal depuis Google Earth pro .	15	
Figure 9:Moyennes mensuelles de Pluviométrie.....	16	
Figure 10 :Moyenne mensuelle de la Température	17	
Figure 11:Distribution mensuelle des vents	18	
Figure 12:Données de base de la step Ain EL Kihel.....	19	
Figure 13:dégrillage de la Step Ain kihel.....	20	
Figure 14 :Dessablage et déshuilage	22	
Figure 15 :bassin d'aération	23	
Figure 16:décanteur secondaire	24	
Figure 17:Elimination de l'Azote	25	
Figure 18:La désinfection.....	27	
Figure 19:épaisseurs boues.....	28	
Figure 20:lits de séchage	30	
Figure 21:Multi-paramétré	34	
Figure 22:Etuve	Figure 23: dessiccateur	37
Figure 24:Balance de précision	Figure 25:Pompe à vide	37
Figure 26: Réacteur DCO	Figure 27: Spectrophotomètre	38
Figure 28: Réactifs DCO		38
Figure 29: DBO mètre		41
Figure 30 : Mode d'épuratoire d'analyse de l'Azote total		42
Figure 31: Mode d'épuratoire d'analyse de Nitrate		43
Figure 32: Mode d'épuratoire d'analyse de Phosphore total et L'ortho-phosphate.....		45
Figure 33: Variation mensuel de la Température(A l'entrée et à la sortie de la STEP) .		51
Figure 34: Variation mensuel de PH (A l'entrée et a la sortie de la STEP)		52
Figure 35: Variation mensuel de la Conductivité électrique (A l'entrée et à la sortie de la STEP).....		53
Figure 36 : Variation mensuel de la Demande biochimique en Oxygène (DBO5) (entrée et sortie de la STEP)		54
Figure 37 : Variation mensuel de La Demande Chimique en Oxygène (DCO) (entrée et sortie de la STEP).....		55

Figure 38: Variation mensuel des matières en suspension (MES) (entrée et sortie de la STEP)	56
Figure 39 : Variation mensuel L'Ammonium (NH ₄ ⁺) (entrée et sortie de la STEP)	57
Figure 40:Variation mensuel les Nitrites NO ₂ (entrée et sortie de la STEP)	58
Figure 41: Variation mensuel les Nitrates NO ₃ (entrée et sortie de la STEP).....	59
Figure 42: Variation mensuel les Phosphates (PO ₄ ⁻) (entrée et sortie de la STEP).....	60
Figure 43: Variation mensuel de L'oxygène dissous O ₂ (entrée et sortie de la STEP)	61
Figure 44: Variation mensuel de Volume mensuel (entrée et sortie de la STEP)	62
Figure 45: Rendements épuratoire (MES) de la step Ain El Kihel	64
Figure 46: Rendements épuratoire(DBO) de la step Ain El Kihel.....	65
Figure 47:Rendements épuratoire(DCO) de la step Ain El Kihel.....	65
Figure 48: Rendements épuratoire(PO ₄) de la step Ain El Kihel	66
Figure 49: Rendements épuratoire (NH ₄) de la step Ain El Kihel.....	66
Figure 50: Résultats Récapitulatif des rendements épuratoires de la step	66
Figure 51: Fractionnement de la DCO.	74
Figure 52: Fractionnement de l'azote.	74
Figure 53 : Schéma STEP Ain el kihel par GPS-X.	76
Figure 54: Paramètres Simulées Par GPS-X (Mars).	78
Figure 55: Paramètres Simulées Par GPS-X (Avril).	78
Figure 56: Paramètres Simulées Par GPS-X (Mai).	79
Figure 57: Comparaison des résultats (DCO).	80
Figure 58 : Comparaison des résultats (MES).....	81
Figure 59: Comparaison des résultats (DBO).	82

Liste des tableau

Tableau 1:Sources de pollution reconnues affectant les différents paramètres de la qualité de l'eau de surface (Hébert et al, 2000). [5]	5
Tableau 2:Avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques	11
Tableau 3:Moyennes mensuelles de Pluviométrie (mm).[11].....	16
Tableau 4:Moyennes mensuelles de Température [11]	17
Tableau 5:Vitesse Moyennes de Vent [11]	18
Tableau 6:les paramètres de conception du dégrillage	20
Tableau 7:les paramètres de conception du dessableur dégraisseur	21
Tableau 8 :les paramètres de bassin biologique	23

Tableau 9:les paramètres de conception de décanteur	24
Tableau 10:les paramètres de Phosphore éliminé	26
Tableau 11:les paramètres de conception du canal de chloration	26
Tableau 12:les paramètres de conception de l'épaississeur	28
Tableau 13:les Paramètres de déshydratation.....	29
Tableau 14:Paramètre lits de séchage.....	29
Tableau 15: valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels.....	49
Tableau 16 :les normes internationales des paramètres de rejets d'effluents liquides	50
Tableau 17: Rapport DCO/DBO5 moi de Mars	63
Tableau 18: Rapport DCO/DBO5 moi d'Avril	64
Tableau 19: Rapport DCO/DBO5 de Mai	64
Tableau 20: Les caractéristiques de l'effluent d'entrée bilan ONA	75
Tableau 21: Comparaison entre les valeurs moyennes analysées avec ceux simulées (Bilan 2025).....	77
Tableau 22: Débits de recirculation de chaque mois	77
Tableau 23: Extraction des boues	77

Liste des abréviations :

STEP: station d'épuration

GPS-X : Global Purpose System.

PH : Le potentiel d'hydrogène.

T : La température.

CE : La conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

DBO5 : La demande biologique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO : La demande chimique d'oxygène (mg/l).

N_2 :Azote moléculaire

NH_4^+ : Azote ammoniacal (mg/l).

NO_2^- : Nitrites (mg/l).

ASM : Activated Sludge Model

NO_3 : Nitrates (mg/l).

PO_4 : Ortho phosphates (mg/l).

X_i : Concentration de la matière en suspension organique inerte.

S_i : Concentration en DCO soluble inerte

S_s : Concentration de DCO rapidement biodégradable.

X_s : Concentration de la matière organique lentement biodégradable.

X_{ba} : Concentration de biomasse autotrophe.

X_{bh} : Concentration de biomasse hétérotrophe.

XP: Concentration de la matière issue de la décomposition de la biomasse.

S_{nh} : Concentration d'azote ammoniacal soluble.

S_{no} : Concentration d'azote nitrate soluble.

S_{ni} : Concentration d'azote inerte organique soluble.

Snd: Concentration d'azote organique biodégradable soluble.

Xnd: Concentration de l'azote organique lentement biodégradable.

Xni: Concentration de l'azote organique particulaire inerte.

Introduction générale

Introduction générale

Les eaux usées constituent l'un des principaux vecteurs de pollution résultant des activités domestiques, industrielles et commerciales. Avec l'urbanisation croissante et l'augmentation de la densité de la population, les volumes d'eaux usées continuent d'augmenter, posant ainsi de véritables défis environnementaux et sanitaires. Une gestion efficace à travers des systèmes de traitement performants devient alors indispensable pour réduire leur impact négatif sur la santé publique et préserver l'équilibre des écosystèmes.

Les stations d'épuration occupent une place centrale dans ce processus, en garantissant le traitement des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement naturel. La qualité de ces rejets dépend directement de l'efficacité du traitement effectué, ce qui fait de l'évaluation des performances des stations d'épuration une priorité, tant sur le plan technique qu'environnemental.

La présente étude s'inscrit dans cette perspective. Elle porte sur l'évaluation des performances de la station d'épuration d'Aïn El Kihal, située dans la wilaya d'Aïn Témouchent . Cette station utilise un procédé boues activées pour le traitement des eaux usées domestiques. L'objectif principal de ce mémoire est d'analyser l'efficacité du système de traitement à travers l'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux usées, complétée par une modélisation numérique du procédé à l'aide du logiciel GPS-X, un outil de simulation performant largement utilisé dans le domaine de l'assainissement.

Ce travail est structuré en cinq chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur le traitement des eaux usées, le deuxième chapitre est consacré à l'étude du site et à la description des procédés de traitement adoptés. Le troisième chapitre c'est une Etude expérimentale des paramètres physique-chimiques de la STEP de Ain El Kihel, Le quatrième chapitre présente les résultats d'analyse, Enfin, le cinquième chapitre est dédié à la simulation et performances de la STEP Ain el kihel par logiciel GPSX , dans le but d'identifier des pistes d'optimisation et d'amélioration du rendement épuratoire. À travers cette étude, nous espérons contribuer à une meilleure compréhension du fonctionnement des stations d'épuration locales et encourager l'intégration des outils de simulation dans les stratégies de gestion durable des eaux usées.

Chapitre I : Généralités sur le traitement des eaux usées

I.1 Introduction

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique. Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considéré comme de l'eau usée.

Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées [1].

I.2 Origine et nature des eaux usées à traiter

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

I.2.1 Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont un mélange d'eaux ménagères, appelées encore « eaux grises » ou « eaux noires » (toilettes). Ces eaux contiennent des matières en suspension, des matières organiques, de l'azote, du phosphore, des germes fécaux et des produits divers issus de l'activité humaine domestique (détergents, cosmétiques, produits pharmaceutiques, etc.) [2].

I.2.2 Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles dépendent (en quantité et en qualité) du type d'industrie. Outre les constituants dominants (MES, matières organiques, azote, phosphores), elles peuvent contenir des matières minérales diverses dont les métaux (dits « lourds ») et des polluants organiques potentiellement dangereux et toxiques [2].

I.2.3 Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau [3].

I.2.4 Les eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique [3].

I.3 Les différents types de pollution des eaux

I.3.1 Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermiques dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure des nombreux pays (Djilani, 2006). [4]

I.3.2 Pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis (Djilani, 2006). La pollution chimique résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. Ce type de pollution, est regroupé dans deux catégories : organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...ect) ; minérales (métaux lourds azote phosphore...ect).

D'après (Ramade, 2005), la pollution chimique est due :

- L'insuffisance des certaines stations d'épurations ;
- L'absence des réseaux d'assainissement dans certaines zones ;
- Le lessivage des sols, mais aussi des chaussés et des toits par les pluies ;
- Les rejets d'effluents par les industries. [5]

I.3.3 Pollution minérale

I.3.3.1 Pollution par l'azote

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riche en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires (Aoulmi, 2007). L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 - ou NH_4 +) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2 -) et nitrates (NO_3 -).

Le phosphore a pour origine les industries du traitement des surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire (Rodier, 2005). Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques. (Aoulmi, 2007). [5]

I.3.3.2 Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement des surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire (Rodier, 2005). Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques. (Aoulmi, 2007). [5]

Tableau 1: Sources de pollution reconnues affectant les différents paramètres de la qualité de l'eau de surface (Hébert et al, 2000). [5]

Paramètres	Sources de pollution
Azote	Épandage d'engrais, rejets municipaux, fosses septiques.
Phosphore	Rejets municipaux, activités agricoles, fosses septiques, ruissellement

I.3.4 Pollution biologique

Elle résulte de la présence dans l'eau des microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup des maladies hydriques (Belhaj, 2001). L'eau peut être un milieu favorable au développement des bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (Vibrionacea

Enterobacteriaceae,...etc.) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause des plusieurs autres maladies (hépatite, infectieuse, méningite,etc) (Kankou, 2004). [5]

I.4 L'objectif d'épuration des eaux usées

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré.

I.4.1 Les déversements des eaux usées dans le milieu naturel

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute forme de vie. Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible (Chellé et al. 2005). [6]

Quand les eaux usées ou les eaux résiduaires industrielles ne sont pas épurées avant le rejet dans le milieu naturel, l'altération de ce dernier et les déséquilibres qui s'y produisent ont non seulement des effets immédiats sur les utilisations de l'eau, mais aussi des effets à long terme, parfois irréversibles dans le domaine de la vie humaine (Vaillant, 1974). [6]

I.5 Épuration des eaux usées

L'épuration des eaux usées la plus appropriée est celle qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux. Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général. Les différents degrés de traitements conventionnels. [6]

I.5.1 Procédés d'épuration des eaux usées

Le schéma ci-dessous illustre les différents procédés biologiques d'épurations des eaux usées.

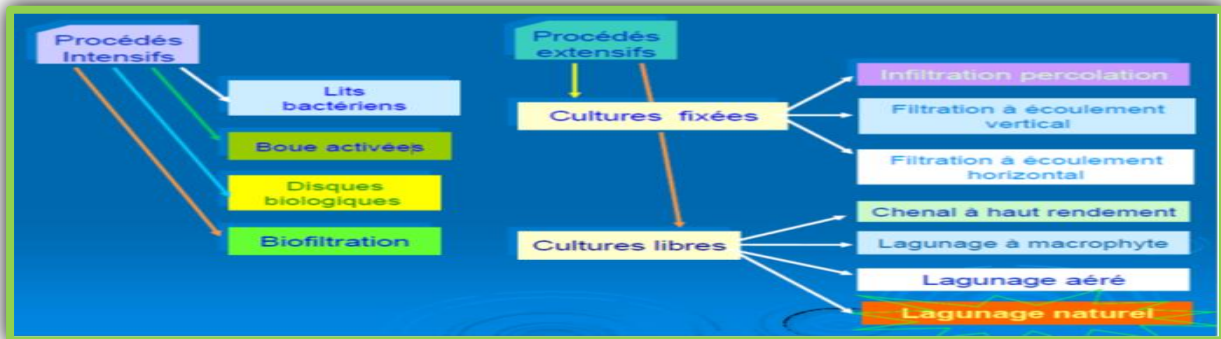


Figure 1 : classification des procédés d'épurations des eaux usées

I.5.1.1 Les procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc... (Benelmouaz, 2015). [7]

I.5.1.2 Le lagunage (culture libre)

Le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux [8].

A. Le lagunage naturel

. Alimentées d'effluents à traiter, les lagunes naturelles sont nommés étangs de stabilisation (Koller, 2004), que l'on classe en fonction des filières de développement des bactéries en trois catégories : anaérobies, aérobies ou facultatifs (mixtes). Différents assemblages de ces bassins sont possibles en fonction des conditions locales, des exigences sur la qualité de l'effluent final, du débit à traiter...etc. Le lagunage naturel peut être utilisé, en traitement complet des effluents ou en traitement tertiaire, pour affiner la qualité de l'eau traitée par une boue activée (ex. La désinfection). (Degrémont, 1978).[7]

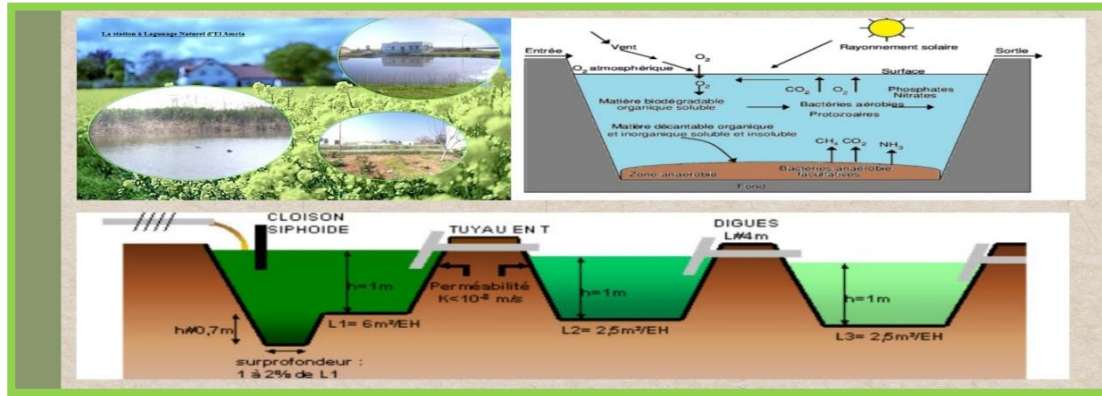


Figure 2 :schéma de principe d'un lagunage aéré Etat de l'épuration en Algérie

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, en cultures libres qui se différencie des boues activées par l'absence de recirculation de la culture bactérienne séparée par décantation avant rejet des eaux traitées [8].

Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air), on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel [8]

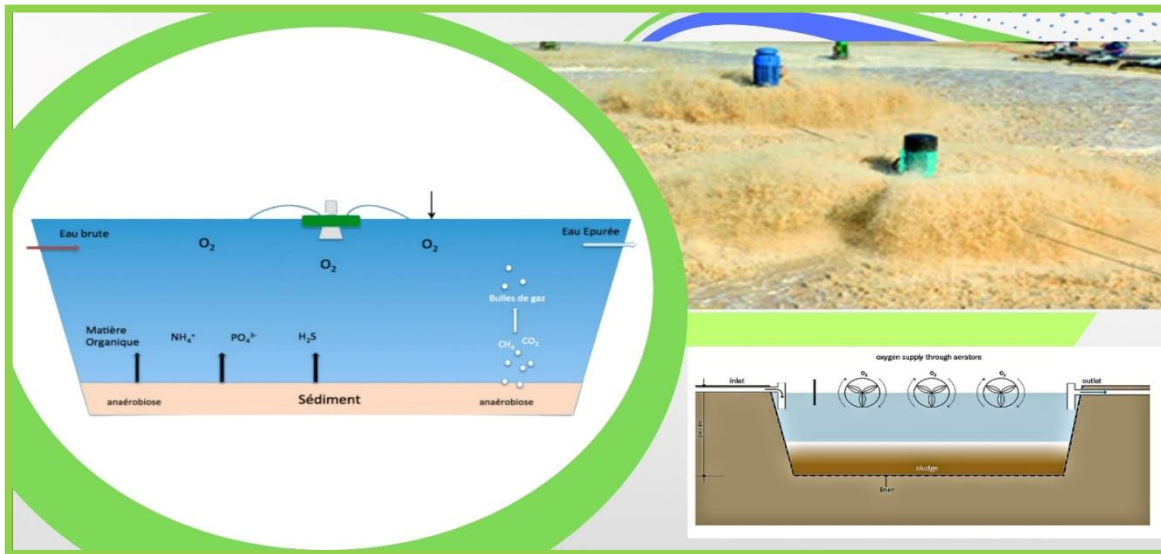


Figure 3: schéma de principe d'un lagunage aéré

I.5.1.3 Techniques intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. On a les lits bactériens et les boues activées (Baudot et Perera, 1991). [9]

A. Les boues activées

Les procédés par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau à épurer avec un floc bactérien en présence d'oxygène suivie par une phase de séparation de ce floc (clarification). C'est une intensification de ce qui passe dans le milieu naturel. La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organisme donc une demande en oxygène plus importante. De plus pour mettre en suspension la masse bactérienne, une agitation artificielle est nécessaire. Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas (Figure 5) :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation d'eau épurée et de la culture bactérienne.
- Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.
- Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le micro-organisme et la nourriture, d'éviter les dépôts de favoriser la diffusion de l'oxygène (Belmassai, 2018). [7].

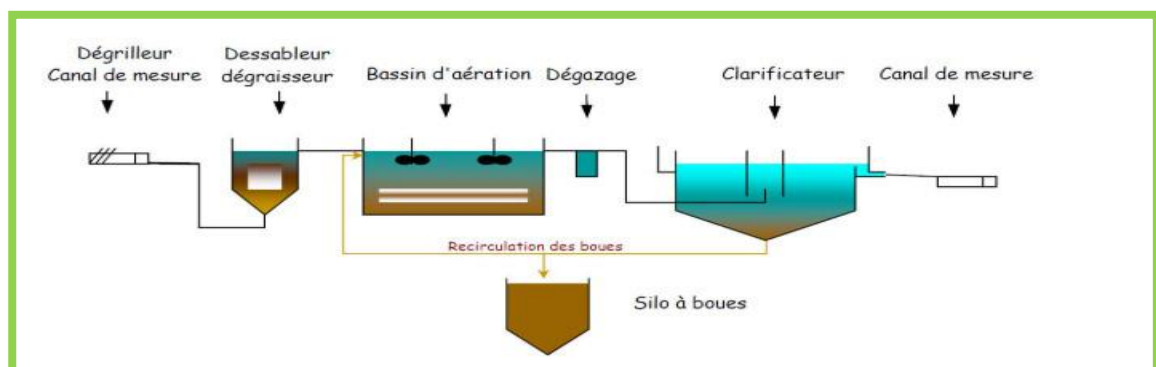


Figure 4 : Schéma général d'une station d'épuration à boues activées

B. Les lits bactériens

L'utilisation industrielle des lits bactériens en traitement des eaux remonte à la fin du 19e siècle. Comparativement aux systèmes où la biomasse bactérienne épuratrice est en suspension, les lits bactériens reposent sur un développement de bactéries sur un support inerte appelé garnissage (plastique ou cailloux). Ces dernières forment une fine pellicule à la surface des matériaux appelée biofilm et se développent au sein des porosités du garnissage du lit. Dans ce procédé d'épuration biologique, après un prétraitement sommaire, les eaux usées sont admises par relèvement sur le support au sommet du lit. Un bras rotatif répartit uniformément les effluents à traiter à la surface du lit et ces derniers ruissellent par gravité au sein des porosités du garnissage. Les bactéries présentes assurent ainsi la dégradation de la pollution carbonée et partiellement de la pollution azotée. La circulation de l'air s'effectue naturellement et apporte l'oxygène nécessaire aux bactéries pour dégrader la pollution. La dernière étape du traitement réside en une décantation des eaux au sein d'un clarificateur et en un recyclage partiel des eaux traitées en tête de dispositif. Cette dernière étape peut faire l'objet de variantes. [10]

➤ Domaine d'application recommandé

Cette filière est adaptée pour les petites collectivités avec des charges de pollution à traiter comprises entre 200 et 2000 EH (Equivalents Habitants). Sur les unités les plus importantes, il peut être plus économique de répartir le traitement sur deux étages de lits bactériens en série. On notera la possibilité d'une association d'un lit bactérien avec des filtres plantés de roseaux pour remplacer le décanteur. [10]

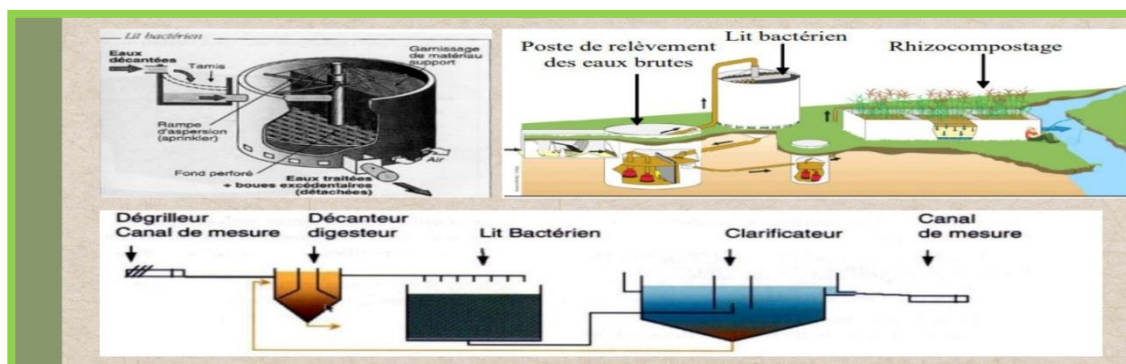


Figure 5: Schéma général des lits bactériens

C. Les disques biologiques

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer

ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn-1. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel. (Figure 6)

Le tableau (2) qui suit donne les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques.

Tableau 2:Avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques

Avantages	Inconvénients
<p>-Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment).</p> <p>-L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage.</p> <p>-Généralement adaptés pour les petites collectivités.</p> <p>-Faible consommation d'énergie.</p>	<p>- Très sensibles à la qualité des eaux à traiter.</p> <p>-La sensibilité au gel et aux huiles et graisses</p> <p>-Coûts d'investissement assez élevés.</p> <p>-Ce procédé pose des problèmes dans la construction</p>

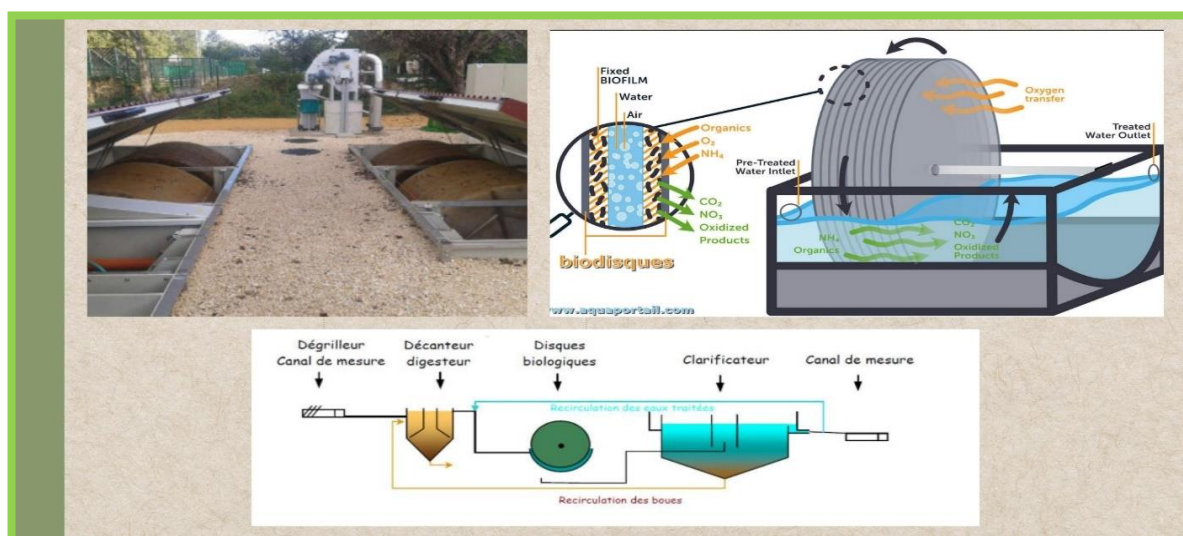


Figure 6:Les disques biologiques

I.6 Conclusion

Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels. La pollution des eaux usées se caractérise par des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques, ils sont acheminés vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases d'épuration. Malgré l'existence d'une variété des procédés de traitements des eaux usées, On doit également garder à l'esprit que des technologies parfaites assurant une épuration à 100% et sans déchets terminaux n'existeront probablement jamais ou alors à des coûts prohibitifs.

Chapitre II : ETUDE DE SITE ET PROCEDES DE TRAITEMENT

II.1 Introduction

La station d'épuration d'Ain El Kihal, représente une infrastructure stratégique dédiée au traitement des eaux usées urbaines. Elle a été conçue pour répondre aux besoins d'assainissement de la commune, en assurant une collecte et un traitement adaptés aux caractéristiques locales. Cette station se distingue par son organisation fonctionnelle, sa capacité de traitement et ses équipements techniques, qui permettent une gestion optimale des effluents.

Ce chapitre se focalise dans un premier temps sur la présentation détaillée de la station : sa localisation, son rôle, ses principales composantes techniques et sa capacité opérationnelle. Dans un second temps, un aperçu des procédés de traitement appliqués y sera brièvement présenté, afin de mieux cerner le fonctionnement global de l'installation.

II.2 Situation géographique de la zone d'étude

Ain El Kihal est une commune de la Wilaya d'Ain Témouchent en Algérie, Ain El Kihal (Ain kihal) ou bien la source des fantômes c'est l'ancien nom du village avant l'indépendance de l'Algérie, après 1962 elle a pris son nom actuelle Ain El Kihal. Sa superficie est de 77,91km². (DPAT, 2017).

II.3 Implantation

Step d'Ain Témouchent est une structure gérée et exploitée par l'Office National de l'Assainissement- Unité d'Ain Témouchent et elle est située sur le territoire de la commune de Ain El Kihel.

La Step d'Ain El Kihel occupe une superficie de 02 hectares

- A l'ouest par la commune de Ain Tolba.
- Au Nord-est le village Zidi Zaidour de distance environ 300 mètres
- Au sud oued Ain El-Kihel et champ agricole et une forêt et la ville d'Ain El-Kihel de distance environ 1 Km.
- A l'est par les communes D'Aghlal et Aoubellil.

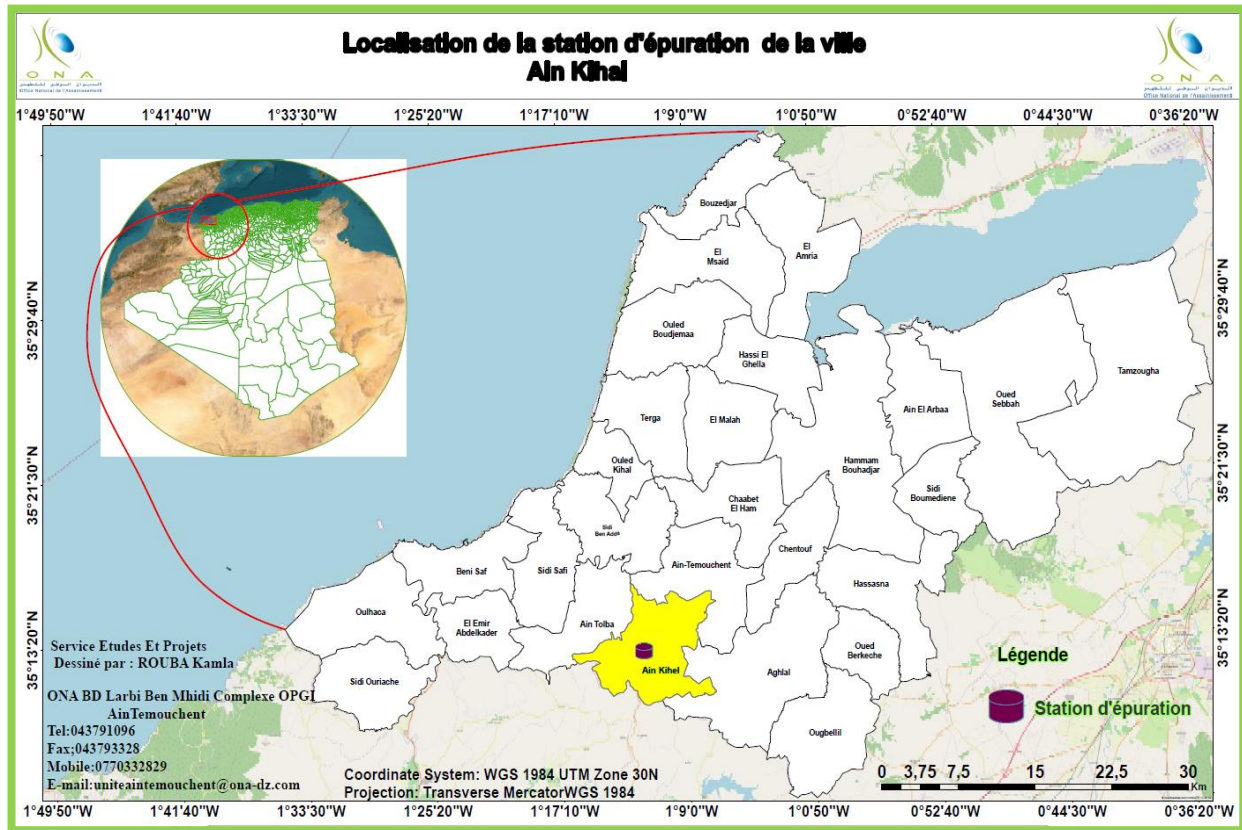


Figure 7 : localisation de la station d'épuration de la ville Ain Kihal (ArcGis10.8)



Figure 8: photo de la station d'épuration de la ville Ain Kihal depuis Google Earth pro

II.4 Caractéristiques climatiques

II.4.1 Pluviométrie

Le pluviomètre est un instrument de mesure qui permet de quantifier la quantité de précipitations tombées sur une zone donnée, exprimée en millimètres. Ces données sont essentielles pour évaluer les apports d'eau pluviale dans le réseau d'assainissement.

Tableau 3: Moyennes mensuelles de Pluviométrie (mm).[11]

Mois	jan	fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Anné
Pluviométrie (mm)	52	46	40	37	26	11	4	4	19	45	56	52	392
Jours de pluie	7	6	6	6	4	2	1	1	3	6	7	8	57

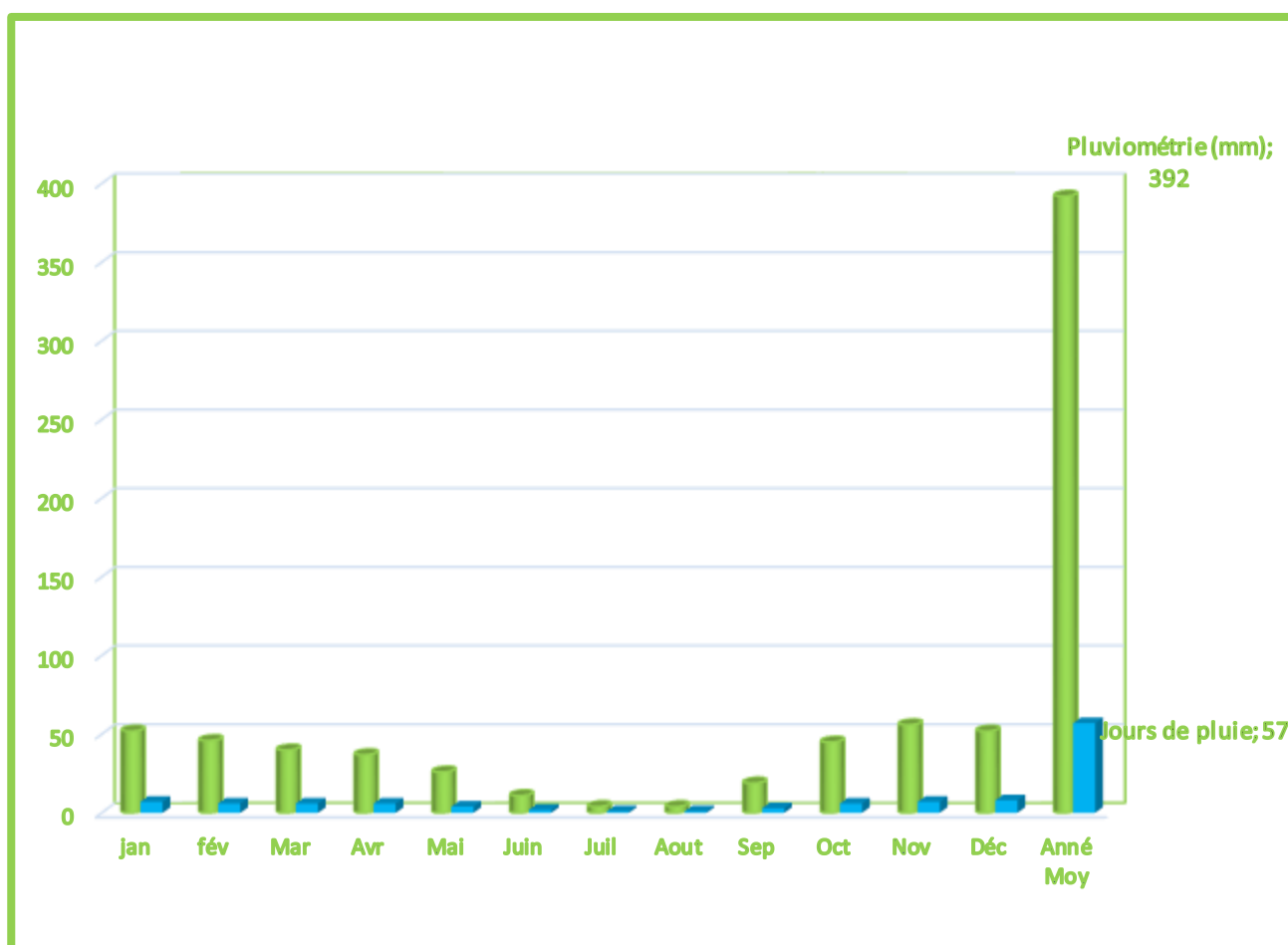


Figure 9: Moyennes mensuelles de Pluviométrie

II.4.2 Température

La température est un élément très important dans le bon fonctionnement d'un système d'épuration biologique.

Nous illustrons dans le tableau ci-dessous les données sur les températures moyennes enregistrées pour la période :1991–2020

Tableau 4: Moyennes mensuelles de Température [11]

Mois	Jan	fév	Mar	Avr	mai	Jui	Juil	Auot	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyann
Temp. Max	15,8	17,3	19,2	21,7	25,3	29,8	32,7	33,1	29,9	25,3	20	16,7	23,8
Moyenne													
Temp. Min	6,4	7,3	8,6	10,6	13,7	17	19,6	19,8	18,1	14,8	11	7,9	13
Moyenne													

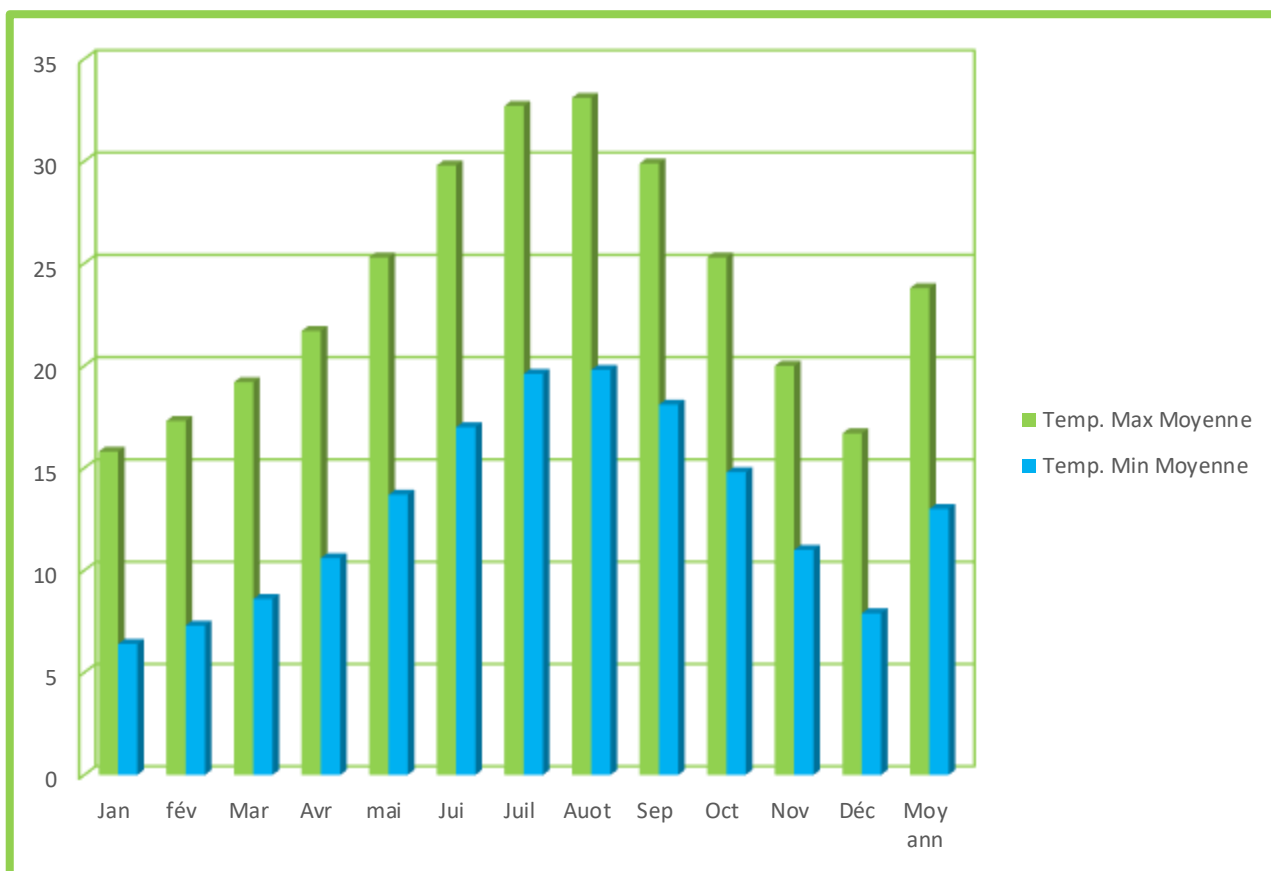


Figure 10 :Moyenne mensuelle de la Température

II.4.3 Vitesse des Vents

Le pluviomètre est un instrument de mesure qui permet de quantifier la quantité de précipitations tombées sur une zone donnée, exprimée en millimètres. Ces données sont essentielles pour évaluer les apports d'eau pluviale dans le réseau d'assainissement.

Tableau 5:Vitesse Moyennes de Vent [11]

Moi		Jan	fév	Mar	Avr	mai	juil	juil	Auot	Sep	Oct	Nov	Déc
Vent Min (km/h)		8	9	9	10	9	8	7	6	6	8	8	8
Vent Max (km/h)		30	32	31	33	29	27	25	23	24	28	29	30

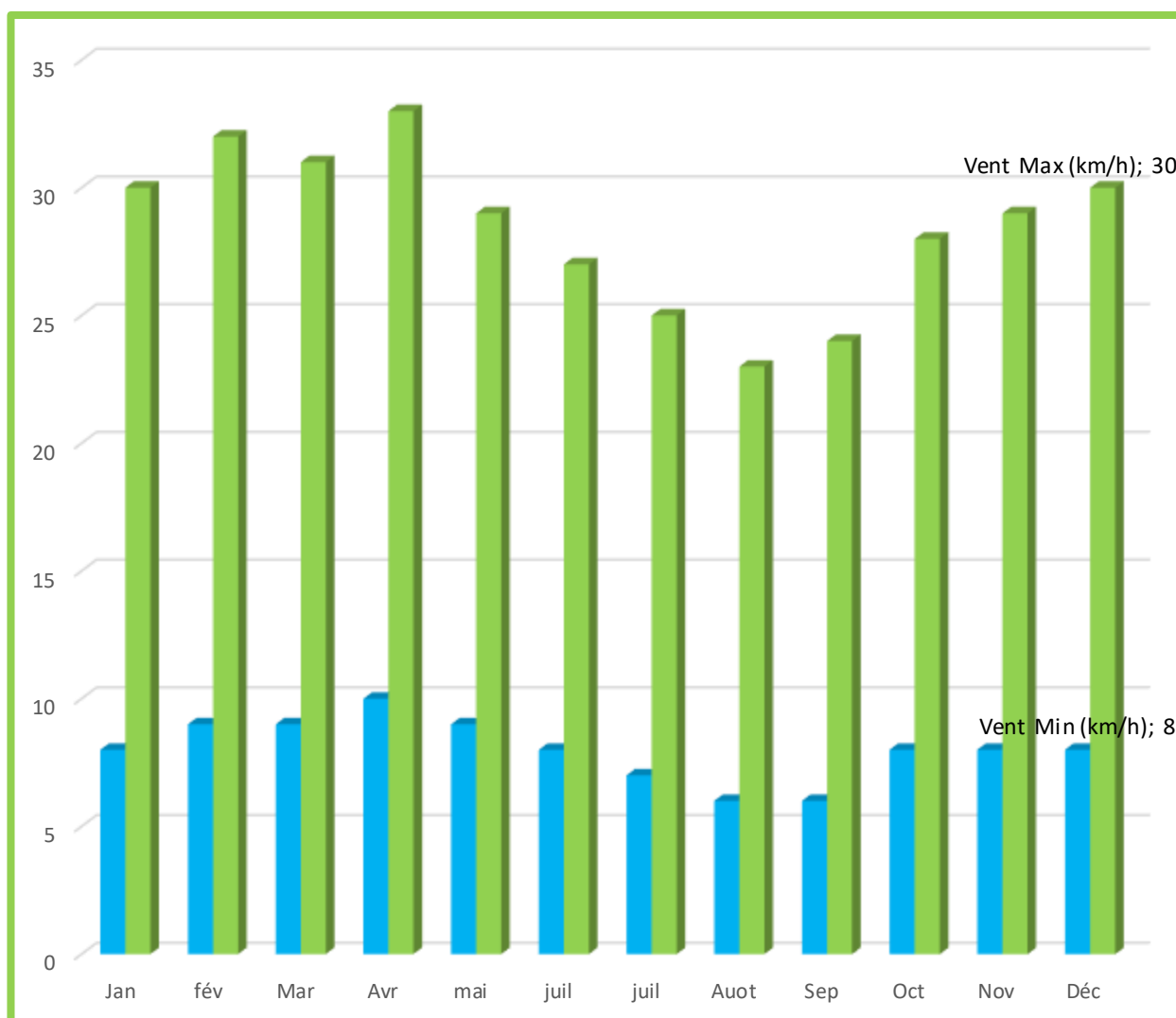


Figure 11:Distribution mensuelle des vents

II.5 Procèdes de traitement deseaux usées da la station d'épuration boues activée de la ville Ain Kihal

II.5.1 Introduction

La station d'épuration de la ville d'AIN KIHAL Wilaya d'Ain Temouchent sera réalisée pour une capacité de 23.250 EqH à l'horizon 2035. Les eaux usées à traiter son constituées principalement par des effluents d'origines domestiques.

Le système d'épuration sera biologique à boues activées à faible charge (aération

Prolongée). Ce système assure l'élimination des matières carbonées par aération et des matières azotées par nitrification dénitrification. Le traitement des boues se fera moyennement par déshydratation naturelle (lits de séchage). On recommande un traitement des boues par déshydratation mécanique par filtre à bandes.[12]

II.5.2 Données de base

Le procédé d'épuration tient compte que la base de dimensionnement de la STEP fixé pour les dégrillages de fins et les unités de dessablage-déshuilage seront réalisés pour le flux à l'horizon 2035.[12]

PARAMETRES	Unités	Horizon 2035
Equivalent habitant	Eq.H	23.250
Volume journalier	m ³ /j	2.790
Débit moyen	m ³ /h	116,25
Débit de pointe temps sec	m ³ /h	230,42
Débit de prétraitement (Débit pointe en temps de pluie)	m ³ /h	460,84

Figure 12:Données de base de la step Ain EL Kihel

II.5.3 Le prétraitement

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physique ou mécanique. En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (déshuileage) [13].

II.5.4 Dégrillage

Le dégrillage consiste à retenir les gros déchets solides au moyen de grilles à barreaux verticaux dont l'écartement varie entre 3 et 100 mm en fonction de l'efficacité voulue. Sont ainsi éliminés les bois, plastiques, papiers, bouteilles, feuilles qui sont susceptibles de provoquer des dégâts aux conduites et machines des différentes unités de l'installation. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles dont l'espacement est plus réduit, [14].

Tableau 6: les paramètres de conception du dégrillage

Paramètre	Valeur
Débit de conception par canal	460,83 m ³ /h
Largeur du canal	0,60 m
Hauteur du canal	2 m



Figure 13: dégrillage de la Step Ain kihel

II.5.4.1 Déshuilage-dégraissage

C'est un procédé destiné à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires. Les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement tel que

- Envahissement des décanteurs;
- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs;
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs;
- Risque de bouchage des canalisations et des pompes;
- Diminution du rendement du traitement qui arrive après [15]

II.5.4.2 Dessablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts au cours du traitement. La technique classique du dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables [15]

Tableau 7: les paramètres de conception du dessableur dégraisseur

Paramètre	valeur
Nombre de lignes	2
Débit de design par canal maximal	230,42 m ³ /h
Longueur de la ligne	8 m
Largeur de la ligne	3 m
Surface unitaire	24 m ²



Figure 14 :Dessablage et déshuilage

II.5.5 Traitement Secondaire

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépurations existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par les quelles un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

L'épuration biologique des eaux usées biodégradables s'effectue par voie aérobie ou anaérobie. Du fait du caractère exothermique du métabolisme aérobie, le processus est plus rapide et complet, avec, comme contrepartie la production d'une masse cellulaire plus importante.[16]

II.5.5.1 Bassin d'aération

Le bassin de forme rectangulaire, est alimenté en eau dénitrifié, l'aération dans le bassin est réalisée à l'aide d'aérateur de surface à vitesse lente, chaque bassin est équipé de trois aérateurs. Ce milieu favorable provoque le développement des bactéries qui par action physicochimique retiennent la pollution organique et s'en nourrissent, au niveau de chaque bassin il existe une sonde de mesure d'oxygène dissous pour assurer le déclenchement automatique de l'aération en cas de défaillance de la concentration de cette dernière. [16]

Tableau 8 :les paramètres de bassin biologique

Paramètre	Valeur
Unités	2 ut
largeur	16,5m
Longueur	33 m
Surface	544,50 m ²
Hauteur lame d'eau	4 m
Volume unitaire utile	2.178m ³



Figure 15 :bassin d'aération

II.5.5.2 Le décanteur secondaire

La séparation des boues formées à lieu dans un décanteur secondaire (ou clarificateur)(Agtmeyer et al., 1990). L'eau épurée est séparée de la boue par décantation gravitaire. Les boues décantées sont extraites et renvoyées vers le bassin d'aération (Lacroix , 2008) .Pour assurer une concentration constante de biomasse, la biomasse excédentaire produite est éliminée généralement à la sortie du décanteur. Ces boues biologiques pourront subir des traitements de réduction et/ou de stabilisation avant d'être éliminées (Hauduc, 2011) .Le décanteur secondaire est traité en détail dans la section [17]

Tableau 9:les paramètres de conception de décanteur

Paramètres	Valeur
Débit moyen	116 m ³ /h
Diamètre	16 m
Hauteur lame d'eau	3,5 m
Surface unitaire	201 m ²
Volume unitaire	703,50 m ³



Figure 16:décanteur secondaire

II.5.6 Traitement tertiaire

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires.

Actuellement, il existe de nombreuses techniques de désinfection visant à améliorer la qualité bactériologique des rejets afin de protéger les milieux récepteurs sensibles comme notamment les zones de baignades et conchylicoles. [18]

II.5.6.1 L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20% de l'azote présent dans les eaux usées par les traitements de nitrification-dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût (Franck, 2002).[19]

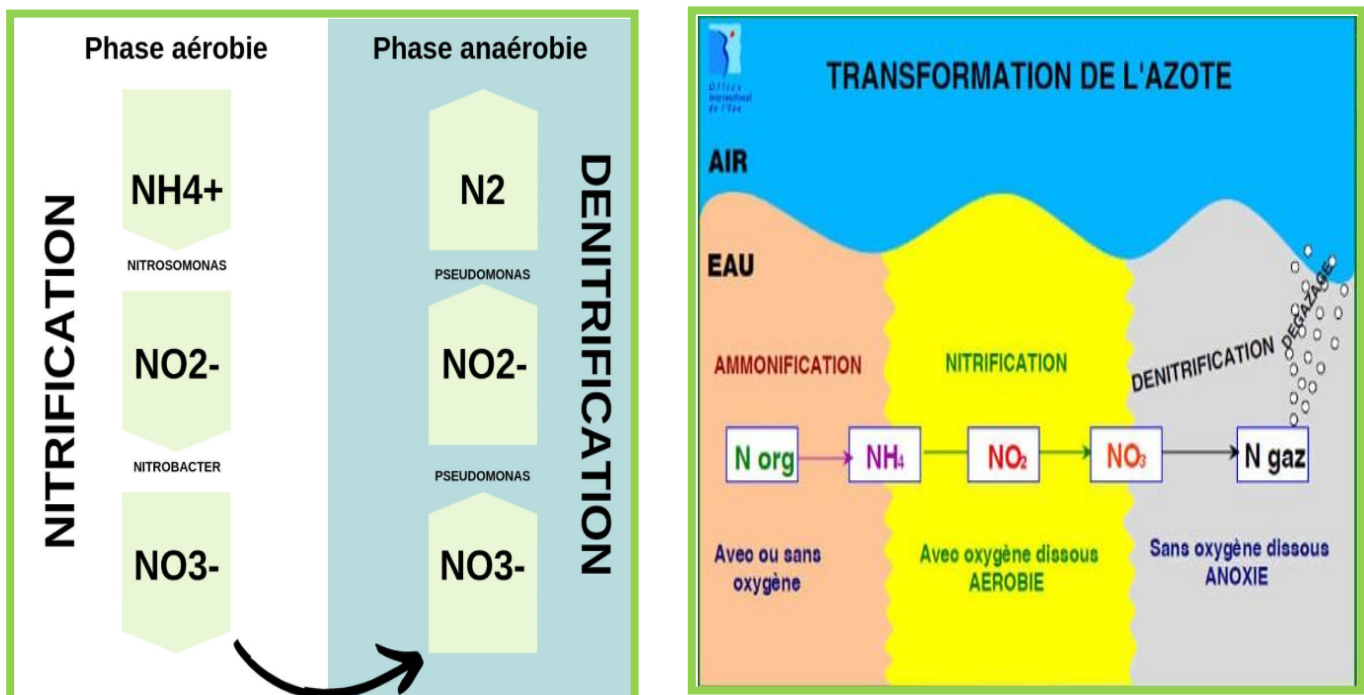


Figure 17:Élimination de l'Azote

II.5.6.2 L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou « déphosphatation », peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues.

Les mécanismes de déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement est relativement variable, en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées, dans les grosses installations d'épuration,

ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis (Franck, 2002).[19]

Tableau 10: les paramètres de Phosphore éliminé

Parameters	Valeur
Débit moyen	2790 m ³ /jour
Concentration phosphore affluent	31 mg/l
Charge de phosphore journalière	86,49 kg/jour
Charge de phosphore à éliminer	80,91 kg/jour
Phosphore éliminé	12,90 kg P / jour

II.5.6.3 La désinfection

La désinfection a généralement lieu grâce à une altération de la paroi des cellules des microorganismes. Ces perturbations dans l'activité des cellules empêchent les microorganismes de se développer de nouveau.

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones (Franck, 2002), ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection[19]

Tableau 11: les paramètres de conception du canal de chloration

Paramètres	Valeur
Hauteur utile	2,5m
Largeur	4m
Longueur	12 m
Volume	120 m ³
Dosage maximal de chlore	10 mg/l
Consommation horaire moyenne	3,88 l/h



Figure 18:La désinfection

II.5.7 Traitement des boues

Le transport des boues du fond des lagunes vers les lits de séchage sera réalisé par des conduites flexibles .

Ces boues voient leur siccité augmenter grâce à l'évaporation naturelle couplée à un système de drainage. Ce dernier favorise l'évacuation de la plus grande partie de l'eau par simple ressuyage. Cette eau sera évacuée en tête de station d'épuration par l'intermédiaire d'un poste de refoulement .A l'issue de ce séchage les boues sont évacuées vers leur destination finale, mise en décharge ou épandage sur des cultures pour lesquelles elles constituent un amendement organique intéressant [20]

II.5.8 Stabilisation des boues

La stabilisation des boues réside essentiellement dans l'élimination ou la réduction du pouvoir fermentescible des boues organiques, notamment des matières à évolution bactérienne rapide afin d'éviter l'émission d'odeurs désagréables (Koller, 2009).

L'empêchement de la fermentation des matières organiques des boues se fait par l'addition de chaux pour maintenir un pH supérieur à 12 en inhibant toute activité microbienne. (Molleta ,2006)[21]

II.5.9 Traitement par épaissement

L'épaissement est la première étape pour réduire le volume des boues tout en augmentant la concentration pour permettre la déshydratation. Le concentrateur statique présente deux

phases de fonctionnement : La clarification permet d'obtenir un surnageant pauvre en matière en suspension, l'épaisseur est alors considéré comme un décanteur, puis sous l'action de la pesanteur, la teneur des boues en matière en suspension progresse. (Cardot, 1999)[22]

Tableau 12: les paramètres de conception de l'épaisseur

Paramètres	Valeur
Boues en excès horizon 2035	1584 Kg/jour
Diamètre unitaire	8 m
Hauteur lame d'eau	4,0 m
Volume total	175,93 m ³



Figure 19: épaisseur boues

II.5.9.1 Conditionnement des boues

Après l'épaississement, les boues contiennent encore une très forte proportion d'eau, ce qui rend difficile la réduction de leur volume. Elles sont intimement liées à la masse colloïdale de nature hydrophile. Un conditionnement est indispensable pour rendre son exploitation dans les différents équipements. (Dégréement, 1978)[23]

II.5.9.2 Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie. (Koller, 2009)[24]

Tableau 13: les Paramètres de déshydratation

Paramètre	Valeur
Boues à déshydrater	1.584,13 Kg./jour
Débit de boues minimum	4,62 m ³ /h
Boues en excès à déshydrater journalier (5 j/semaine)	2.218 Kg MS/jour
Débit boues filtre maximale par filtre	5 m ³ /h

II.5.9.3 Séchage

Le séchage consiste à évacuer par évaporation l'eau interstitielle présente dans les boues.

Dans le cas d'un séchage total, le produit final se réduit pratiquement en matière sèche. Il se réalise avec l'utilisation du lit de séchage qui est constitué par une couche de 30 à 40 cm de sable, reposant sur une couche de gravier. Les boues sont déposées à la surface du sable dans un premier temps, l'eau interstitielle percole rapidement à travers le sable. Un système de drainage permet de la récupérer et de la renvoyer dans le bassin d'aération. Les boues restent à la surface du lit de sable et sèchent au cours de temps. Ces boues sèches peuvent être enlevées soit manuellement soit mécaniquement. (Molleta, 2007)[25]

Tableau 14: Paramètres lits de séchage

Paramètre	Valeur
N° lits de séchage	3 ut
Longueur	30 m
Largeur	15 m
Hauteur	0,4 m
Surface total	1350 m ²



Figure 20:lits de séchage

II.5.9.4 Elimination finale des boues

L'élimination finale des boues issues du traitement des effluents des industries agroalimentaires semble être utile à la valorisation en agriculture car ils sont riches en éléments fertilisants. (Molleta, 2006)[26]

II.6 Conclusion

Il est clair que les processus de traitement des eaux usées représentent l'un des piliers fondamentaux de la préservation de l'environnement et de la santé publique. Nous avons abordé les différentes étapes par lesquelles passent les eaux usées, en commençant par le traitement primaire qui vise à éliminer les gros solides, et en terminant par le traitement secondaire et tertiaire qui cherche à réduire la charge organique et les micropolluants.

Chapitre III : Etude expérimentale des paramètres physiques-chimiques de la Step

III.1 Introduction

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

III.2 Echantillonnage

L'échantillonnage des eaux est une opération qui consiste à prélever des échantillons d'eau en vue d'analyse.

L'échantillonnage est une étape primordiale de l'analyse car pour obtenir un résultat d'analyse pertinent, il est nécessaire que l'échantillon d'eau soit représentatif, qu'il soit conservé dans de bonnes conditions jusqu'au lieu de l'analyse, et qu'il ne soit pas contaminé par toute substance qui pourrait provoquer un résultat d'analyse erroné.

Pour avoir un bon échantillonnage il faut respecter les points suivants :

- 1) Il est essentiel d'obtenir des prélèvements représentatifs .
 - 2) La constitution d'un échantillon moyen peut être obtenue à partir des prélèvements instantanés effectués avec des intervalles de temps réguliers .
 - 3) Les flacons de prélèvement seront préalablement ouverts et étiquetés ; après remplissage il faut les fermer .
 - 4) Dans le cas de présence de matières grossières ou grasses dans l'effluent (eaux chargées avant prétraitement), l'échantillon sera tamisé avec une maille de 5 mm² .
 - 5) Il faut réaliser les analyses sur des échantillons les plus frais possible. Le cas échéant, les échantillons doivent être conservés dans le réfrigérateur .
 - 6) En cas de transport de l'échantillon, éviter toute évolution de la nature de l'effluent. On s'attachera notamment à éviter toute rupture de la chaîne du froid .
 - 7) Garantir l'homogénéisation de l'échantillon de façon à limiter la formation de bulles d'air .
- [27]

III.3 Analyses physico-chimiques

III.3.1 Température

La température de l'eau joue un rôle majeur sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques et la solubilité des gaz dans l'eau, elle est exprimée en C°. [28]

III.3.2 PH

Le pH est une des caractéristiques principales de l'eau. Il donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H⁺) ou d'ions hydroxyde (OH⁻) contenus dans la substance.

La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations d'épuration de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique et aussi quand certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH adéquat. [28]

III.3.3 Oxygène dissous O₂

Oxygène dissous est une des caractéristiques importantes de l'eau, qui a une relation contraire avec la pollution des eaux. Il est mesuré en mgO₂/l grâce à une oxymétrie. [28]

III.3.4 Conductivité

La conductivité de l'eau reflète sa capacité à conduire le courant électrique. Le transport des charges s'effectue par l'intermédiaire des ions contenus dans l'eau. Unité de conductivité est micro Siemens par centimètre (µS/cm) [28]

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre, oxymétrie et conductimètre pour mesurer respectivement le pH et la température, l'oxygène dissous et la conductivité. [28]

III.3.4.1 Mode opératoire

- Vérifier les diverses connexions : secteur, électrodes, etc. .
- Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec l'eau distillée.
- Remplir le bécher avec l'échantillon.
- Immerger les sondes /électrodes préalablement calibrées dans le bécher dans les secondes qui suivent le prélèvement.
- Attendre quelques secondes pour que la valeur s'affiche et se stabilise. Enregistrer la valeur.

- -Nettoyer les sondes/électrodes soigneusement avec l'eau distillée et essuyer l'extrémité de l'électrode avec un papier.

La température doit être relevée en même temps que la mesure du pH.[28]



Figure 21:Multi-paramétré

III.3.5 Concentration des boues (MLSS ou MES) et de la biomasse (MLVSS) (méthode par centrifugation)

III.3.5.1 Principe

Les matières en suspension peuvent être séparées des autres matières sèches par filtration avec un filtre de $0.45 \mu\text{m}$, ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est préférée dans le cas de boues d'épuration, car les filtres se bouchent facilement. Lorsque la concentration en biomasse doit également être déterminée, la méthode par filtration doit faire intervenir un filtre sans cendres.[27]

A. La méthode par centrifugation.

➤ **Equipement**

- Creuset en porcelaine
- Etuve (103 à 105 °C)
- Four à moufle (600°C)
- Balance de précision (jusqu'à 0.1 mg)
- Dessiccateur
- Pipettes
- Centrifuge (2500 rpm)

➤ **Procédure**

1. Faire sécher le creuset pendant 2 heures à 105 °C, jusqu'à ce qu'il ait un poids constant. Le laisser refroidir dans le dessiccateur et mesurer ensuite sa masse (X1 g) .
2. Injecter un volume V d'échantillon dans un tube centrifuge à l'aide d'une pipette (normalement 20 mL) et le centrifuger pendant 15 minutes à 2500 rpm. Jeter le supernageant et ajouter 20 mL d'eau déminéralisée.
3. Mélanger l'échantillon et le centrifuger à nouveau pendant 15 minutes .
4. Jeter le supernageant et verser le culot dans le creuset .
5. Faire sécher le creuset dans l'étuve à 105 °C jusqu'à ce qu'il ait un poids constant (minimum 12 heures).
6. Faire sécher dans le dessiccateur et peser (X2 g), Mettre le creuset dans le four à moufle à 600 °C pendant 2 heures.
7. Laisser refroidir dans le dessiccateur et peser (X3 g).

Calculer la concentration des boues comme suit :

$$\text{MLSS (g / L)} = 1000 \cdot \frac{X_2 - X_1}{V}$$

Calculer la concentration de la biomasse comme suit :

$$\text{MLVSS (g / L)} = 1000 \cdot \frac{X_2 - X_3}{V}$$

B. Méthode par filtration sous vide**➤ Principe**

L'analyse des M.E.S. est une mesure de la quantité des particules solides dans l'eau. La mesure est faite par filtration sous vide .[27]

➤ Equipement

- Filtre Büchner (avec pompe à vide)
- Papier filtre (fibre de verre ; 1,6 μm)
- Etuve (105 °C)
- Balance de précision

➤ Procédure

1. Sécher le papier filtre (fibre de verre) durant une heure dans l'étuve à une température de 105 °C.
2. Après refroidissement dans un dessiccateur, peser le filtre précisément sur la balance de précision (X1, en mg) .
3. Placer le papier sur le filtre Büchner.
4. Prendre avec une éprouvette graduée une quantité fixe (V, 50 - 250 ml) d'un échantillon bien mélangé et vider lentement l'éprouvette sur le filtre.
5. La suspension est filtrée sur le filtre à l'aide de la pompe à vide.
6. Rincer le filtre 3 ou 4 fois avec de l'eau distillée afin de diluer les sels dissous .
7. Sécher le filtre durant une heure au moins dans l'étuve à une température de 105 °C.
8. Après refroidissement, peser le filtre précisément sur la balance de précision (X2, en mg).



Figure 22:Etuve Figure 23: dessiccateur



Figure 24:Balance de précision Figure 25:Pompe à vide

III.3.6 Demande chimique d'oxygène : DCO

III.3.6.1 Principe

Mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DBO5.

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique

(H₂SO₂), en présence de sulfate d'argent (Ag₂ SO₄) et de sulfate de mercure (HgSO₄).[29]

Equipement

- Bloc de destruction (réacteur DCO)
- Spectrophotomètre
- Tube de digestion DCO (gamme de mesure souhaité)



Figure 26: Réacteur DCO
Figure 27: Spectrophotomètre



Figure 28: Réactifs DCO

III.3.6.2 Mode opératoire

Suivre les consignes du fabricant de matériel

Dans le cas le plus général les tubes disponibles contiennent 2,50 mL de la solution d'acide sulfurique (avec sulfate d'argent) et 0,5 mL de la solution de dichromate de potassium .

Le volume d'échantillon ajouté dans ces tubes est alors de 2,00 mL.

On procédera comme suit :

- ouvrir le tube contenant les réactifs. L'agiter avec précaution puis introduire 2,00 mL d'échantillon .
- refermer le bouchon fermement
- essuyer soigneusement l'extérieur du tube
- placer le tube dans le bloc chauffant et porter à ébullition (148 °C) pendant 2 heures
- enlever les tubes du bloc chauffant et les mettre à refroidir
- mélanger le contenu avec précautions
- effectuer la mesure d'absorbance au spectromètre à 600 nm.

III.3.7 Demande biologique d'oxygène : DBO₅

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène présente dans l'eau après sa consommation par les bactéries durant la dégradation de la matière organique par des procédés biochimiques.[30]

III.3.7.1 Principe

Le poste de mesure de la DBO consiste en 1 flacon d'échantillon et une sonde DBO qui constitue un système fermé. Dans le flacon au-dessus du volume d'échantillon, se trouve un volume de gaz défini. Au cours de la détermination de la DBO, les bactéries présentes dans l'eau usée consomment l'oxygène dissout dans l'échantillon. Celui-ci est remplacé par l'oxygène qui se trouve au fond du flacon. Le dioxyde de carbone formé lors de la réaction a combiné chimiquement grâce à l'hydroxyde de potassium qui se trouve dans le joint du flacon.[30]

III.3.7.2 Matériaux et réactifs

- Equipement DBO système
- Têtes mesureurs (DBO senseurs)
- Bouteille de mesures marronnes
- Agitateurs magnétiques
- Pince
- Lentilles de NaOH
- Armoire thermostatique de température constante à 20°C
- Inhibiteur de la nitrification
- Récipients et pipettes de plusieurs mesures .
- Eau distillée[27]

III.3.7.3 Procédure

La section ci-dessous décrit la procédure de mesure avec bouteilles DBO (Lovibond, Oxitop...) .Les bouteilles DBO sont remplies d'échantillon jusqu'à un volume qui est fonction du domaine de mesure appliqué (Plusieurs types d'appareillages sont commercialisés voir leurs catalogues de fonctionnement).

Le pH de l'échantillon est adapté si nécessaire pour se situer dans la fourchette 6.5 – 7.5. Un inhibiteur de nitrification est ajouté afin d'empêcher la consommation d'oxygène dans ce but.

Un barreau magnétique est rajouté dans les bouteilles qui sont placées sur un agitateur magnétique. Une solution de KOH (nécessaire pour l'adsorption du CO₂) est ajoutée à travers le bouchon de caoutchouc. La bouteille est fermée par le bouchon IR .

Les bouteilles sont mises dans un incubateur à 20 °C pendant 5 jours. Après 5 jours, les résultats sont obtenus et peuvent être interprétés.[27]



Figure 29: DBO mètre

III.3.8 Azote Total, NT

III.3.8.1 Principe

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrate. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acides sulfurique et phosphorique avec du diméthylphénol-2,6 en formant du nitrophénol .[27]

III.3.8.2 Matériaux / réactifs / équipements

- Kit de réactif NT
- Plaque chauffante
- Cuves carrées, 10 ml, 1-puce, pariées
- Pipette graduée 10 ml., 1/10 verre classe a
- Aspirateur pipettes 10 ml
- Spectrophotomètre [27]

III.3.8.3 Protocole

- a. Doser à la suite, consécutivement dans une éprouvette de réaction sèche : 0.5ml d'échantillon, 2.0 ml de solution A (LCK 238 A), 1 tablette
- b. (LCK138/238/338B). Fermer immédiatement. Ne pas mélanger .
- c. Chauffer directement au Thermostat : 60 min à 100°C
- d. Refroidir et ajouter 1 MicroCap C (LCK 138/238/338 C).
- e. Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous du MicroCap C et qu'il n'y ait aucune particule restante .
- f. Pipetter lentement dans le Test en Cuve : 0.5 ml d'échantillon désagrégé .
- g. Pipetter lentement 0.2 ml de solution D (LCK 138/238/338 D). Fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable
- h. Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer

**Figure 30 : Mode d'épuratoire d'analyse de l'Azote total**

III.3.9 Nitrates

Les nitrites constituent une étape importante dans la métallisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates ; leur présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ion ammoniacque soit à la réduction des nitrates (Sahnoun, 2010). [31]

III.3.9.1 Principe

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2,6 diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2,6-diméthylphénol .[27]

III.3.9.2 Matériaux / réactifs / équipements

- Spectrophotomètre
- C Kit de réactif Nitrate
- Pipette graduée 10 ml., 1/10 verre classe A
- Aspirateur pipettes 10 ml

III.3.9.3 PROTOCOLE

- a. Pipetter lentement 1.0 ml d'échantillon dans le tube .
- b. Pipetter lentement 0.2 ml de la solution LCK 339 A .
- c. Fermer le tube et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet .
- d. Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur du tube et mesurer.



Figure 31: Mode d'épuratoire d'analyse de Nitrate

III.3.10 Ortho phosphates et phosphore total

Les ortho phosphates constituent la forme prédominante du phosphore disponible dans l'eau. En combinaison avec l'azote, le phosphore est utilisé dans les engrais chimiques et naturels pour enrichir les sols agricoles (Dimane et al, 2017). Leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (Rodier, 2009).[32]

III.3.10.1 Principe

Les ions phosphate réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore-molybdène .[27]

III.3.10.2 Equipement

- Spectrophotomètre
- Bloc de destruction (370 °C)
- Kit de réactif Nitrate
- Pipette graduée 10 ml., 1/10 verre classe A
- Aspirateur pipettes 10 ml[27]

III.3.10.3 Protocole

- a. Enlevez délicatement la feuille de protection détachable du tube et dévisser le bouchon .
- b. Pipetter 0.5 ml d'échantillon et fermer le bouchon .
- c. Secouer énergiquement 2 à 3 fois .
- d. Chauffer dans le thermostat : 60 min à 100°C ou 15 min avec le programme standard HT
- e. Pipetter dans le tube une fois refroidie : 0.2 ml de réactif B (LCK 348/349/350 B). Fermer immédiatement le réactif B après emploi.
- f. Visser un DosiCap C (LCK 348/349/350 C) gris sur le tube .
- g) Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite. Attendre 10 min , mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur du tube et mesurer.[27]



Figure 32: Mode d'épuratoire d'analyse de Phosphore total et L'ortho-phosphate.

III.3.11 Ammonium NH_4^+

III.3.11.1 Matériels

- Kits (tubes contenant les réactifs).
- Eau brute.
- Eau épurée.
- Spectrophotomètre.[27]

III.3.11.2 Mode opératoire

- Ajouter 0,2 ml de l'eau brute dans le kit.
- Agiter le kit pendant 3 secondes.
- Laisser le kit pendant 15 min, puis mesurer la concentration d'échantillon avec le
- On ajoute 5 ml de l'eau épurée dans le kit et refaire les mêmes étapes de l'eau brute [27]

III.3.12 Conclusion

Les méthodes d'analyse des eaux usées sont une étape essentielle pour garantir une évaluation précise de la qualité de l'eau et la protéger de la pollution. Les propriétés et les composants de l'eau peuvent être déterminés avec précision, ce qui permet de prendre des décisions appropriées pour un traitement ou une élimination en toute sécurité. Le développement continu des méthodes d'analyse permet d'obtenir un contrôle environnemental efficace. De ce point de vue, l'importance d'adopter des méthodes précises et scientifiquement approuvées pour garantir des résultats fiables et crédibles est soulignée.

Chapitre IV : Résultats d'analyse

IV.1 Introduction

L'analyse des eaux usées constitue une étape fondamentale dans le processus de diagnostic et de traitement des effluents. Elle permet d'évaluer la qualité de l'eau brute en identifiant ses principales caractéristiques physico-chimiques et biologiques, telles que la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO₅), les matières en suspension (MES), l'azote total, les nitrates, les phosphates, ainsi que les paramètres microbiologiques. Ces analyses sont essentielles pour déterminer le degré de pollution, orienter le choix du procédé de traitement approprié, et assurer le respect des normes environnementales en vigueur. La section suivante présente les résultats obtenus à partir des échantillons prélevés, en mettant en évidence les valeurs mesurées, leur interprétation, et leur comparaison avec les limites réglementaires.

IV.2 Normes des effluents en Algérie

D'après le décret exécutif n°A 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels qui fixent les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels et obligent toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels à assurer un traitement aboutissant à des rejets définis dans le tableau suivant :[34]

Tableau 15:valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

PARAMETRES	VALEURS MAXIMALES	PARAMETRES	VALEURS MAXIMALES
Températures	30 C°	Fer	5 mg/l
PH	6,5 à8,5	Manganèse	1 mg/l
MES	30 mg/l	Mercure	0,01 mg/l
DBO ₅	40 mg/l	Nickel	5 mg/l
DCO	120 mg/l	Plomb	1 mg/l
Azote Kjeldahl	40 mg/l	Cuivre	3 mg/l
Phosphates	02 mg/l	Zinc	5 mg/l
Cyanures	0,1 mg/l	HuilesetGraisses	20 mg/l
Aluminium	5 mg/l	Hydrocarbures	20 mg/l
Cadmium	0,2 mg/l	Phénols	0,5 mg/l
Chrome3+	3,0 mg/l	Solvant-organique	20 mg/l
Chrome6+	0,1 mg/l	Chlore actif	1,0 mg/l
Détergents	2 mg/l	PCB	0,001 mg/l
Tensio-actifs anioniques	10 mg/l		

IV.3 Normes Internationale

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi.[34]

Tableau 16 :les normes internationales des paramètres de rejets d'effluents liquides

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO₅	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH₄⁺	<0,5 mg/l
NO₂	1 mg/l
NO₃	<1 mg/l
P₂O₅	<2 mg/l
Température	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Incolore

IV.3.1 Les analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques sont des paramètres simples à mesurer. On les mesure généralement sur le terrain

IV.3.2 Température

La température est un facteur écologique de première importance. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau et la dissociation des sels dissous. Elle a aussi un effet sur les réactions chimiques et biochimiques, sur le développement et sur la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les microorganismes.[35]

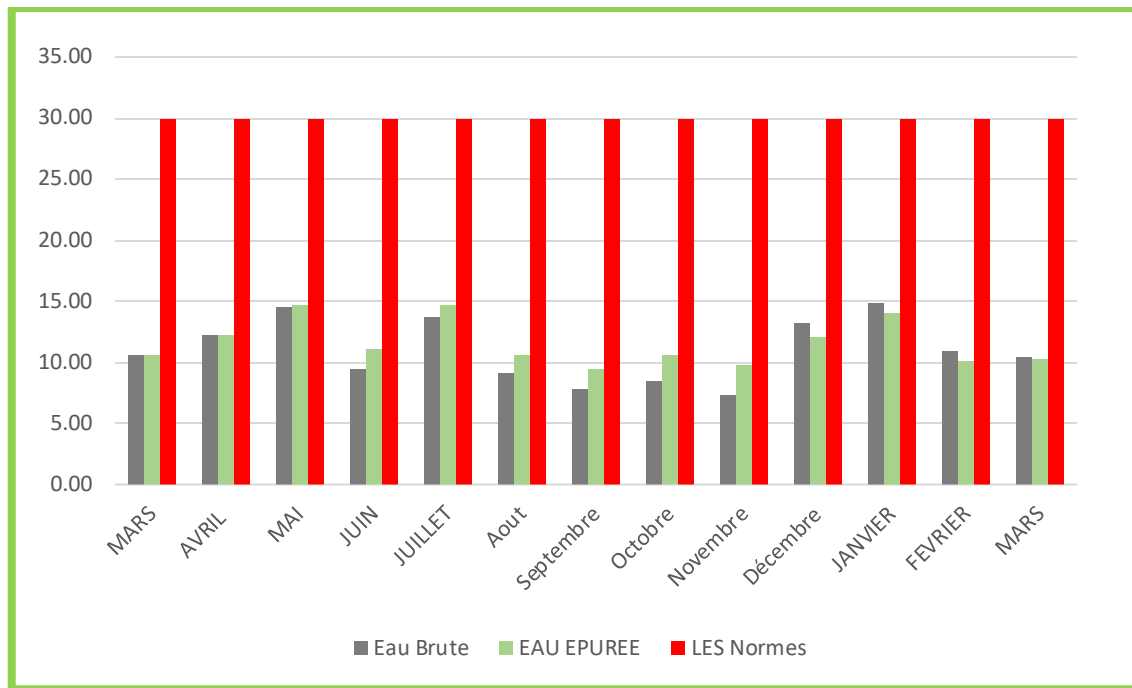


Figure 33:Variation mensuel de la Température(A l'entrée et à la sortie de la STEP)

Le graphique montre les variations de température au cours des mois de l'année, à partir d'une valeur minimale 7.32°C et une valeur maximale de 14.93°C d'eau brute et une valeur minimale de 9.52°C et une valeur maximale de 14.70°C d'eau épurée à la sortie de la station d'épuration. Ces valeurs restent inférieures à la norme de rejet (30°C).

IV.3.3 Potentiel d'hydrogène (PH)

Le pH est un paramètre très sensible à divers facteurs environnementaux, car sa valeur dépend aussi des variations de la température, de la salinité, du taux de CO₂ dissous et de la nature géologique du terrain qui abrite cette eau.[36]



Figure 34:Variation mensuelle de PH (A l'entrée et a la sortie de la STEP)

La figure représente la variation mensuelle du pH dans l'eau brute, l'eau épurée, et les valeurs de référence (les normes).

Le pH de l'eau brute (ligne bleue) et celui de l'eau épurée (ligne orange) se situent globalement entre 6,8 et 7,5, ce qui reste dans la plage acceptable selon les normes (souvent entre 6,5 et 8,5). On observe peu de variation au cours des mois, ce qui traduit une stabilité du pH malgré les fluctuations saisonnières ou les types de rejets. L'eau épurée a généralement un pH légèrement plus élevé que l'eau brute, ce qui est typique après un traitement biologique ou chimique. Aucune valeur ne dépasse les valeurs limites réglementaires, ce qui montre que le traitement des eaux respecte bien les exigences en termes de pH.

IV.3.4 Conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.[37]

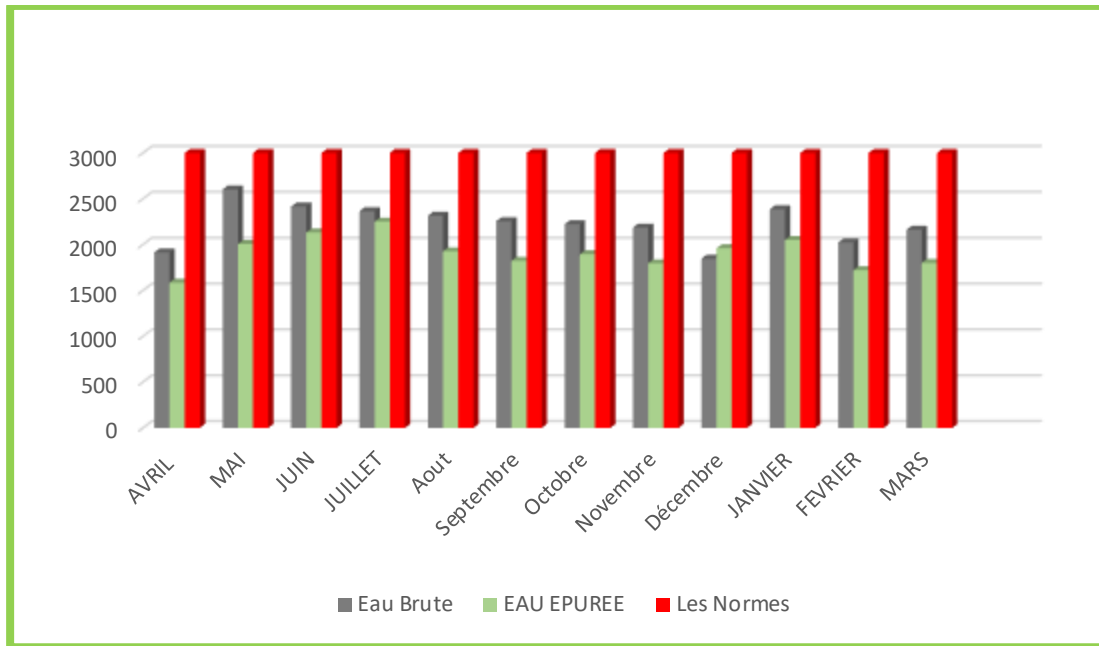


Figure 35: Variation mensuelle de la Conductivité électrique (A l'entrée et à la sortie de la STEP)

Le graphique montre l'évolution mensuelle de la conductivité électrique de l'eau brute et de l'eau épurée en comparaison avec les normes réglementaires. On constate que la conductivité de l'eau brute est systématiquement élevée, traduisant une forte teneur en sels dissous. Après traitement, la conductivité diminue considérablement, témoignant de l'efficacité du procédé d'épuration. Toutefois, certaines périodes présentent des valeurs proches du seuil normatif, ce qui indique une performance variable du traitement selon les mois. Globalement, la station respecte les normes, mais une surveillance accrue est nécessaire durant les périodes critiques.

IV.3.5 La Demande biochimique en Oxygène (DBO5)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. [38].

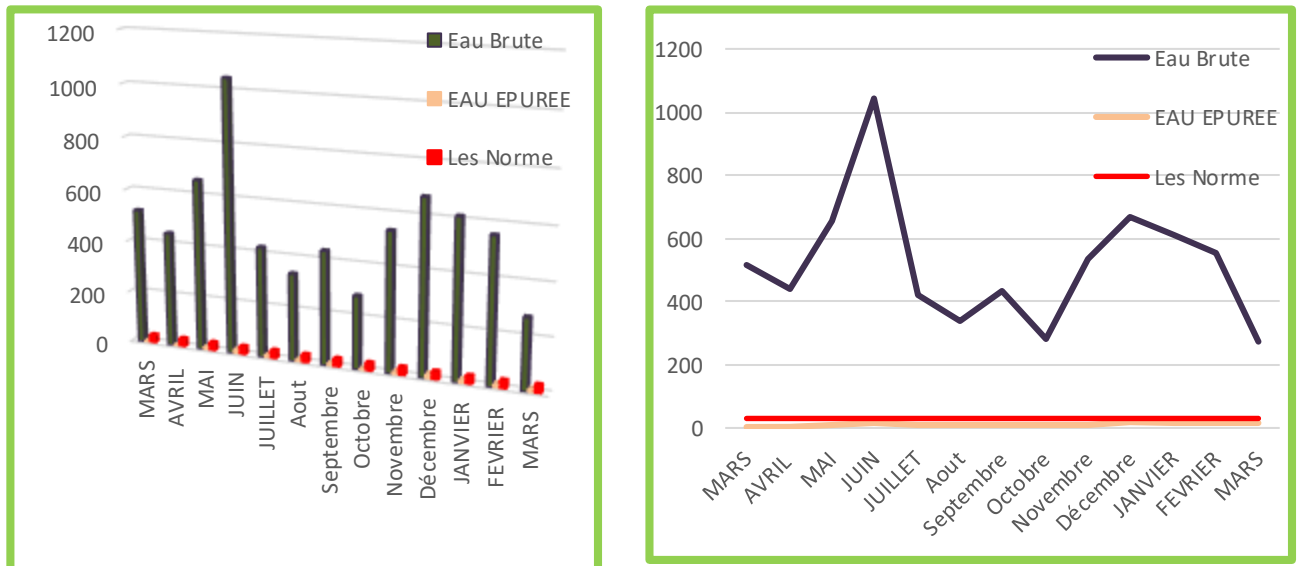


Figure 36 : Variation mensuelle de la Demande biochimique en Oxygène (DBO5) (entrée et sortie de la STEP)

L'analyse spatio-temporelle de la DBO5 montre que les eaux usées brutes présentent des valeurs très élevées tout au long de l'année, dépassant parfois les 1000 mg/L, notamment en juin et en décembre. Toutefois, après traitement, les concentrations de DBO5 chutent de manière significative, atteignant des niveaux conformes aux normes en vigueur. Cela témoigne de l'efficacité notable du système d'épuration mis en place

IV.3.6 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La DCO est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du (bichromate de potassium) à 150 C. Elle est exprimée en mg / l .[39]

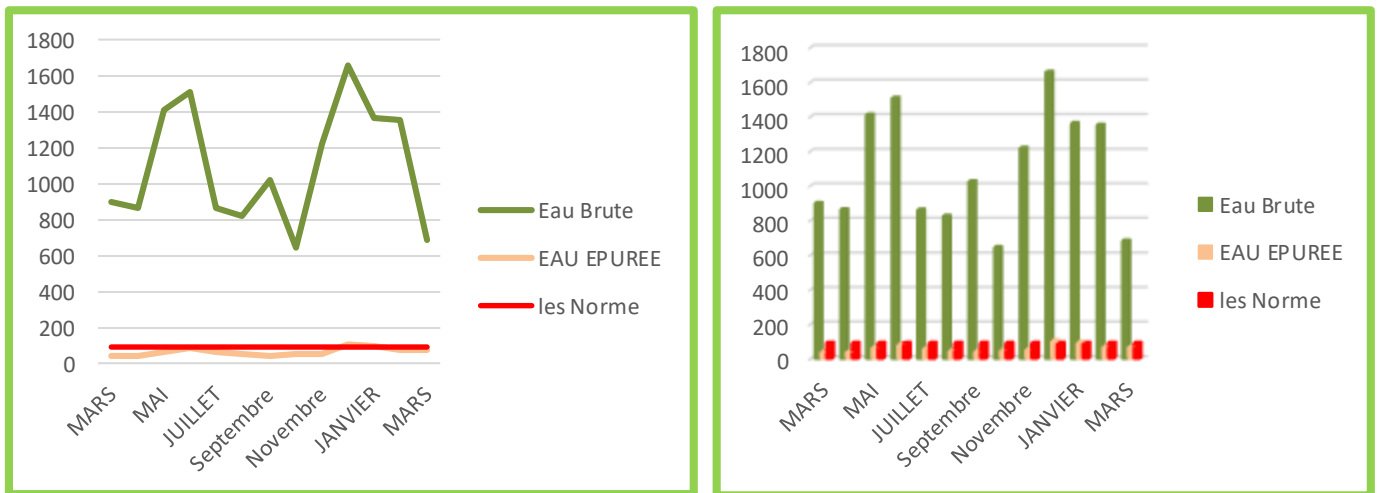


Figure 37 : Variation mensuelle de La Demande Chimique en Oxygène (DCO) (entrée et sortie de la STEP)

L'évolution spatio-temporelle de la DCO montre que les eaux usées brutes présentent des niveaux très élevés, atteignant plus de 1600 mg/L durant les mois de mai, juin et décembre. Ces valeurs traduisent une forte charge en substances organiques et oxydables, probablement liée à une intensification des rejets domestiques ou industriels pendant ces périodes .

En revanche, les eaux épurées affichent des teneurs nettement inférieures, témoignant d'une réduction efficace de la charge polluante après traitement. Dans tous les cas étudiés, les concentrations mesurées dans les eaux traitées respectent largement les normes environnementales en vigueur, indiquant une performance satisfaisante du système d'épuration. Cette efficacité peut être attribuée à la combinaison de procédés physiques, chimiques utilisés dans la station de traitement, permettant la dégradation ou la précipitation de la majorité des composés oxydables. Ainsi, le suivi de la DCO confirme non seulement la nécessité du traitement mais aussi sa fiabilité sur l'ensemble de l'année.

IV.3.7 Les matières en suspension (MES)

La présence de MES cause la turbidité de l'eau et peut affecter la croissance des différents organismes qui y vivent. Toutefois, les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide. [40]

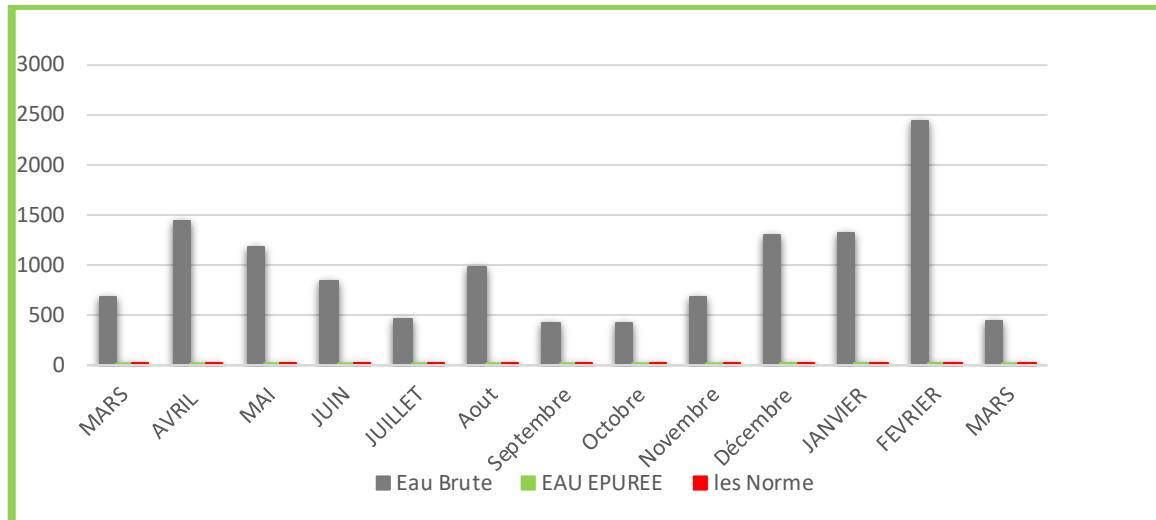


Figure 38: Variation mensuel des matières en suspension (MES) (entrée et sortie de la STEP)

L'analyse spatio-temporelle des MES révèle une concentration très importante de matières en suspension dans les eaux usées brutes, atteignant un pic remarquable en février avec plus de 2200 mg/L. Ces niveaux élevés peuvent être attribués à une forte charge de particules solides issues des rejets domestiques, industriels ou du ruissellement pluvial. Après traitement, les valeurs des MES chutent considérablement, demeurant en dessous des seuils réglementaires. Cette diminution notable témoigne de l'efficacité des procédés physiques de séparation, tels que le dégrillage, le dessablage et la décantation primaire, utilisés dans la station d'épuration.

Ainsi, les résultats obtenus confirment la capacité du système à éliminer efficacement les solides en suspension tout au long de l'année.

IV.3.8 L'Ammonium (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal est un gaz soluble dans l'eau. L'azote ammoniacal peut avoir pour origine : la matière organique végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine et les rejets industriels (engrais, textiles...).[37]

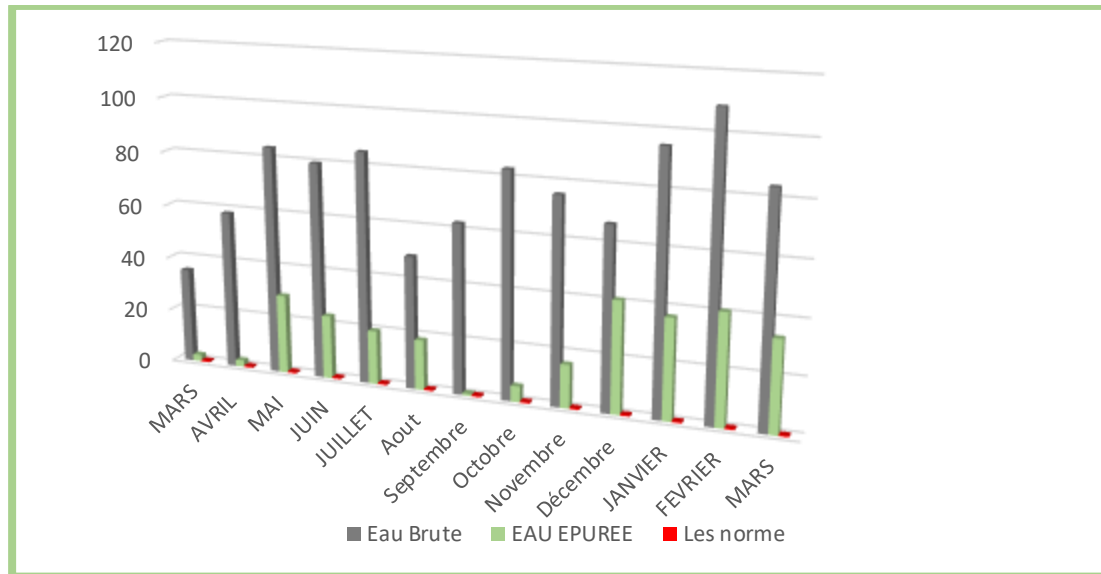


Figure 39 :Variation mensuel L'Ammonium (NH_4^+) (entrée et sortie de la STEP)

Le graphique présente l'évolution mensuelle des concentrations en ammonium dans les eaux usées brutes (Eau Brute) et traitées (Eau Épurée), comparées aux normes réglementaires.

On observe que les concentrations d'ammonium dans les eaux brutes varient fortement au cours de l'année, atteignant des pics en février, janvier, mars, mai, juillet, avec des valeurs dépassant parfois 100 mg/L. Cela reflète une pollution azotée significative avant traitement. Après épuration, les concentrations diminuent considérablement, ce qui démontre l'efficacité du procédé de traitement. Les eaux épurées affichent des valeurs bien plus faibles, notamment en mars. Cependant, dans des mois comme janvier, février, juin et mai, les valeurs dans les eaux traitées restent proches des normes, ce qui peut indiquer une surcharge ponctuelle ou un rendement réduit de la station d'épuration durant ces périodes.

Globalement, le système d'épuration parvient à réduire les niveaux d'ammonium de manière significative, même si certaines fluctuations saisonnières nécessitent une attention

IV.3.9 Les Nitrites NO_2^-

Les nitrites constituent une étape importante dans la métallisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates ; leur présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ion ammoniacale soit à la réduction des nitrates (Sahnoun, 2010). Ils représentent toujours un stade fugace, ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique de pollution organique (Melghit, 2010). [41]

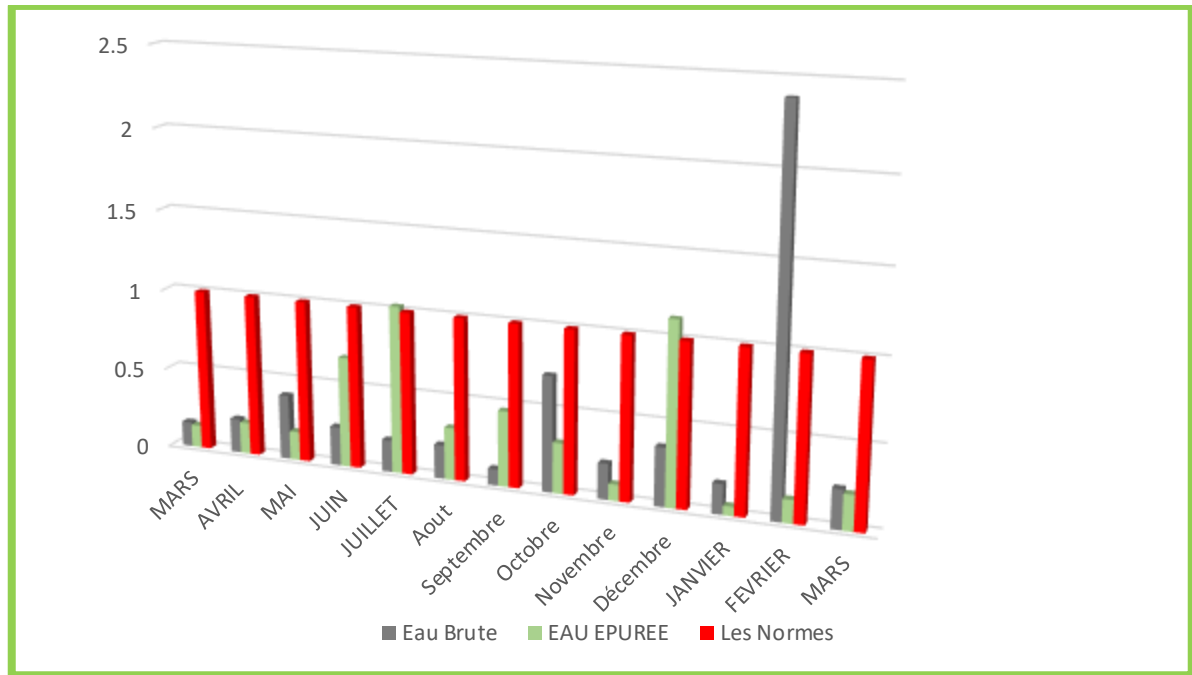


Figure 40:Variation mensuel les Nitrites NO₂(entrée et sortie de la STEP)

Le graphique montre les concentrations mensuelles en nitrites dans les eaux usées brutes et épurées, comparées aux normes de rejet. On observe que les concentrations de NO₂⁻ dans l'eau brute sont relativement faibles et généralement inférieures à 1 mg/L, à l'exception notable du mois de février, où une forte valeur de près de 2,5 mg/L est enregistrée. Ce pic peut indiquer une perturbation dans le réseau d'assainissement ou une pollution ponctuelle.

Après traitement, les concentrations en nitrites diminuent dans la majorité des cas, atteignant des niveaux conformes aux normes. Cependant, durant certains mois comme novembre et juillet, les concentrations dans l'eau épurée sont proches, voire légèrement supérieures à la norme fixée (environ 1 mg/L), ce qui suggère une efficacité de traitement à surveiller durant ces périodes. Dans l'ensemble, le processus d'épuration reste globalement efficace pour l'élimination des nitrites, bien que quelques dépassements ponctuels mettent en évidence la nécessité d'un suivi plus rigoureux, en particulier lors des pics de pollution.

IV.3.10 Les Nitrates NO₃⁻

La littérature confirme que l'excès en nitrate perturbe l'équilibre biologique du milieu en favorisant l'eutrophisation. Les nitrates limitent également les usages de l'eau, notamment l'altération qui est jugé indésirable.[42]

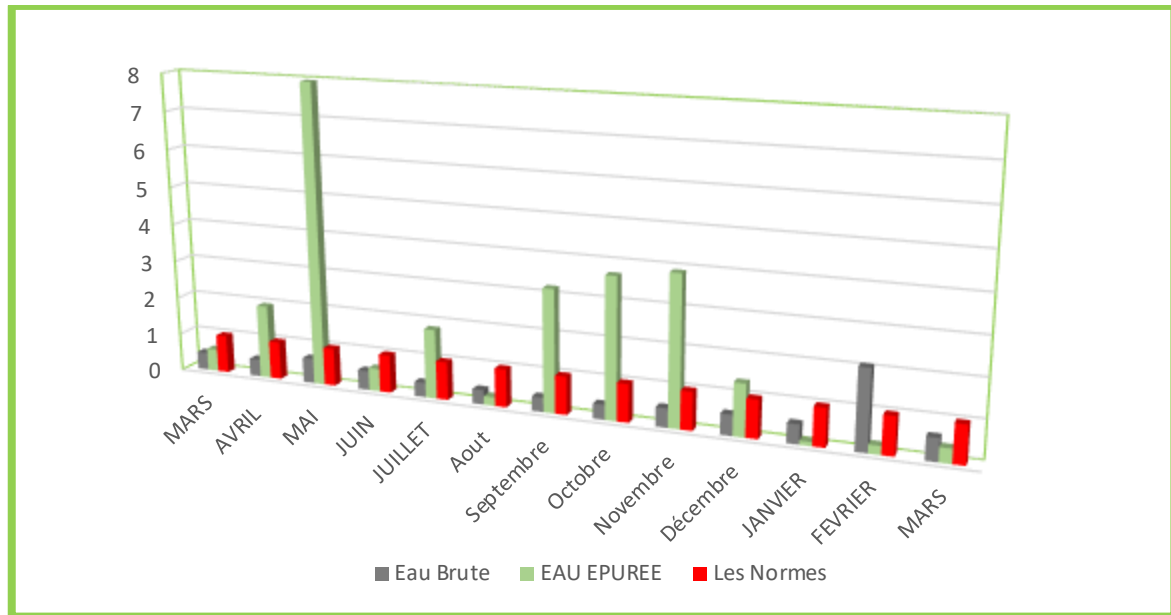


Figure 41: Variation mensuel les Nitrates NO_3 (entrée et sortie de la STEP)

Le graphique montre l'évolution des concentrations mensuelles en nitrates dans les eaux usées brutes et épurées, comparées aux normes. De manière générale, les concentrations en nitrates dans l'eau brute (barres bleues) restent faibles tout au long de l'année, souvent en dessous de 1 mg/L. Toutefois, ce qui attire l'attention, c'est la présence de pics marqués dans les eaux épurées notamment en mai, où la concentration est proche de 8 mg/L, ce qui est bien au-dessus de la norme indiquée. Des dépassements similaires, bien que moins extrêmes, sont également observés en novembre, octobre, septembre, juillet et avril, suggérant que le processus d'épuration produit parfois une augmentation du taux de nitrates, probablement due à l'oxydation de l'ammonium (NH_4^+) ou des nitrites (NO_2^-) durant la nitrification.

Ce phénomène met en évidence une limitation du traitement biologique, qui transforme les formes réduites de l'azote en nitrates mais sans étape de dénitrification efficace, ce qui explique leur accumulation.

IV.3.11 Phosphates (PO_4^-)

Les phosphates sont des éléments nutritifs essentiels pour les végétaux. Si les conditions sont favorables, une augmentation de la teneur en phosphate dans les cours d'eau se traduira par une croissance plus importante des plantes aquatiques. Cette croissance grâce à la lumière du jour et par photosynthèse se traduira à son tour par une production plus importante d'oxygène. Aussi, on observera une consommation plus importante d'oxygène (respiration), particulièrement critique, pendant la nuit. Cette consommation importante d'oxygène peut se traduire par la mort d'animaux, notamment les espèces les plus sensibles de

poissons tels que la truite. C'est ce phénomène que l'on appelle l'eutrophisation. Au cours de ce processus, l'azote est essentiel, cependant il est généralement admis que c'est le phosphore qui est l'élément le plus limitant. [43]

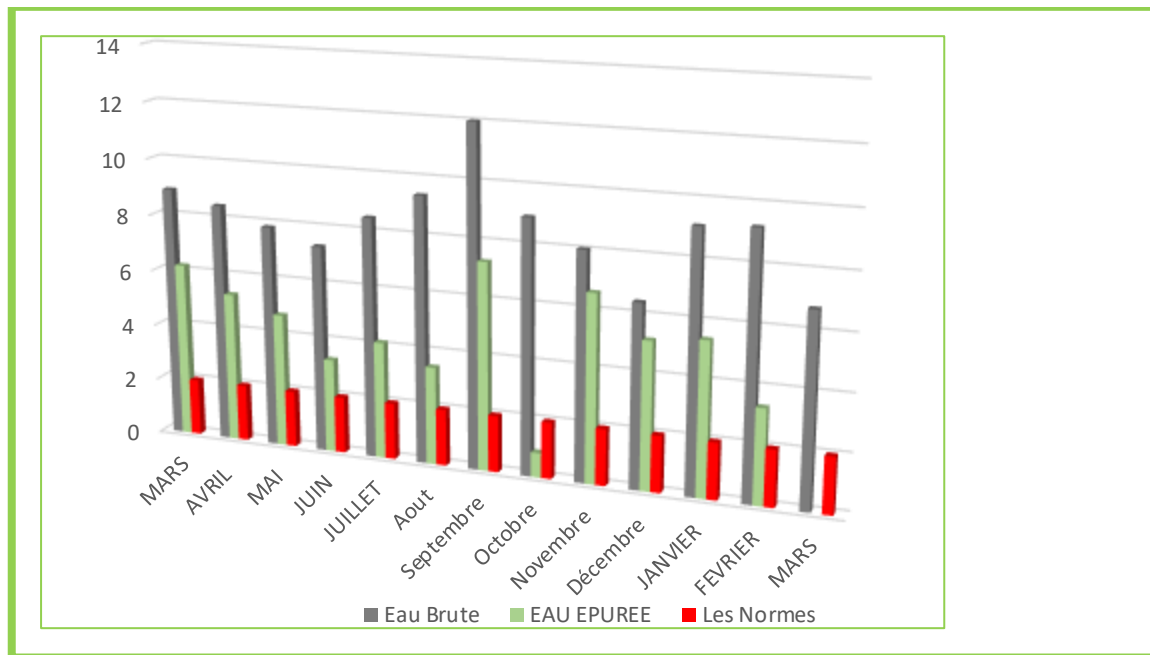


Figure 42: Variation mensuelle des Phosphates (PO_4^{3-}) (entrée et sortie de la STEP)

Le graphique ci-dessus illustre l'évolution mensuelle des concentrations en phosphates dans les eaux usées, avant et après traitement, comparées aux normes environnementales. On constate que les eaux brutes présentent des teneurs élevées en phosphates tout au long de l'année, dépassant largement les normes. Après traitement, une réduction notable est observée, témoignant d'une certaine efficacité du système d'épuration. Toutefois, les concentrations en eau épurée restent supérieures aux normes pendant plusieurs mois (janvier, novembre, septembre, etc.), ce qui révèle une performance insuffisante ou irrégulière du traitement.

Des pics exceptionnels, notamment en septembre, indiquent des apports importants de phosphates probablement liés à des rejets industriels ou domestiques intensifs. En revanche, les mois d'été (juin, juillet, août) montrent de meilleures performances avec des valeurs plus proches des seuils réglementaires.

IV.3.12 L'oxygène dissous O₂

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et la flore, il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l.[44]

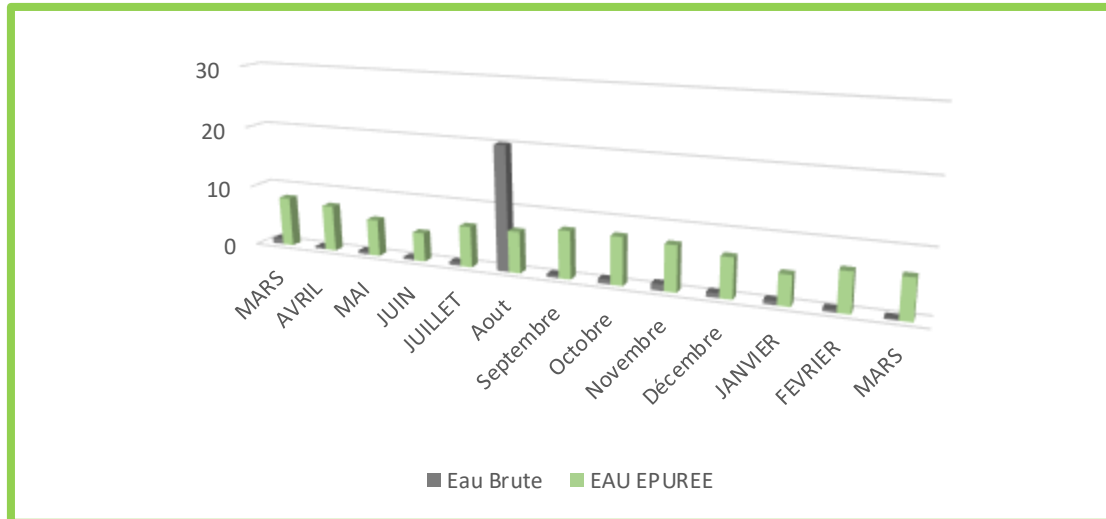


Figure 43:Variation mensuel de L'oxygène dissous O₂(entrée et sortie de la STEP)

Ce graphique montre l'évolution mensuelle des concentrations en oxygène dissous dans les eaux brutes et épurées. Globalement, on remarque que :

Les eaux brutes (barres bleues) présentent des teneurs en oxygène très faibles tout au long de l'année, avec une valeur exceptionnellement élevée en août (~21 mg/L), ce qui constitue un pic inhabituel. À l'inverse, les eaux épurées (barres rouges) affichent des concentrations plus stables et modérées, oscillant autour de 6 à 8 mg/L dans la majorité des mois. Cette situation est paradoxale, car on s'attend généralement à ce que l'oxygène soit plus faible dans les eaux usées brutes et plus élevé après traitement. Le pic en août dans l'eau brute pourrait être dû à un apport accidentel d'eau oxygénée.

IV.3.13 Volume mensuel

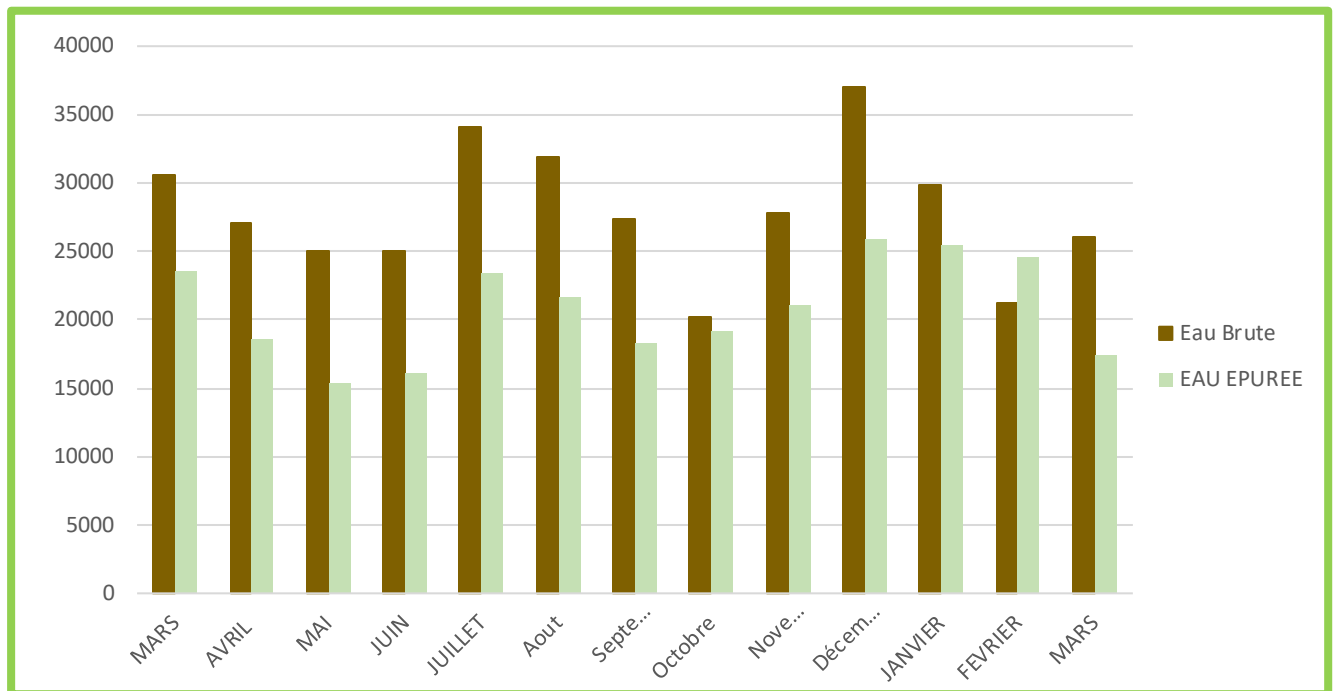


Figure 44: Variation mensuel de Volume mensuel (entrée et sortie de la STEP)

Paramètres Chimiques

Le graphique représente les volumes mensuels des eaux brutes et des eaux épurées traitées par la station. On remarque que le volume de l'eau brute (barres bleues) est généralement supérieur à celui de l'eau épurée (barres rouges), ce qui est logique puisque des pertes sont enregistrées pendant le traitement (évaporation, boues, etc.).

Les volumes les plus élevés sont observés en juillet, août et décembre, ce qui pourrait être lié à une augmentation de la consommation d'eau domestique ou industrielle durant ces périodes. Les mois comme février et octobre présentent des volumes relativement faibles, indiquant une baisse d'activité ou de rejet. La régularité du traitement est notable, car l'écart entre l'eau brute et l'eau épurée reste globalement constant.

IV.4 Rapport DCO/DBO5

Le rapport DCO/DBO5 a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration. Il permet d'évaluer la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO5 implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables ce qui permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une

valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

- $DCO/DBO5 < 3$ effluent facilement biodégradable
- $3 < DCO/DBO5 < 5$ effluent moyennement biodégradable
- $DCO/DBO5 > 5$ effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable.(Rodier, Analyse de l'eau).

Le rapport DCO/DBO5 permet d'indiquer si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO5 inférieur à 3).[50] (Le rapport DCO/DBO5 permet de déduire si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO5 inférieur à 3) [49]. Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables.[34]

IV.5 Rapport MES/DBO5

Le rapport MES/DBO5 indique la répartition de la pollution particulaire représentée par la MES et de la pollution dissoute représentée par la DBO5.

Les valeurs de ce ratio varient en fonction du phénomène de sédimentation-érosion au sein du réseau ainsi qu'au lessivage du sol (d'après Chebbo 1992), des valeurs importantes pour ce rapport sont observées suite à des événements pluvieux importants, en effet plusieurs études montrent que le flux de MES rejeté par temps de pluie dans les milieux récepteurs proviennent majoritairement de la remise en suspension des dépôts accumulés (dépôts et biofilms) dans le collecteur.[34]

Tableau 17: Rapport DCO/DBO5 moi de Mars

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	3.66	40.63	11

$DCO/DBO5 > 5$ effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

Tableau 18: Rapport DCO/DBO5 moi d'Avril

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	3.5	41	11.71

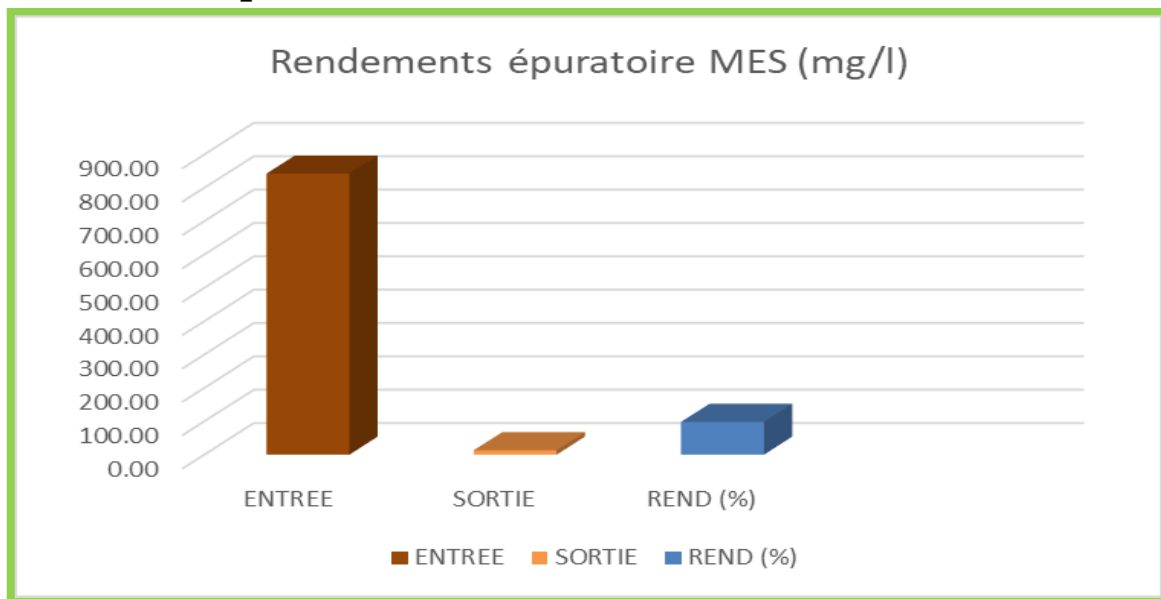
DCO/DBO5 > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

Tableau 19: Rapport DCO/DBO5 de Mai

	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	Rapport DCO/DBO5
SORTIE	10.75	66.5	6.18

DCO/DBO5 > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

IV.6 Analyse du Rendement des Paramètres Physico-chimiques de la Station

**Figure 45: Rendements épuratoire (MES) de la step Ain El Kihel**

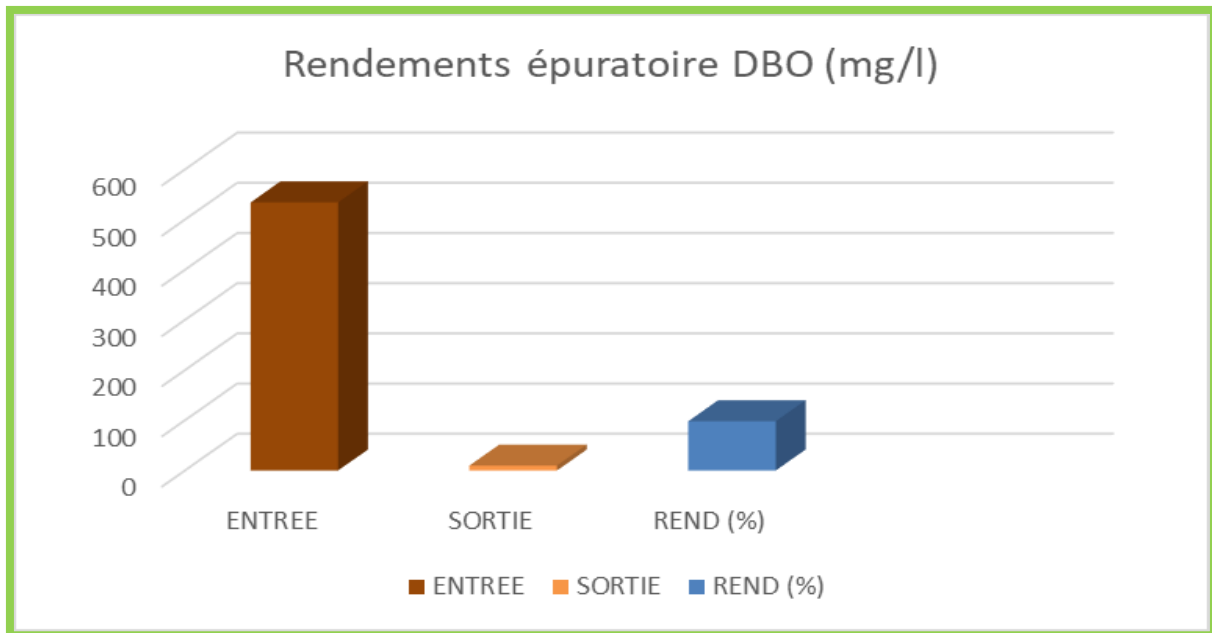


Figure 46: Rendements épuratoire(DBO) de la step Ain El Kihel

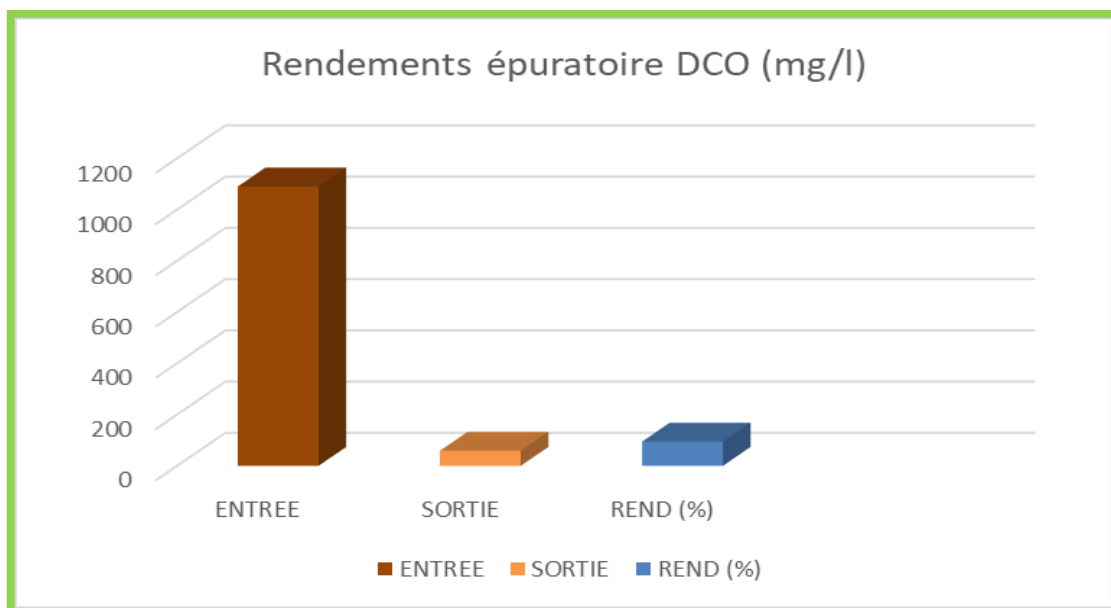


Figure 47: Rendements épuratoire(DCO) de la step Ain El Kihel

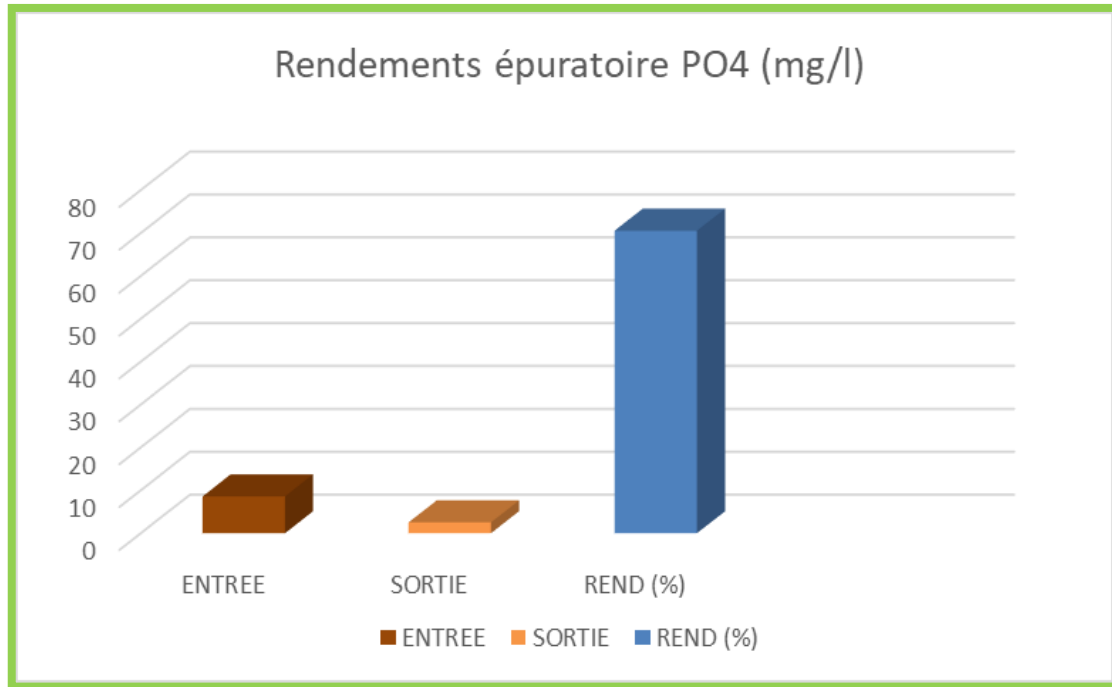


Figure 48: Rendements épuratoire(PO4) de la step Ain El Kihel

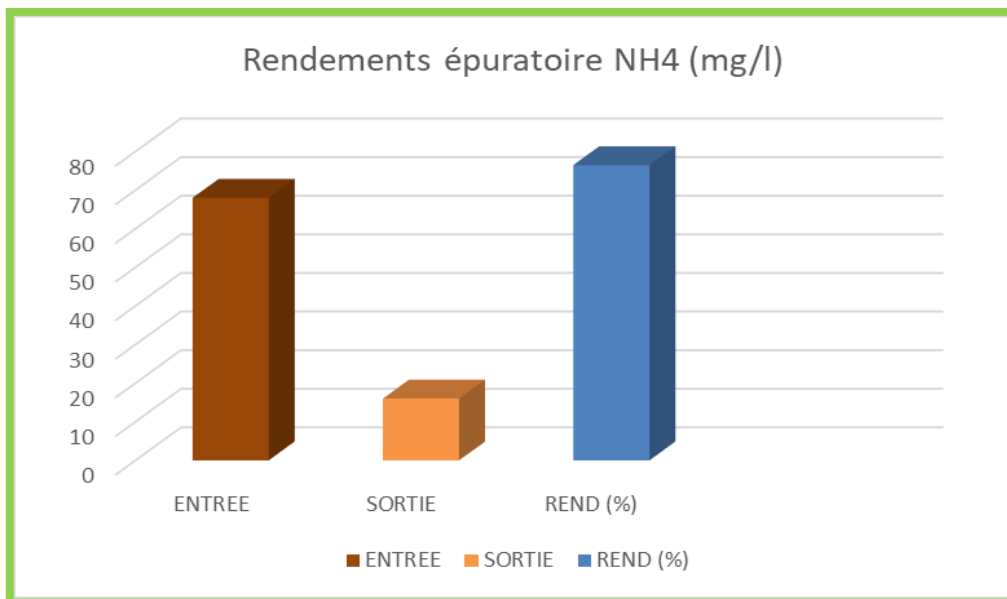


Figure 49: Rendements épuratoire (NH4) de la step Ain El Kihel

Figure 50: Résultats Récapitulatif des rendements épuratoires de la step

Parameters	MES (mg/l)	DBO (mg/l)	DCO (mg/l)	PO4 (mg/l)	NH4 (mg/l)
ENTREE	842,45	534,21	1090,19	8,59	68,01
SORTIE	13,40	9,79	59,01	2,53	16,00
REND (%)	98,41	98,17	94,59	70,54	76,47

IV.7 Conclusion

L'analyse approfondie des eaux usées présentée dans ce chapitre constitue une étape essentielle pour appréhender de manière globale le fonctionnement et les exigences du système d'assainissement de la station d'épuration d'Aïn El Kehal, qui repose sur le procédé des boues activées. En évaluant des paramètres clés tels que la DBO₅, la DCO, les matières en suspension, ainsi que les concentrations en azote et en phosphore, il a été possible de caractériser avec précision le niveau et la nature de la pollution des effluents bruts entrant dans la station.

Les résultats obtenus mettent en évidence une charge polluante organique et minérale significative, accompagnée d'une variabilité notable qui reflète la complexité des eaux usées collectées, principalement d'origine domestique. Cette hétérogénéité souligne la nécessité de mettre en œuvre une stratégie de traitement performante, flexible et bien dimensionnée, capable de répondre efficacement aux fluctuations de la charge polluante, ce qui justifie pleinement le choix du procédé à boues activées dans le contexte local.

Chapitre V : Simulation et performances de la STEP Ain el kihel par GPSX

V.1 Introduction

Le logiciel GPS-X, développé par Hydromantis Environmental Software Solutions, est l'un des outils les plus puissants et les plus utilisés pour la modélisation dynamique des procédés de traitement des eaux usées. Il permet de représenter mathématiquement le comportement d'une station d'épuration, de simuler les processus biologiques, chimiques et physiques en jeu, et d'évaluer les performances du système dans son ensemble.

Dans le cadre de cette étude, GPS-X a été utilisé comme outil de modélisation et de simulation pour représenter le fonctionnement réel de la station d'épuration d'Aïn Kihel, qui repose sur le procédé des boues activées. Cet outil permet de simuler les différentes étapes du traitement biologique, d'analyser les performances de la station, et d'examiner l'influence de divers paramètres opérationnels sur la qualité des eaux traitées. Grâce à GPS-X, il est possible d'anticiper les comportements dynamiques du système, d'identifier les points critiques et de proposer des pistes d'amélioration adaptées au contexte local.

V.2 Définition GPS-X

GPS-X est un outil logiciel permettant la modélisation mathématique, la simulation, l'optimisation et la gestion des stations d'épuration. Son interface simple de type glisser-déposer et sa sélection complète de procédés unitaires permettent aux utilisateurs de développer facilement un modèle d'installation, de saisir des données de caractérisation et d'exécuter des simulations.[45]

V.3 Utilité du GPS-X

Le logiciel nous permet de créer la configuration actuelle de la station. L'utilisation de GPS-X se fait par l'élaboration de schémas simplifiés de la station à l'aide d'outils prédéfinis. Chaque outil représente un ouvrage (effluent d'entrée, bassin d'aération, clarificateur...) que le concepteur doit ensuite assembler pour définir le profil hydraulique.[46]

Le GPS-X est un outil qui nous permet de faire la configuration de n'importe quel type de fonctionnement, aussi c'est un aide de simulation, d'analyse et d'optimisation :

- ❖ **Simulation** : Le fondement de toutes les fonctionnalités de modélisation et de simulation dans le GPS-X, nous permet d'exécuter des simulations de plus de 50 modèles préconfigurés avec GPS-X, ainsi que de nos propres schémas de conception.

- ❖ **Configuration** : le GPS-X utilise l'interface graphique pour custom- conception et la construction d'une station d'épuration ou modifier les processus de diagrammes de flux.
- ❖ **Analyse** : L'analyse automatique est effectuée pour maîtriser la sensibilité des paramètres du modèle, soit dans l'état d'équilibre ou dynamique des simulations. Par exemple, l'analyseur va nous permettre de développer automatiquement l'état opérationnel illustrant l'orientation de la nitrification par les paramètres essentiels tels que l'âge des boues, temps de séjour hydraulique et la température.
- ❖ **Optimisation** : Ce module nous assiste dans l'optimisation des STEP. Parexemple pour déterminer la meilleure distribution d'air dans un réacteur deboues activées afin d'optimiser la qualité des effluents et de réduire les coûts del'aération. Une forme de bibliothèque (Library) est choisie, permettant de prendre en compte les modèles associés soit au traitement du carbone et de l'azote (Cnlib)•soit au traitement du carbone, de l'azote et du phosphore (CNPlib). Nous prenons la bibliothèque Cnlib ne tenant pas compte du phosphore dans notre étude. Le logiciel permet de réaliser des simulations aussi bien caractérisant un régime permanent qu'un régime dynamique. En outre, des analyses de sensibilité vis-à-vis de paramètres ou variables sont possibles. Enfin, l'optimisation de leurs valeurs est proposée par l'utilisation d'algorithmes mathématiques.

V.4 Choix du modèle

Le modèle ASM1 associant une description simple des phénomènes biologiques et une représentation conforme à la réalité. Il exprime les vitesses de dégradation du substrat carboné et azoté en fonction de l'état de pollution (nommé par les variables) et caractéristiques de la biomasse assurant le traitement (nommé par des paramètres). Le modèle ASM1 fait appel à différentes notions que nous allons essayer de décrire.[46]

V.5 Présentation du Modèle ASM1

Un système à boues activées inclut des phénomènes tels que l'oxydation du carbone, la nitrification et la dénitrification. La simulation de son comportement nécessite de nombreuses réactions entre un grand nombre de composants. Pour être mathématiquement exploitables, tout en fournissant des prévisions réalistes, les réactions doivent représenter les processus fondamentaux du système.

De plus, le modèle doit prendre en considération la cinétique (vitesse de réaction) et la stoechiométrie (rapport d'un composant par rapport aux autres dans une réaction chimique) de chaque processus. Les principales tâches conceptuelles dans le développement du modèle mathématique incluent l'identification des réactions, ainsi que le choix de leurs expressions cinétiques et stoechiométriques appropriées. En associant une description simple des phénomènes biologiques à une représentation fidèle de la réalité, elles expriment les vitesses de dégradation des substrats carbonés et azotés en fonction de l'état de pollution (décrit par des variables) et des caractéristiques de la biomasse responsable du traitement (décrites par des paramètres).

Le modèle ASM1 intègre différentes notions que nous allons tenter de décrire.[47]

V.6 Unité utilisée

Une question qui a suscité de la confusion et qui, dans une certaine mesure, a entravé le développement de la théorie des boues activées, est le choix du paramètre permettant d'évaluer au mieux la matière organique dans l'eau usée. Trois mesures reconnues sont largement utilisées : la Demande Biochimique en Oxygène (DBO), le Carbone Organique Total (COT) et la Demande Chimique en Oxygène (DCO). Parmi celles-ci, la DCO est sans conteste la mesure la plus pertinente. En effet, elle est la seule à établir un lien entre les équivalents d'électrons dans le substrat organique, la biomasse et l'oxygène consommé. De plus, le bilan massique peut être établi en termes de DCO. Ainsi, les concentrations de toutes les formes organiques, y compris la biomasse, sont exprimées en unités de DCO dans le modèle.[47]

V.7 L'importance de la modélisation des stations d'épuration

Les modèles sont généralement mis en œuvre pour remplacer un procédé réel, lorsque les tests et analyses sur la station réelle ne sont pas disponibles ou réalisables. Les cinq principales raisons sont les suivantes: [45]

V.7.1 Permettre la comparaison de différentes conceptions, modernisations de procédés ou stratégies d'exploitation

Les utilisateurs peuvent ainsi simplement ajuster la conception d'une station en ajustant et/ou en ajoutant des procédés unitaires. Par exemple, la modélisation peut servir à déterminer le

dimensionnement des zones anoxique et aérobie d'un bioréacteur IFAS afin d'atteindre un niveau de qualité des effluents spécifique.[45]

V.7.2 Vérifier la capacité de la station existante

Pour une station dont les débits entrants sont plus élevés en raison de la croissance démographique environnante, un modèle peut être exécuté à des débits croissants afin de déterminer le débit auquel la qualité des effluents ou la capacité nominale de la station serait théoriquement dépassée.[45]

V.7.3 Déterminer les goulots d'étranglement du procédé

Un modèle de station peut permettre d'identifier les unités opérationnelles à l'origine des performances globales de la station. Par exemple, cela pourrait aider à déterminer si le taux de perte du clarificateur secondaire était trop faible, entraînant une accumulation de boues dans le clarificateur et des concentrations plus élevées de MES dans les effluents.[45]

V.7.4 Identifier des stratégies pour réaliser des économies de coûts

De nombreuses stations d'épuration sont exploitées de manière conservatrice afin de limiter le risque de mauvaise qualité des effluents.[45]

S'il est extrêmement important de maintenir un bon traitement des eaux usées, certaines pratiques peuvent entraîner une consommation excessive d'énergie. Par exemple, la modélisation pourrait permettre de déterminer qu'une station pourrait fonctionner avec une valeur de consigne d'OD de 1,4 mg/L plutôt que de 2 mg/L, ce qui permettrait de réaliser d'importantes économies d'énergie et de limiter considérablement la qualité des effluents.[45]

V.7.5 Soutenir la prise de décision réglementaire

Les stations d'épuration sont tenues de signaler les dépassements aux organismes de réglementation. En cas de dépassement d'une limite d'effluent, elles peuvent être amenées à fournir une explication raisonnable de la cause du dépassement. Par exemple, l'utilisation d'un modèle de simulation pourrait aider à déterminer que des températures hivernales constamment basses sont responsables de la hausse de l'indice d'azote total (TAN) dans les effluents.[45]

V.8 Variables

Tout en respectant les nomenclatures établies dans les modèles précédents, ASM1 adopte néanmoins un vocabulaire spécifique. Les constituants insolubles (ou particuliers) sont

désignés par le symbole **X**, tandis que les constituants solubles sont représentés par le symbole **S**, la biomasse est notée **b**, le substrat par **s** et l'oxygène par **O**.

La matière organique présente dans les eaux usées peut être classée en plusieurs catégories .[47]

- **La matière organique non-biodégradable** :elle est biologiquement inerte (ou réfractaire) et traverse le système à boues activées sans variation de concentration. Selon son état physique, deux formes peuvent être distinguées :
- **La matière organique soluble inerte (Si)** qui sort du système avec la même concentration qu'à l'entrée : [47]
- **La matière organique particulaire inerte (Xi)** qui se retrouve dans les boues pour être évacuée lors de leur extraction : [47]
- **La matière organique biodégradable** peut également être divisée en deux fractions selon la rapidité d'utilisation par les bactéries : [47]
- **La fraction rapidement biodégradable (Ss)** qui est considérée comme des molécules à structure simple pouvant être directement utilisées par les bactéries hétérotrophes et contribuant à la croissance de la biomasse. Pour la modélisation, elle est traitée comme si elle était soluble : [47]
- **La fraction lentement biodégradable (Xs)** qui est composée de molécules complexes, nécessitant une transformation en substrat rapidement biodégradable avant d'être utilisées. Elle est considérée comme si elle était particulaire : [47]
- **Les biomasses hétérotrophes (Xbh) et autotrophes (Xba)** peuvent se trouver dans les eaux usées, ayant ainsi un impact significatif sur le déroulement des réactions dans le système .Cependant, la prévalence et l'intensité de cet impact demeurent inconnues et n'ont pas été prises en compte par le groupe de travail lors de l'élaboration du modèle .Cette biomasse est perdue par décomposition et devient à son tour une fraction de substrat lentement biodégradable (Xp).[47]

La matière organique est ainsi fractionnée en différentes parties dont les définitions se distinguent selon leur rôle dans la croissance de la biomasse. Elles interviennent dans le modèle sous forme de variables et caractérisent l'état de pollution de l'effluent brut, de la boue des bassins et de l'effluent traité .[47]

Ce qui s'illustre pour la DCO totale sous trois formes : la forme substrat, la forme inerte et la biomasse vivante (hétérotrophe et autotrophe) .[47]

Ces trois formes se subdivisent à leur tour et nous pouvons distinguer sept fractions dont la hiérarchie est présentée dans l'organigramme ci-dessous :[47]

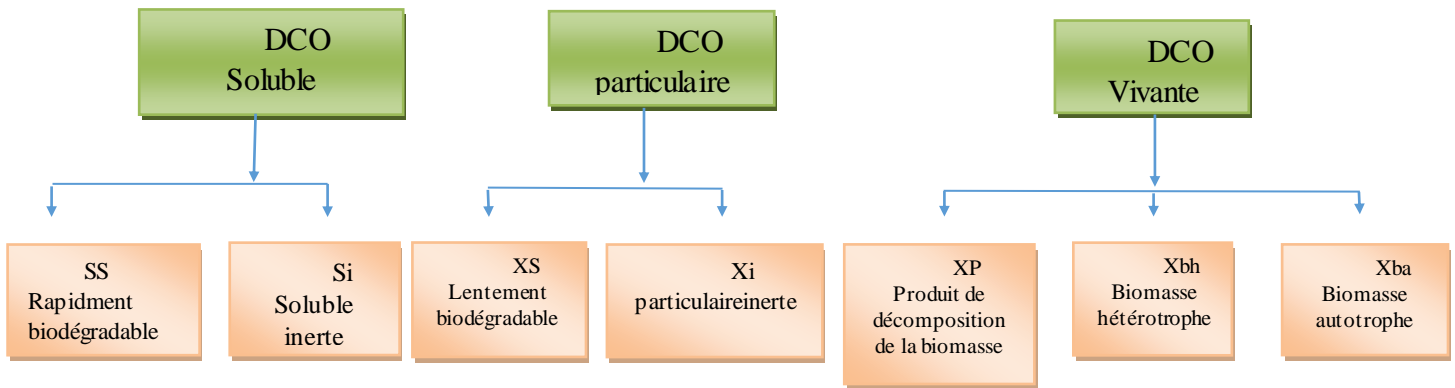


Figure 51: Fractionnement de la DCO.

Concernant l'azote, nous appliquons une approche similaire de fractionnement. Cela implique l'identification des fractions minérales (Snh : azote ammoniacal et Sno : nitrates), des fractions organiques biodégradables (soluble : Snd et particulaire : Xnd) ainsi que des fractions réfractaires au traitement (soluble : Sni et particulaire Xni).

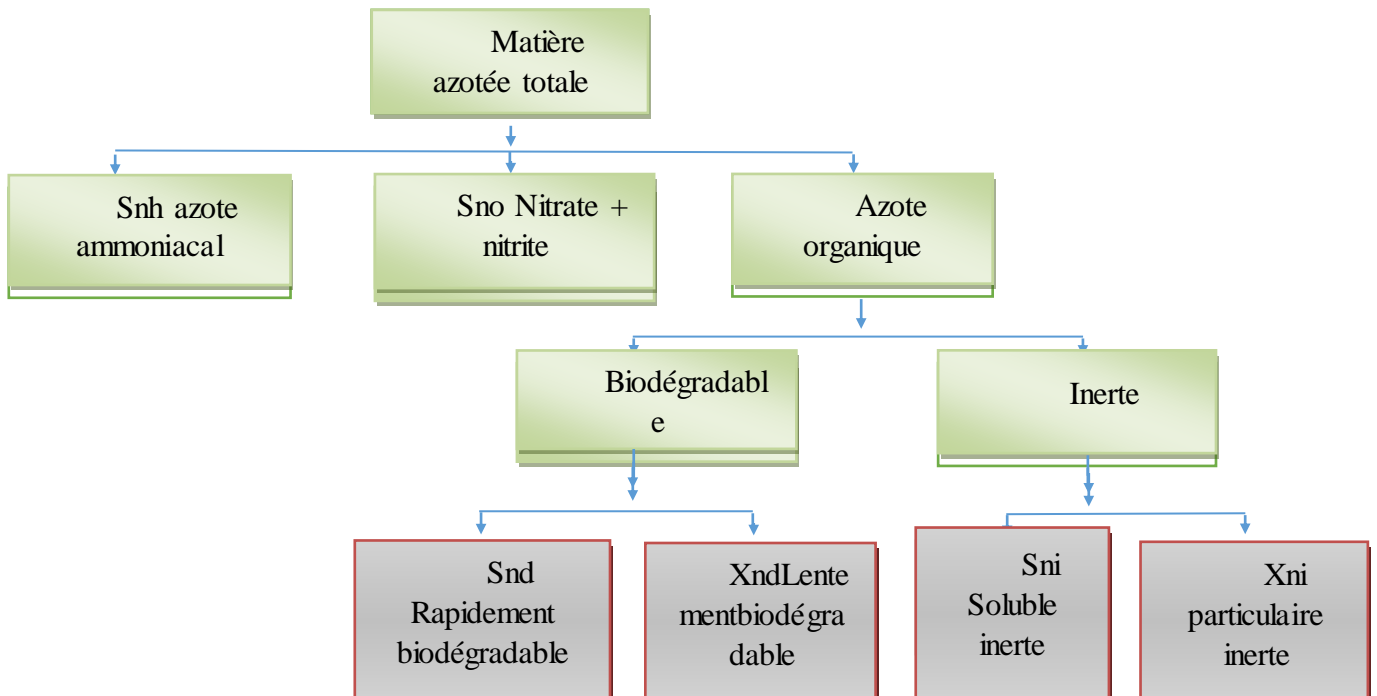


Figure 52: Fractionnement de l'azote.

V.9 Simulation et étude des performance épuratoire de la STEP

V.9.1 Caractéristique de l'effluent d'entrée

Avant de commencer l'étape de simulation de la filière d'épuration, nous avons analysé les données du bilan réalisé en (02 mois : Avril et Mai) par l'office national d'assainissement (ONA) ainsi que le bilan de Mars que nous avons effectué nous-mêmes durant notre stage pratique à la station d'épuration.[46]

Les valeurs d'entrée des paramètres sont récapitulés dans les tableaux suivants

Tableau 20: Les caractéristiques de l'effluent d'entrée bilan ONA

	Paramètres	Valeurs entrés
MARS	Débit [m ³ /j]	1017,5
	DCO [mg/l]	898
	MES [mg/l]	685
	DBO5 [mg/l]	518,66
AVRIL	Débit [m ³ /j]	900,5
	DCO [mg/l]	862
	MES [mg/l]	1445
	DBO5 [mg/l]	441
MAI	Débit [m ³ /j]	833,43
	DCO [mg/l]	1410,25
	MES [mg/l]	1175
	DBO5 [mg/l]	656

V.9.2 La simulation du fonctionnement de la STEP

La simulation implique la réalisation d'expérimentations virtuelles sur le fonctionnement de la STEP, en utilisant le logiciel GPS-X ainsi qu'un ou plusieurs modèles d'équations pour atteindre un fonctionnement optimal de la STEP.

Les buts de ces simulations sont d'enrichir les connaissances et d'améliorer la compréhension du système à boue activée de la STEP. Cela se fait en testant divers scénarios afin d'anticiper et de prévoir les variations potentielles, et finalement d'optimiser le fonctionnement de ce procédé.

Tableau 21: Comparaison entre les valeurs moyennes analysées avec ceux simulés (Bilan 2025).

Mois	Paramètres	Bilan STEP (2025)	Simulation GPS-X
		Valeurs analysées	Valeurs calculées
MARS	DCO [mg/l]	40,63	13,81
	MES [mg/l]	10,33	6,428
	DBO5 [mg/l]	3,66	1,784
AVRIL	DCO [mg/l]	41	4,22
	MES [mg/l]	11,5	9,126
	DBO5 [mg/l]	3,5	1,431
MAI	DCO [mg/l]	66,5	9,28
	MES [mg/l]	10,75	9,34
	DBO5 [mg/l]	10,75	1,816

V.9.2.2 Le choix du débit de recirculation et extraction

➤ Recirculation

Pour la simulation, nous avons sélectionné un débit de recirculation mensuel qui permet de garder les concentrations à la sortie du clarificateur proches des valeurs mesurées. Nous avons testé différents taux de recirculation, du débit d'entrée de la STEP.

Le tableau suivant représente les débits de recirculation de chaque mois :

Tableau 22: Débits de recirculation de chaque mois

Année	Mois	Le débit de recirculation [m3/j]
2025	MARS	1527
	AVRIL	1351
	MAI	1250,14

➤ Extraction des boues :

Selon le choix du taux de recirculation, différents débits d'extraction ont été testés

Les tableaux suivants représentent la simulation des débits d'extraction de chaque mois :

Tableau 23: Extraction des boues

Année	Mois	débit d'extraction des boues
2025	MARS	22,38
	AVRIL	25
	MAI	16

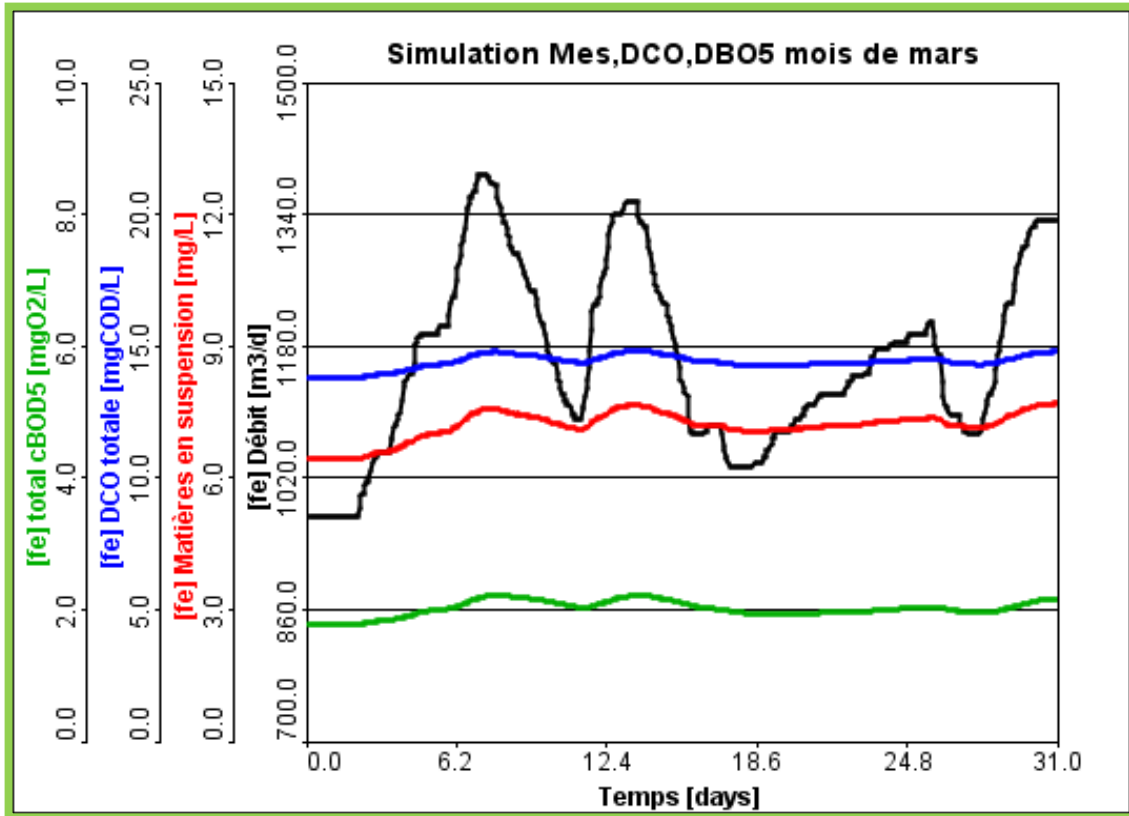


Figure 54: Paramètres Simulées Par GPS-X (Mars).

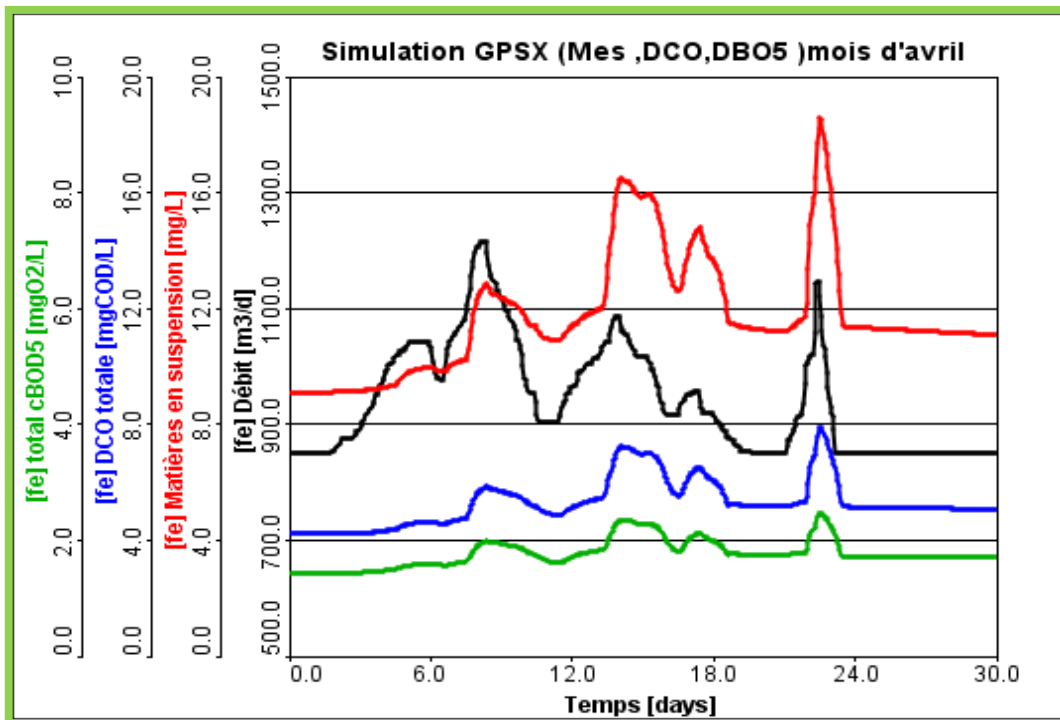


Figure 55: Paramètres Simulées Par GPS-X (Avril).

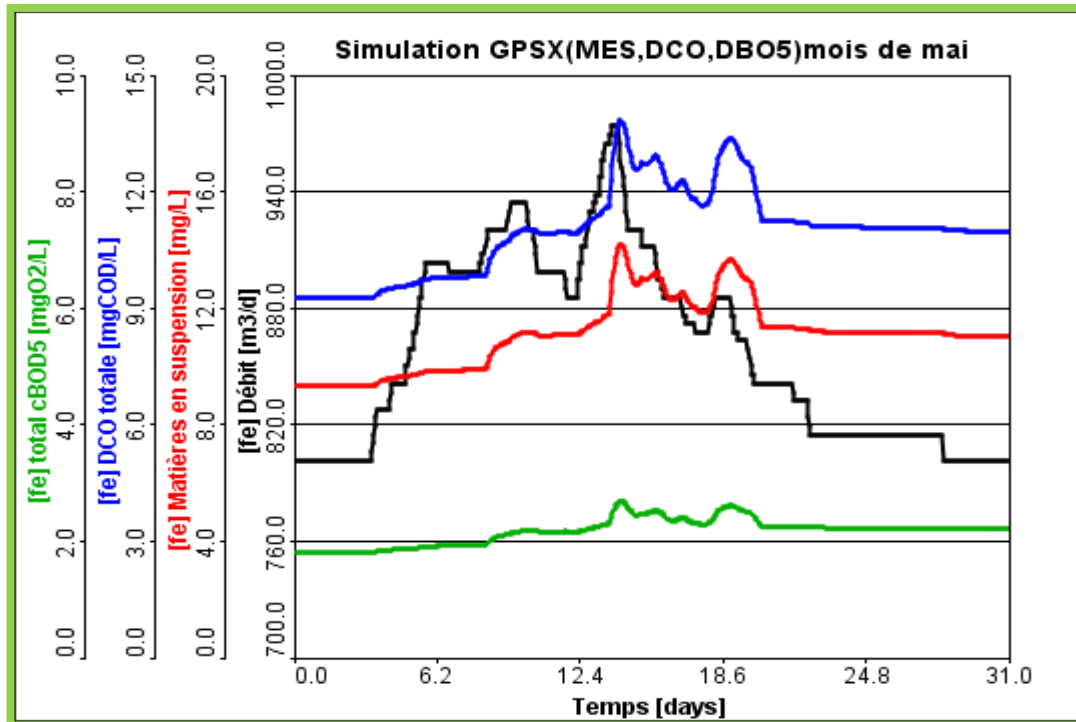


Figure 56: Paramètres Simulés Par GPS-X (Mai).

V.9.2.3 Résultats et interprétations des analyses

Pour aborder la question des possibilités d'atteindre le fonctionnement optimal de la STEP via le logiciel GPS-X, il est nécessaire de s'assurer au préalable de l'efficacité épuratoire de la STEP par boue activée .

Au cours de notre stage, nous avons surveillé presque quotidiennement la qualité de l'eau à travers l'ouvrage de sortie, qui est le clarificateur, en suivant les paramètres disponibles à la STEP .

Par la suite, nous avons procédé au:

- Calage entre les valeurs observées (moi de mars,Avril,Mai) et les valeurs calculées à partir de GPS-X.

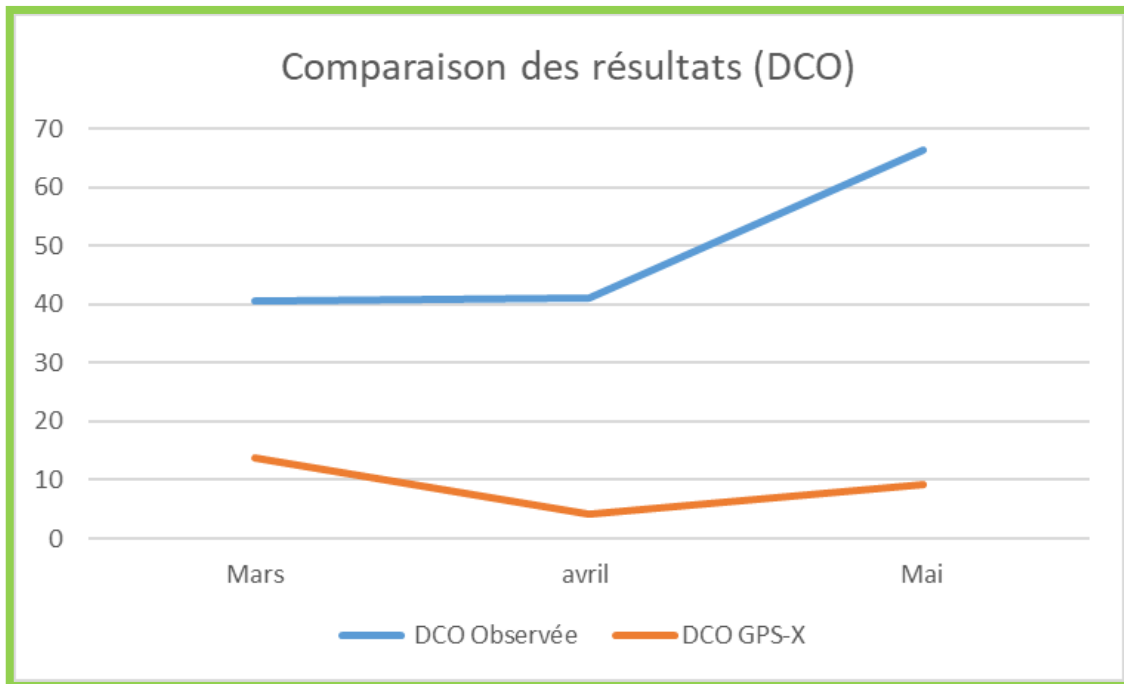


Figure 57: Comparaison des résultats (DCO).

Le graphique présente une comparaison entre les valeurs mesurées du DCO dans les eaux usées et les résultats de simulation obtenus avec le logiciel GPS-X pour la période de mars à mai. Les valeurs mesurées sont restées stables en mars et avril (environ 40 mg/L), avant d'augmenter en mai (atteignant 60 mg/L). En revanche, les valeurs simulées par GPS-X sont restées faibles, autour de 12 mg/L, sans refléter la hausse observée en mai. Malgré cette divergence, toutes les valeurs restent inférieures à la norme de rejet fixée à 90 mg/L, ce qui garantit la conformité de la qualité de l'eau traitée

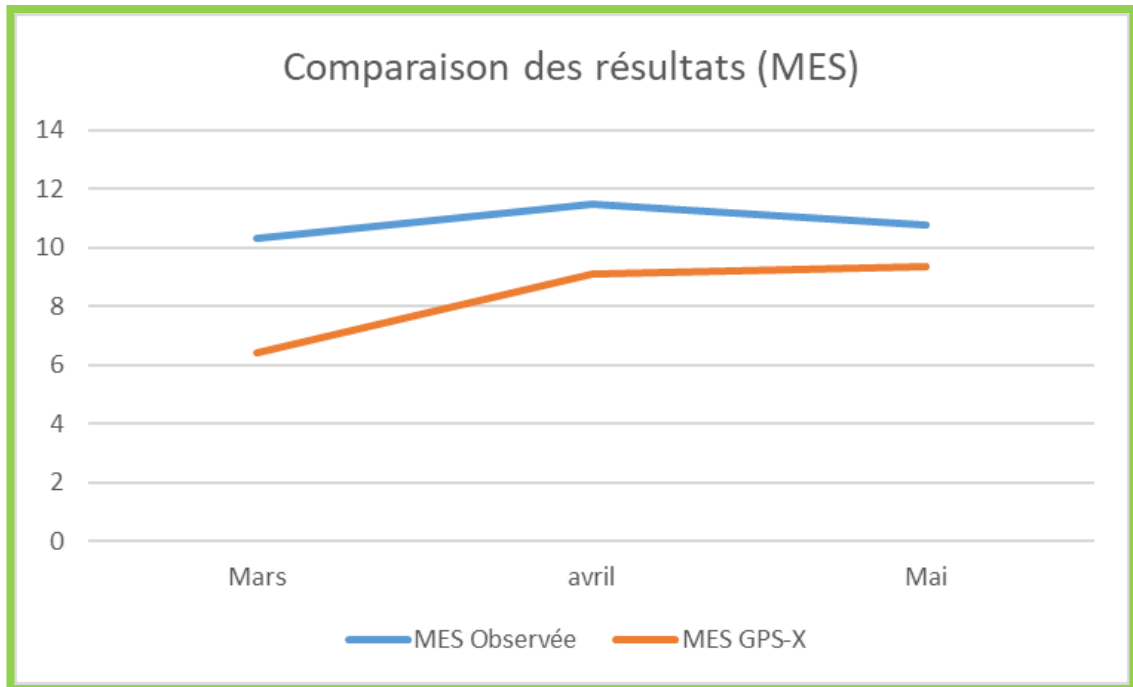


Figure 58 : Comparaison des résultats (MES).

Ce graphique compare les valeurs mesurées et simulées des MES entre mars et mai. Les valeurs mesurées augmentent légèrement en avril puis diminuent en mai, tandis que les simulations GPS-X montrent une évolution plus stable mais sous-estiment les valeurs réelles. Malgré cet écart, toutes les valeurs restent en dessous de la norme de rejet (30 mg/L), garantissant la conformité de la qualité des eaux traitées.

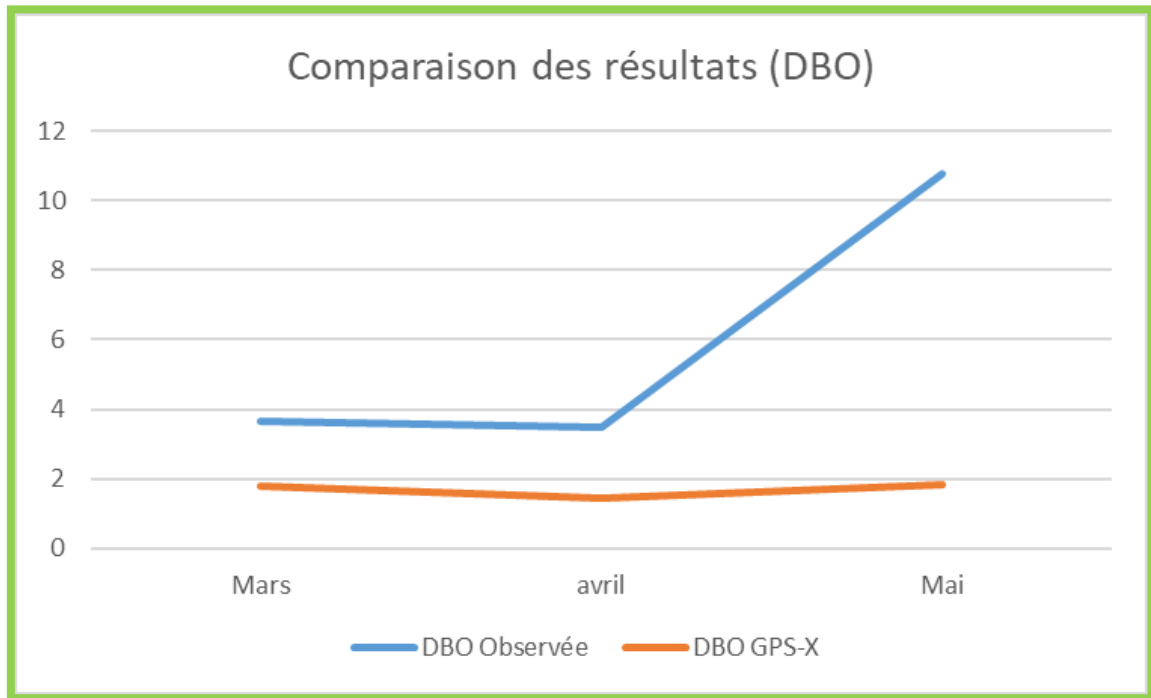


Figure 59: Comparaison des résultats (DBO).

Le graphique compare les valeurs mesurées et simulées de la DBO entre mars et mai. Les valeurs mesurées sont restées stables en mars et avril ($\sim 3,5$ mg/L), puis ont fortement augmenté en mai (~ 11 mg/L).

En revanche, les simulations de GPS-X sont restées constantes autour de 2 mg/L, sans refléter la hausse observée. Malgré cet écart, toutes les valeurs restent en dessous de la norme de rejet (30 mg/L), ce qui garantit la conformité.

V.10 Conclusion

Le logiciel GPS-X constitue un outil avancé et performant pour la modélisation des systèmes de traitement des eaux usées. Ce chapitre a mis en évidence sa capacité à simuler avec précision les processus physiques, chimiques et biologiques intervenant dans une station d'épuration ;

Grâce à sa flexibilité et à la richesse de ses modules, GPS-X offre aux ingénieurs et chercheurs un environnement fiable pour optimiser les paramètres de fonctionnement, tester différentes stratégies de traitement et anticiper les impacts sans recourir systématiquement à des essais réels. Il contribue ainsi à la réduction des coûts, au gain de temps, et à une meilleure compréhension du comportement des systèmes d'assainissement.

En conclusion, l'intégration d'outils de simulation comme GPS-X dans la gestion et la planification des stations d'épuration représente une démarche essentielle vers une gestion durable, rationnelle et scientifiquement fondée des ressources en eau.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le traitement des eaux usées représente l'un des fondements essentiels de la protection de l'environnement et de la santé publique, surtout face aux défis croissants liés à l'urbanisation et à l'augmentation de la population. Les stations d'épuration, grâce aux procédés biologiques et chimiques qu'elles utilisent, constituent des outils indispensables pour réduire la pollution avant le rejet des eaux dans le milieu naturel.

Dans cette étude, nous avons concentré notre analyse sur l'évaluation des performances de la station d'épuration d'Aïn El Kihal, à travers une étude approfondie des données concernant la qualité des eaux usées, ainsi qu'une simulation numérique réalisée avec le logiciel GPS-X, qui a permis de mieux appréhender le fonctionnement de la station et de mettre en lumière ses atouts et ses limites.

L'eau usée épurée en sortie de la STEP de Ain el kihel répond aux exigences des normes de rejet fixée par la réglementation Algérienne. La concentration de DBO5 est inférieure à 30 mg/L, la concentration de la DCO inférieure à 90 mg/L et la concentration de MES inférieure à 30 mg/L.

D'après les comparaisons des résultats des analyses de la STEP avec les résultats de la simulation avec GPS-X on remarque que la STEP respecte les normes de rejet.

Les résultats obtenus ont révélé que la station affiche un rendement globalement satisfaisant dans l'élimination de certains polluants, tout en mettant en évidence certains aspects susceptibles d'amélioration sur le plan opérationnel. La simulation a fourni des perspectives d'amélioration concrètes, notamment par l'optimisation des paramètres de fonctionnement ou des ajustements à envisager.

En conclusion, cette étude souligne l'importance de combiner l'analyse de terrain avec des outils numériques performants pour accroître l'efficacité des stations d'épuration et assurer la durabilité des services d'assainissement. Elle ouvre également la voie à des recherches futures visant à renforcer les performances de ces installations, en particulier dans les zones semi-urbaines et rurales souvent confrontées à un manque d'infrastructures environnementales.

Bibliographie

- [1]. Redimensionnement du décanteur de la Step des eaux usées de l'allelick- commune d'el bouni- Annaba- Algérie.
- [2]. GOMELLA et GUERREE, Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p. 1978”.
- [3]. “GAUJOUS, La pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p. 1995”.
- [4]. Djilani, C. 2006. Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda, Mémoire de magister. Université de Skikda. Pp 20.
- [5]. Thème Dynamique et dosage de l'azote et du phosphate dans les eaux du barrage de Béni Haroun Année universitaire : 2017/2018.
- [6] Traitement des eaux usées dans la ville de Mostaganem, état actuel et perspectives Année Universitaire 2018-2019
- [7] Effet De Coagulants A Base De Fer Sur L'épuration Par Coagulation 3Floculation Des Eaux Usées Provenant De Rejet De La Wilaya De BISKRA Promotion Juillet 2019.
- [8] Les procédés de traitement des eaux usées (La station d'épuration El Karma) Juin 2018
- [9] Traitement des eaux usées urbaines, par la technique d'infiltration-percolation sur filtre à sable cas commune de Berriane (Ghardaïa) Année universitaire 2021/2022.
- [10] procédé Rhizopur de Degremont par exemple ou filière Azoé de SCIRPE.
- [11] Office National de la Météorologie (ONM), Algérie – Normales climatiques 1991–2020, station Oran/Es-Sénia (WMO 60390)
- [12] Mémoire technique descriptive du procès et des équipements (réalisation et exploitation d'une station d'épuration a AIN KIHIL WILAYA D'AIN TEMOUCHENT) DEISA
- [13]. DESJARDINS R, Le traitement des eaux, 2ème édition, Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 1997, pp 303

- [14] Grégorio C et Badolt P M., 2007. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées. Presses universitaire de Franche-Comté, pp. 18-83
- [15] Telli Sidi Mohamed, (2013), Étude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen, mémoire master génie énergétique université detlemcen.
- [16] mémoire L'étude du fonctionnement de la step de sidi bel abbes par le principe a bous actives promo 2014
- [17] Agtmeyer N., Abadia G., Schmitt S., Le Prince A., (1990), Risque microbiologique et travail dans les stations d'épuration des eaux usées. Document pour le médecin du travail n° 44, INRS, France. ET Lacroix S. (2008), Étude des mécanismes physiologiques et moléculaires de la filamentation de Sphaerotilus natans, bactérie modèle du foisonnement invasif en boues activées, Thèse de doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), France ET Hauduc H. (2011), Modèles biocinétiques de boues activées de type ASM : analyse théorique et fonctionnelle, vers un jeu de paramètres par défaut, Thèse de Doctorat, Département de génie civil et génie des eaux, Faculté des sciences et génie Université Laval Québec (2011).
- [18] Différents filières de traitement des eaux Université IBN ZOHR.
- [19] Franck, R. (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition CRDPA Aquitaine décembre, Bordeaux, France, pp. 165-239.
- [20] Office national d'assainissement de Saida., 2012. Document de synthèse préparé
- [21] Koller, E. (2009). Traitement des boues issues de l'épuration. IN « Traitement des pollutions industrielles ». Technique et ingénierie, Dunod, Paris, 569 ,115p. ET Molleta, R. (2007). Gestion des problèmes environnementaux, 2ème édition, Paris, 720 ,441p. Satin, M., Bechir, S. « Guide technique de l'assainissement » ; 3ème édition ; Paris ; 2006.
- [22] Cardot, C. (1999). Génie de l'environnement, les traitements de l'eau : procédés physicochimiques et bactériologique, édition Ellipses, Paris, 247p.
- [23] Degrement. (1978). Mémento technique de l'eau, 8ème édition, Paris, 1200p ET Koller, E. (2009). Traitement des boues issues de l'épuration. IN « Traitement des pollutions industrielles ». Technique et ingénierie, Dunod, Paris, 569 ,115p.
- [24] Koller, E. (2009). Traitement des boues issues de l'épuration. IN « Traitement des pollutions industrielles ». Technique et ingénierie, Dunod, Paris, 569 ,115p

[25] Molleta, R. (2007). Gestion des problèmes environnementaux, 2^{ème} édition, Paris, 720 ,441p. Satin, M., Bechir, S. « Guide technique de l'assainissement » ; 3^{ème} édition ; Paris ; 2006.

[26] Molleta, R. (2007). Gestion des problèmes environnementaux, 2^{ème} édition, Paris, 720 ,441p. Satin, M., Bechir, S. « Guide technique de l'assainissement » ; 3^{ème} édition ; Paris ; 2006.

[27] Ministère des Ressources en eau direction des Ressources en eau de la wilaya d'ain Temouchent Idir MEKKATI

[28] mémoire traitement des eaux usées par procédé boue active cas d'étude step béni merde

[29] Mémoire étude comparative entre lagunage Naturel et aérée cas la station d'épuration el-atteuf (Ghardaia) et la station d'épuration kouinin (oued souf) promo 2020

[30] Mémoire contribution à l'évaluation et du traitement des eaux usées dans la Step de Benchabaneboufarik 2020

[31] Sahnoun, F. (2010). Contrôle et surveillance de la pollution par la qualité des eaux du littoral - cas de la zone industrielle d'Arzew. Mémoire de magister. Université des sciences et latechnologie d'Oran Mohamed Boudiaf.

[32] Dimane, F ; Haboubi, K ; Hanafi, I ; El Himri, A ; & Andaloussi, K. (2017). Impact Des Facteurs De Pollution Sur La Qualité Des Eaux De La Zone Aval De La Vallée De L'oued Nekor (Al-Hoceima, Maroc). European Scientific Journal, 13(3). ET Rodier J; Legube B ; Merlet N; Coll. (2009) .L'analyse de l'eau - Eaux naturelles et Eaux résiduaires et Eau de mer .Dunod, Paris .9^{ème} édition. 1526 P.

[33] MEMOIRE -[27] [45]

[34] Memoir Les Indicateurs de performance et de suivi de la station d'épuration de Réghaia Melle MALEK Iman promo 2014"

[35] Lakhili, F ; Benabdelhadi, M ; Bouderkha, N ; Lahrach, H ; & Lahrach, A. (2015). Etude de la qualité physicochimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht (Maroc). European Scientific Journal

[36] Kelome, N. C. Tchiboza, M. Agassounon Djikpo, Ayi Fanou, L. Vihotogbe, J. Mama, D. 2012. Étude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de quelques puits à grand diamètre : communes de Parakou et Tchaourou au Bénin. *Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale*. Vol. 6, no. 2, pp. 210-226.

[37] Rodier 2009

[38] Rodier J; Bazin. C ; Broutin J. P; Chambon .P; Champsaur.H, Rodi .L :(2005) ‘ L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 8^{ème} édition. Ed .Dunod, Paris.

[39] Suschka J., ferreira E. (1986). Activated sludge respirometric measurements. *Water Research*, 20, 2, 137-144P.

[40] Hebert, S., Legare, S. (2000). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.

[41] Sahnoun, F. (2010). Contrôle et surveillance de la pollution par la qualité des eaux du littoral - cas de la zone industrielle d'Arzew. Mémoire de magister. Université des sciences et de technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.

Melghit , M .(2010). Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Magister en oncologie. Université Mentouri de Constantine.

[42] Bacchi , Michel 2015 Conception d'une station de traitement des eaux usées dans une commune rurale.

[43] SPGE 1999 Décret relatif au cycle de l'eau et instituant une Société publique de gestion de l'eau Documents du Conseil. 445 (1998-1999) N° 1 à 49. Compte rendu intégral . - Séance publique du 31 mars 1999.

[44] Rejsek F. (2002). Analyse de l'eau : Aspects réglementaire et technique, Ed : CRDP d'Aquitaine, France, 358 p.

[45] Hydromantis Environmental Software Solutions, Inc. (2019). Guide de tutoriel GPS-X (Version 8.0). Hydromantis Environmental Software Solutions, Inc.

[46] mémoire simulation des performances épuratoires d'une station d'épuration par le modèle asml medjeldi f zahrahamiciselma promo 2017.

[47] Simulation et suivi des performances uratoires épuratoires de la STEP d'Annaba par Gps-

Annex

I. Rendements épuratoires de la STEPd'Ain El Kihel année 2024

➤ Eau brute

PARAMETRES	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	MOYENNE
Total Volume mensuelle M ³	/	/	30525	27015	25003	24960	34117,00	31844,00	27339,00	20137,00	27826,00	37037,00	285803,00
MES mg/l	/	/	685	1445	1175	838	467,5	982,5	422,25	432,75	673,25	1303,25	842,45
DBO mg/l	/	/	518,66	441	656	1043	424	336,2	436,7	280,25	536,00	670,25	534,21
DCO mg/l	/	/	898	862	1410,25	1506	860,5	824,2	1023,7	642,75	1218,00	1656,50	1090,19
NH ₄ mg/l	/	/	35,23	58,39	84,08	79,71	85,16	49,027	62,612	83,10	75,74	67,09	68,01
NO ₂ mg/l	/	/	0,153	0,212	0,401	0,239	0,196	0,207	0,1	0,71	0,22	0,36	0,28
NO ₃ mg/l	/	/	0,46	0,455	0,66	0,51	0,38	0,38	0,38	0,39	0,50	0,54	0,47
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	#DIV/0!
PO ₄ mg/l	/	/	8,905	8,46	7,85	7,33	8,49	9,405	12,01	8,97	8,04	6,45	8,59
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	#DIV/0!
O ₂ mg/l	/	/	0,89	0,302	0,487	0,32	0,54	20,087	0,457	0,72	1,03	0,72	2,56

Conductivité(μS/cm)	/	/	166 0	191 5	2602 ,5	241 5	2364	2315, 5	2255	2221, 75	2185, 50	1845, 75	2178,00
PH	/	/	7,39	7,30 7	7,34	7,3 7	7,43	7,4	7,3	7,29	7,30	7,16	7,33
Temperature	/	/	10,6 6	12,2 5	14,4 5	9,5 0	13,65	9,05	7,83	8,42	7,32	13,30	10,64

➤ Eau épurée

PARAMETRES	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JUILLET	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	MOYENNE
Total Volume mensuelle M ³	/	/	235 26	186 53	1543 0	160 84	2346 4,00	2173 0,00	18259 ,00	1913 0,00	21019 ,00	25915 ,00	203210,00
MES mg/l	/	/	10, 33	11,2 5	10,7 5	18,7 5	10	13,25	9,25	7,00	11,37	32,00	13,40
DBO mg/l	/	/	3,6 6	3,5	10,7 5	15,7 5	9,75	8,5	10,5	6,50	10,75	18,25	9,79
DCO mg/l	/	/	40, 63	41	66,5	81,9 8	60,6	48,47 5	43,07 5	48,85	54,30	104,7 0	59,01
NH ₄ mg/l	/	/	2,4 5	2,44 2	29,2 9	23,5 3	19,92	18,56	0,805	5,86	16,04	41,11	16,00
NO ₂ mg/l	/	/	0,1 39	0,19 5	0,17 7	0,68	1,03	0,321	0,464	0,31	0,10	1,12	0,45
NO ₃ mg/l	/	/	0,5	1,95	7,95	0,6	1,82	0,225	3,21	3,69	3,91	1,36	2,53

			9										
NT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	#DIV/0!
PO4 mg/l	/	/	6,1 95	5,30 5	4,74	3,32	4,14	3,46	7,335	0,87	6,63	5,21	4,72
PT mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	#DIV/0!
O2 mg/l	/	/	8,0 8	7,49	5,99	4,66	6,6	6,67	7,705	7,66	7,31	6,41	6,86
Conductivité(μS/cm)	/	/	143 7	158 5	2006 ,5	213 3	2251	1926, 5	1823	1894, 50	1795, 75	1960, 75	1881,30
PH	/	/	6,9 9	6,95	7,35	7,01	7,17	6,97	6,82	6,89	7,15	7,04	7,03
Temperature	/	/	10, 66	12,2 5	14,7 0	11,1 3	14,62	10,57	9,52	10,52	9,82	12,15	11,59

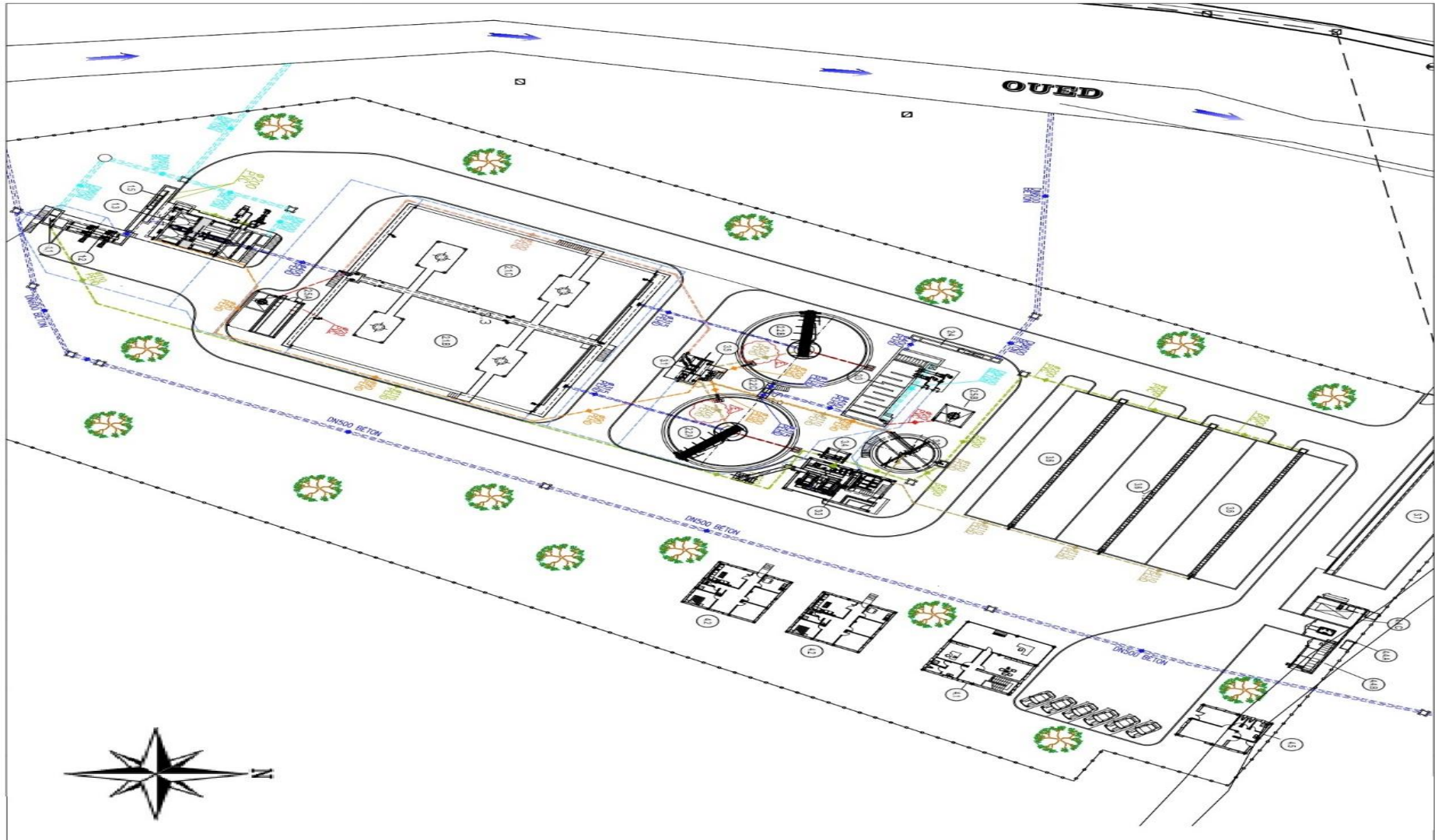


Schéma de la station d'épuration d'Ain El kihal