

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement Hydro-Agricole

Mémoire de Master :

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Aménagement Hydro-Agricole

Thème :

**ABSAT pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau
pour une utilisation agricole (cas de STEP de Sidi Merouane)**

W. MILA

Présenté par :

- KECHOUT AIMEN
- CHEBBOUR BADREDDINE
- BENTIMAMA SOUMAYA
- LEDDAI AMIRA
- ALOUI TAMER

Membres de Jury :

Mr. SAADOUNE. A	(MAA) Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr. KHALFAOUI. H	(MCA) Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme. MELLAL. N	(MAA) Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2022-2023

Remerciement

Je remercie notre Bon Dieu « ALLAH » le Tout Puissant de m'avoir guidé, aidé et donné la foi et le courage pour accomplir ce travail.

J'exprime mes vifs remerciements, mon respect et ma reconnaissance à mon encadreur Madame MELAL NOUR EL HOUDA, qui a accepté de diriger ce travail par ses idées, ses conseils précieux et ses critiques tout au long de l'élaboration de ce travail qui le conduira sa fin.

Ma profonde reconnaissance va au Monsieur KHALFAOUI HAKIM, qui accepté de présider mon jury.

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur SADDUNE ABDELAZIZ, Qui bien voulu examiner ce mémoire.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à me faciliter la réalisation de ce travail surtout.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père, à sa bonne âme que Dieu lui fasse miséricorde.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère, à sa bonne âme que Dieu lui fasse miséricorde.

A mon compagnon : mon mari

A ma joie : mes filles ASSIL et ARIDJ

A ma grâce de dieu : mon fils MOUHAMED AMINE

A mes chers frères et sœurs : CHAWKI, SALAH, FATIMA, HANEN, HADJER, RACHIDA et MARWA. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

A mes neveux

A la famille de mon mari : ma belle -mère et mon beau-père.

Sans oublier mes binômes pour sons soutien moral, sons patience et sons compréhension tout au long de ce projet.

Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

Soumaya

إهداء

إلى جنّتي فوق الأرض، إلى بيتي ووتيني إلى رفيقة العمر إلى مصبة قلبي، إلى المرأة القوية إلى
حبيبة

الروح ، أمي الحبيبة زهية .

إلى رجلي العنّون إلى سند الحياة إلى صديقتي المقربة إلى مصدر قوتي إلى كتفي الثابت،
وإلى من أسعى لكل شيء عظيم كعظمته أبي الغالي **عمار** .

. إلى ملازمة طفولتي إلى من عشت معها أجمل الذكريات. إلى أكثر شخص مميز في حياتي، إلى
داعمتي وملاذي الداهيء إلى روح أختها **أمينة** .

إلى حبيبة القلب إلى زهرة بيتنا إلى من يعيش داخل قلبي إلى أبناء أختي **تسنيم و عماد الدين** .
إلى الأخ الذي لم تلده أمي، إلى سيد المواقف **ابراهيم** .

إلى توأم روحي... إلى كتفي الثابت الذي لا يميل... إلى حظي الجميل في الدنيا.. إلى من تتعافى
معها روحي.. إلى من تعالت معها الضحكات . وإلى ابنة عمتي **شيماء** .

إلى النعمة التي صادقها، إلى طيبة القلب إلى جميلة الروح ، إلى حبيبتي الجميلة إلى صديقتي
سمية .

إلى صديقة الطفولة، إلى من عشت معها أجمل الذكريات ، إلى صديقتي الحبيبة **ايمان** .

إلى جميع أفراد عائلتي .

Dédicace

*Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et
la volonté d'avoir pu terminer mes études.*

Je dédie ce travail :

*A mes très chers parents symbole de tendresse,
d'amour et de patience pour leurs sacrifices
inestimables.*

A mes frères et mes sœurs.

A toute la famille.

A tous mes amis chacun a son nom

Badr Eddine

Dédicace

*Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et
la volonté d'avoir pu terminer mes études.*

Je dédie ce travail :

*A mes très chers parents symbole de tendresse,
d'amour et de patience pour leurs sacrifices
inestimables.*

A mes frères et ma sœur.

A toute la famille.

A tous mes amis chacun a son nom

Tamer

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail à :

La lumière de mes yeux

Ma mère Saïda, la plus gentille, la plus adorable, source de tendresse, puis de gentillesse, mer d'amour, océan de morale, et ce don de montrer cher Dieu ce plus précieux.

Mon père Mahfoud, l'homme le plus sage, la lumière qui m'a guidé depuis mes débuts.

A mes chères sœurs : Malak, Chaïma et Loudjaine.

A mon petit frère : Mouhamed Ali

A mon cher oncle Nadjeb, qui m'a soutenu moralement et a toujours été à mes côtés

A ma cher Bouchra.TB que Dieu vous garde et vous bénisse

A mes adorables amies : Bedri et Tamer, Yakoub Pour leurs fidélités avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur.

Que ce soit une charité pour l'âme de mon cher grand-père, que Dieu ait pitié de lui

Aïmen

Liste des figures

Figure	Page
Figure I.1 : Système séparatif et unitaires	12
Figure I.2 : Le devenir des eaux usées	14
Figure II.1 : Localisation map de la STEP de Sidi Merouane	20
Figure II.2 : STEP de Sidi Merouane	20
Figure II.3 : Poste de relevage	21
Figure II.4 : Dégrillage grossier automatique	22
Figure II.5 : dégrillage fin : (1) – automatique ; (2) – manuelle	23
Figure II.6 : Dessaleur/déshuileur.	24
Figure II.7 : Pompes à sable	25
Figure II.8 : Classificateur à sable	25
Figure II.9 : Bassin biologique	26
Figure II.10 : Zone anoxie amont	27
Figure II.11 : Zone anaérobie	28
Figure II.12 : Zone anoxie dans le chenal.	28
Figure II.13 : Zone aérée dans le chenal	29
Figure II.14 : Système d'aération.	29
Figure II.15 : Dégazeur	30
Figure II.16 : Clarificateur.	31
Figure II.17 : Recirculation des boues	32
Figure II.18 : Désodorisation biologique	33
Figure II.19 : Poste de chlorure ferrique ($FeCl_3$)	34
Figure II.20 : La salle de supervision	36
Figure III.1 : Site de prélèvement.	38
Figure III.2 : Appareillage de mesure pH mètre, Thermomètre et Conductimètre.	40
Figure III.3 : Appareillage de mesure de la teneur en matières en suspension	42
Figure III.4 : Appareillage de mesure de la DBO_5 (Oxitop).	44
Figure III.5 : Appareillage de mesure de la DCO	45
Figure III.6 : Interface de l'application	49
Figure IV.1 : Variation mensuelle de la température des eaux d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	53
Figure IV.2 : Variation mensuelle de pH des eaux d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	54
Figure IV.3 : Variation mensuelle de la conductivité électrique des eaux d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	55
Figure IV.4 : Variation mensuelle de la teneur en oxygène dissous de la STEP de Sidi Merouane	56
Figure IV.5 : Variation mensuelle de la teneur en matières en suspension de la STEP de Sidi Merouane	57
Figure IV.6 : Variation mensuelle de la demande biochimique en oxygène de la STEP de Sidi Merouane	58
Figure IV.7 : Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène de la STEP de Sidi Merouane	59
Figure IV.8 : Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/ DBO_5 de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	60
Figure IV.9 : Variation mensuelle des composés azotés de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	61
Figure IV.10 : Variation mensuelle de la teneur en phosphore de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	63
Figure IV.11 : Variation mensuelle du débit de la STEP de Sidi Merouane	64
Figure IV.12 : Variation mensuelle du rendement d'épuration	65
Figure IV.13 : Variation mensuelle du taux d'épuration	65
Figure IV.14 : Variation des Paramètres physico-chimiques de la STEP Sidi Merouane par ABSAT	68
Figure IV.15 : Variation des Paramètres Physico-chimique de la STEP Sidi Merouane d'après ABSAT	71

Liste de tableaux

Tableaux

	Page
Tableau II.1 Présentation des zones géographiques	20
Tableau II.2 : Description des équipements de poste de relevage	21
Tableau II.3 : Caractéristiques de comptage des effluents	23
Tableau II.4 : Description des équipements dessaleur - déshuileur.	24
Tableau II.5 : Caractéristiques des pompes à sable	24
Tableau II.6 : Caractéristiques de classificateur à sable	25
Tableau II.7 : Caractéristiques des bassins biologiques	26
Tableau II.8 : Caractéristiques de dégazeur	30
Tableau II.9 : Caractéristiques de clarificateur	31
Tableau II.10 : Description de l'équipement de recirculation de boues	32
Tableau III.1 : Méthodes d'analyse des différents paramètres physico-chimiques	39
Tableau III.2 : Volume et dosage de l'échantillon pour la DBO ₅	43
Tableau IV.1 : les valeur maximal admissible de l'eau d'irrigation	51
Tableau IV.2 : Statistiques descriptive des paramètres physico-chimiques de l'eau d'irrigation	52
Tableau IV.3 : Les valeurs mensuel des composés azotés de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	61
Tableau IV.4 : Les valeurs mensuel de la teneur en phosphore de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane	63
Tableau IV.5 : Rendement et taux d'épuration mensuels (%)	65
Tableau IV.6 : Les paramètres physico-chimique de STEP Sidi Merouane	69
Tableau IV.7 : Décision du modèle ABSAT	69

Liste des abréviations

- **%** : Pourcentage
- **µs/cm** : Micro siemens sur centimètre
- **ADP**: Adenosine di-phosphate
- **ATP** : Adenosine tri-phosphate
- **C°** : Degré Celsius
- **CE** : Conductivité électrique
- **Cm** : Centimètre
- **DBO₅** : Demande biochimique en oxygène
- **DCO** : Demande chimique en oxygène
- **EUA** : Eaux Usées Agricole
- **EH** : Equivalent habitant
- **EUD** : Eaux Usées Domestiques
- **EUI** : Eaux Usées Industrielles
- **H** : Heure
- **H⁺** : Hydrogène
- **ISO**: International Organization for Standardization
- **m³** : Mètre cubiques
- **m³/J** : Mètre cubique par jour
- **MES** : Matières en suspensions
- **mg/l** : Milligramme par litre
- **mm** : Mili mètre
- **MRE** : Ministère des Ressources en Eau
- **ms/m** : Milli siemens par mètre
- **NH₃⁺** : Azote ammoniacal
- **NO₂⁻** : Nitrites
- **NO₃⁻** : Nitrate
- **O₂** : Oxygène
- **OD** : Oxygène dissous
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **ONA** : Office National d'Assainissement
- **ONID** : Office National d'Irrigation et de Drainage
- **pH** : Potentiel hydrique
- **PO₄⁻** : Phosphore
- **STEP** : Station de Traitement des Eaux Polluées
- **T** : Température
- **Tr/min** : Tour par minute
- **V** : Volume



Sommaire



Sommaire

I	Remerciements	
II	Dédicaces	
III	Liste des figures	
IV	Liste des tableaux	
	Introduction générale	1 - 3
Chapitre I	Synthèse bibliographique	4 - 17
	I. Introduction	5
	II. Définition des eaux usées	5
	III. Nature et origine des eaux usées	5
	III.1. Eaux usées domestiques (EUD)	5
	III.2. Eaux usées industrielles (EUI)	6
	III.3. Eaux agricoles (EAU)	6
	III.4. Eaux usées urbaines	6
	IV. Caractéristiques des eaux d'irrigation issues de l'épuration des eaux usées	7
	IV.1. Paramètres physico-chimiques	7
	IV.1.1. Température (T)	7
	IV.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	7
	IV.1.3. Conductivité électrique (CE)	8
	IV.1.4. Oxygène dissous (OD)	8
	IV.1.5. Matières en suspensions (MES)	8
	IV.1.6. Composés azotés	9
	IV.1.7. Phosphore (PO ₄ -)	9
	IV.1.8. Demande chimique en oxygène (DCO)	10
	IV.1.9. Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	11
	IV.1.10. Le rapport DCO/DBO ₅	11
	V. Réseaux d'assainissement	11
	V.1. Collecte des eaux usées	12
	V.2. Transport des eaux usées	13
	V.3. Station d'épuration des eaux usées	13
	V.3.1. Prétraitement	13

V.3.2. Décantation primaire	13
V.3.3. Traitement biologique	13
V.3.4. Clarificateur (décantation secondaire)	13
V.3.5. Traitement complémentaire	13
V.3.6. Élimination des boues	14
VI. Développement d'un modèle informatique de suivi et d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation	14
VII. Logiciel ABSAT	15
VII.1. Définition de logiciel ABSAT	15
VII.2. Python	16
VIII. Conclusion	17

Chapitre II Présentation de la Zone d'étude 18 - 36

I. Introduction	19
II. Situation géographique de la région d'étude	19
III. Présentation de la station d'épuration de Sidi Merouane	19
III.1. Situation de la STEP	19
III.2. Capacité et charge hydraulique de la STEP	20
III.3. Description des différents ouvrages de la STEP de Sidi Marouane	21
III.3.1. Poste de relevage	21
III.3.2. Prétraitement	22
III.3.2.1. Dégrillage	22
III.3.2.2. Comptage des effluents	23
III.3.2.3. Dessablage-déshuilage	23
III.3.3. Traitement biologique	26
III.3.3.1. Zone anoxie amont	27
III.3.3.2. Zone anaérobie	27
III.3.3.3. Chenal avec zones anoxie et aérée	28
A. Zone anoxie dans le chenal	28
B. Zone aérée dans le chenal	29
C. Système d'aération	29
III.3.3.4. Dégazage	30
III.3.3.5. Clarification et recirculation des boues	31
A. Clarification (décantation secondaire)	31
B. Recirculation des boues	32

III.3.4. Equipements annexes	33
III.3.4.1. Désodorisation biologique ou bio-désodorisation	33
III.3.4.2. Ventilation	33
III.3.4.3. Poste toutes eaux	34
III.3.4.4. Poste de chlorure ferrique (Fecl3)	34
III.3.4.5. Salle de supervision ou de contrôle	35
Chapitre III Matériel et méthodes	37 - 49
I. Modes opératoires	38
I.1. Prélèvement et échantillonnage	38
I.2. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau (usée et épurée)	39
I.2.1. Température (T)	39
I.2.2. Potentiel hydrique (pH)	39
I.2.3. Conductivité électrique (CE)	39
I.2.4. Oxygène dissous (OD)	40
I.2.5. Matière en suspension (MES)	40
I.2.5.1. Méthode de centrifugation (Cas des eaux chargées)	40
I.2.5.2. Méthode gravimétrique ou par filtration (Cas des eaux peu chargées)	41
I.2.6. Demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO5)	43
I.2.7. Demande chimique en oxygène (DCO)	44
I.2.8. Azote ammoniacal (NH3 +)	45
I.2.8. Dosage des nitrates (NO3 -)	46
I.2.9. Dosage des nitrites (NO2 -)	46
I.2.10. Dosage d'azote total (NT)	47
I.2.11. Dosage Phosphore (PO4 -)	48
II. Manipulation de logicielle ABSAT	49
II.1. Les étapes de manipulation de l'application	49
Chapitre IV Résultat et discussion	50 - 72
I. Introduction	51
II. Caractéristiques de l'eau d'irrigation issue de la STEP de Sidi Merouane	51
II.1. Evaluation des paramètres physico-chimiques	53
II.1.1. Variation de la température (T)	53

II.1.2. Variation du potentiel d'hydrogène (pH)	54
II.1.3. Variation de la conductivité électrique (CE)	55
II.1.4. Variation de la teneur en oxygène dissous (OD)	56
II.1.5. Variation de la teneur en matière en suspension (MES)	57
II.1.6. Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO5)	58
II.1.7. Variation de la demande chimique en oxygène (DCO)	59
II.1.8. Variation de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO5	60
II.1.9. Variation de la teneur des composés azotés : Azote total (NT), azote ammoniacal (NH ₃ +), nitrates (NO ₃ -) et nitrites (NO ₂ -)	61
II.1.10. Variation de la teneur en phosphore (PO ₄ -)	63
III. Evaluation des performances de la STEP de Sidi Merouane	64
III.1. Variation du débit de la STEP	64
III.2. Rendement et taux d'épuration	65
IV. Validation des données par le modèle ABSAT	66
V. Application sur ABSAT	69
VI. Conclusion	72
Conclusion générale	73 - 75



Introduction

Générale



Introduction :

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant.

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure dans tous les pays du monde. L'Algérie est l'un des pays de la méditerranée touchés par le stress hydrique. Elle est classée dans la catégorie des pays pauvres en cette matière, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé à 1000 m³/hab/an (**OMS, 1989**).

En Algérie, le volume annuel d'eaux usées générée par la population algérienne est de 927 millions m³/an, dont 700 m³/an sont traitées par l'ONA (**ONA, 2012**). et réutilisées par les activités industrielles (3.1millions/an), l'irrigation agricole (3.4millions m³/an) (ministère des ressources en eau). Ce sont des quantités importantes et facilement localisables que le pays ne peut négliger. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées (**Hartani, 2004**).

Dans les dernières années, le contrôle de la pollution, et de la qualité des eaux dévient obligatoire. Afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivants ou l'exploiter pour la consommation humaine, ou l'utilisation agricole (**Lazhar, 2011**),

La protection des ressources en eau contre les effets de la pollution a été prise en considération par les pouvoirs publics algériens dès 1970 (**CATE, 2000**). C'est ainsi qu'à la fin de 1990, l'Algérie comptait au moins 36 stations en exploitation (**Amine S., 2008**). Le nombre a passé à 200 STEP en 2015, avec une capacité d'épuration estimée à 12 millions EH, soit 800 hm³/an sur un volume d'eau rejeté estimé à 1.4 milliard m³/an (**APS, 2014**).

L'ONA compte diversifier les projets entre station d'épuration et stations de lagunage, ainsi sur les 108 STEP en exploitation en 2014, 60 sont des stations de lagunages. Près de 350 stations de pompage sont gérées par l'ONA, 39.000 km de réseau d'assainissement avec la perspective de récupérer un total de 44.000 km en étendant son activité à de nouvelles wilayas (**ONA, 2014**).

Les procédés d'épuration des eaux usées urbaines, industrielles, et agricoles donc imposés pour préserver la qualité des milieux naturels sont nombreux. Le principe est basé sur l'épuration à boue activée est généralement basée sur la mesure régulière de certaines Introduction paramètres physico-chimiques tel que : le pH, la température, la conductivité

I- Introduction

électrique, la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO) et les matières en suspension. De nos jours, les eaux domestiques usées doivent être épurées avant d'être renvoyées vers le milieu récepteur (**Lazhar, 2011**).

L'Algérie n'est pas à l'abri de l'appauvrissement de ses ressources hydriques, notamment avec la croissance démographique et le développement industriel qui font monter en flèche les besoins en eau. Le recours à la réutilisation des eaux devient une nécessité pour les pouvoirs publics qui misent sur l'épuration des eaux usées et les utiliser à des fins agricoles ou industrielles. Cette importance traduit la mise en œuvre des programmes de réalisation d'ouvrages destinés au traitement des eaux usées épurées qui atteignent 272 unités à la fin du quinquennat 2015-2019 contre plus de 166 actuellement (**MRE, 2015**).

Parmi les STEP les plus importantes en Algérie est celle de Sidi Merouane qui possède un chenal d'oxydation efficace pour l'élimination de la pollution carboné, azotée et phosphatée, cette station qui située dans la wilaya de Mila fait partie des installations de protection du grand barrage de Beni Haroun qui constitue un véritable moteur pour le développement des wilaya de Constantine, Mila, Jijel, Batna, Khenchela et Oum Elbouaghi en ce qui concerne l'alimentation en eau potable et en eau d'irrigation.

Ce travail a pour objectif d'étudier les paramètres physico-chimiques des eaux usées et épurés dans la station d'épuration de Sidi Merouane, ainsi d'évaluer la qualité en précisant le rôle primordial et l'efficacité de cette station pour diminuer la pollution domestique des eaux, afin de protéger les eaux du barrage de Beni Haroune et pour l'utilisation à des fine agricole (l'irrigation).

Le présent travail œuvre pour le but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux usées dans la station d'épuration de Sidi Merouane. Notre démarche s'articule à 4 chapitres :

- **Le chapitre I** constituer à une synthèse bibliographique complète qui englobera un aperçu général sur les eaux usées, incluant leurs origines, leur qualité physicochimique,

I- Introduction

ainsi que la démarche de conception d'un outil informatique pour l'évaluation de la qualité d'eau d'irrigation.

- **Le chapitre II** se concentrera sur la présentation de la station d'épuration des eaux usées de Sidi Merouane, ainsi que sur le procédé d'épuration adopté. Nous examinerons en détail les différentes étapes de traitement des eaux usées, en mettant en évidence les technologies et les équipements utilisés pour assurer une purification efficace.
- **Le chapitre III**, nous présenterons les protocoles expérimentaux utilisés pour déterminer la qualité physicochimique de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration. Nous décrirons en détail les méthodes d'échantillonnage et d'analyse des paramètres pertinents. De plus, nous aborderons la conception du modèle ABSAT en tant qu'outil d'aide à la décision pour évaluer la qualité de l'eau destinée à l'irrigation.
- **Le chapitre IV** sera dédié à la présentation des résultats des performances de la station d'épuration de Sidi Merouane, ainsi qu'à l'évaluation de la qualité physicochimique de l'eau d'irrigation par rapport aux normes et recommandations en vigueur. De plus, nous examinerons les résultats du modèle ABSAT pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation et déterminer si elle répond aux critères requis pour assurer une irrigation sécurisée. Ces résultats fourniront une vision globale des performances de la STEP et de la qualité de l'eau d'irrigation, offrant ainsi une base solide pour les conclusions et les recommandations.

En conclusion générale, nous dresserons une synthèse des résultats obtenus dans l'ensemble de ce mémoire. Nous récapitulerons les principales conclusions tirées des chapitres précédents et soulignerons les contributions significatives de cette étude à la préservation de l'environnement et à la sécurité alimentaire. De plus, nous identifierons les perspectives jugées utiles pour améliorer encore la gestion des eaux usées, renforcer les performances de la station d'épuration et promouvoir des pratiques durables en matière d'irrigation.



Chapitre I

Synthèse

Bibliographique



I. Introduction

L'épuration des eaux usées à des fins agricoles est un processus essentiel qui vise à traiter et à purifier les eaux usées afin de les rendre appropriées à une utilisation sécuritaire dans l'agriculture. Cette pratique offre de nombreux avantages, notamment la conservation des ressources en eau, la réduction de la pollution environnementale et la promotion d'une agriculture durable.

II. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux qui changent de propriétés du fait de leurs usages domestiques, industriels, agricoles ou autres, ainsi que les eaux de ruissellement par temps sec et les eaux pluviales s'écoulant sur les agglomérations et les surfaces imperméables et elles comprennent également les liquides collectés dans les installations de traitement et de stockage des déchets (**Rahmoun et al, 2013**).

Plus précisément, les eaux usées brutes se caractérisent par leur richesse en matières minérales et organiques ainsi qu'en microorganismes dont certains sont pathogènes. En fait, il existe deux types d'eau brute (**Tiercelin, 2008**). Les eaux grises font référence aux eaux usées domestiques générées à partir des activités quotidiennes, telles que la lessive, la vaisselle, ...etc. Contrairement aux eaux noires, qui proviennent des toilettes et des rejets industriels et contiennent des matières fécales, les eaux grises sont relativement moins polluées et ne contiennent pas de matières solides.

III. Nature et origine des eaux usées

Les eaux usées sont généralement classées en quatre catégories principales en fonction de leur origine : les eaux usées domestiques (EUD), les eaux usées industrielles (EUI), les eaux agricoles (EAU) et les eaux usées urbaines (**Eckenfelder, 1982**).

III.1. Eaux usées domestiques (EUD)

Elles proviennent de différentes sources d'eau domestiques. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique et se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines qui sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques ... etc., il s'agit donc de rejets des toilettes chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (**Baumont et al, 2005**).

III.2. Eaux usées industrielles (EUI)

Ces eaux sont générées par les processus de fabrication, les opérations industrielles et les installations commerciales. Elles peuvent contenir une grande variété de contaminants en fonction du type d'industrie. Les eaux usées industrielles peuvent contenir des produits chimiques, des métaux lourds, des solvants, des huiles, des substances toxiques et d'autres polluants spécifiques à l'industrie. Leur composition varie en fonction du secteur industriel concerné (**Ladjel et Boucheref, 2011**).

Selon (**Baumont et al, 2005**), les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement soit directement rejetés dans le réseau domestique, prétraités puis rejetés ou entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

III.3. Eaux agricoles (EUA)

Les eaux usées agricoles sont des eaux usées spécifiquement générées par les activités agricoles. Elles peuvent être divisées en deux catégories principales : les eaux usées d'origine domestique provenant des installations agricoles et les eaux de drainage agricole, qui sont chargées d'engrais nitrates et phosphates responsables de la pollution des nappes superficielles et des cours d'eau ou des retenues (**Bourven, 2012**).

III.4. Eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopiques de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules (**Desjardins, 1997**)).

IV. Caractéristiques des eaux d'irrigation issues de l'épuration des eaux usées

Il est important de noter que chaque pays ou région peut avoir ses propres normes spécifiques en matière d'utilisation des eaux usées en agriculture, adaptées à leurs conditions locales, leurs ressources en eau et leurs pratiques agricoles. Il est essentiel de se conformer à ces normes pour assurer une utilisation responsable et durable des eaux usées en agriculture, tout en protégeant l'environnement et la santé publique. Dans notre travail, nous allons utiliser les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation du Journal Officiel de la République Algérienne (**JORA, 2012**). Ces limites sont établies en fonction des risques potentiels pour les cultures, les sols, l'eau souterraine, les écosystèmes et la santé humaine.

IV.1. Paramètres physico-chimiques

IV.1.1. Température (T)

La température des eaux usées destinées à l'irrigation peut varier en fonction de divers facteurs, notamment l'origine des eaux usées, les processus de traitement et les conditions environnementales locales. Elle joue un rôle sur la solubilité des sels dissous et par conséquent sur la conductivité électrique (**Rodier, 2005**), aussi sur l'activité métabolique des organismes aquatiques est également accélérée dans une fourchette ambiante (**Devillers, 2005**). Cependant, la température de l'eau peut ne pas être spécifiquement réglementée.

IV.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

En ce qui concerne le pH de l'eau d'irrigation issue de la réutilisation des eaux usées épurées, sa plage préférée se situe généralement entre 6 et 7, ce qui est considéré comme légèrement acide à légèrement alcalin. Cependant, il est important de prendre en compte les spécificités de chaque culture, car certaines plantes peuvent préférer des conditions plus acides ou plus alcalines. Il est également important de noter que le pH de l'eau d'irrigation peut être ajusté si nécessaire par des amendements tels que l'ajout d'acides ou de bases pouvant être utilisés pour modifier le pH de l'eau avant l'irrigation, si cela est jugé nécessaire en fonction des exigences spécifiques de la culture.

Selon les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (**JORA, 2012**) l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5 du fait que les valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent la croissance et la survie des micro-organismes aquatiques (**Devillers, 2005**).

IV.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique de l'eau d'irrigation issue de l'épuration des eaux usées peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la composition chimique de l'eau, le niveau de traitement des eaux usées et les caractéristiques spécifiques de la zone géographique. Sa mesure permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**Rejsek, 2002**) et sa plage recommandée peut varier en fonction des cultures et des exigences spécifiques, mais généralement, une conductivité électrique inférieure à 3dS/cm est considérée comme souhaitable (**JORA, 2012**).

IV.1.4. Oxygène dissous (OD)

Pour maintenir un niveau adéquat d'oxygène dissous dans l'eau d'irrigation issue de l'épuration des eaux usées, il est recommandé de prendre des mesures pour améliorer l'aération de l'eau si nécessaire. Cela peut inclure des techniques telles que l'aération mécanique ou l'ajout d'oxygène dans l'eau. De plus, il est important de surveiller régulièrement sa quantité, et d'apporter les ajustements nécessaires en fonction des besoins spécifiques des cultures.

Un faible niveau d'oxygène dissous dans l'eau peut avoir des effets négatifs sur la croissance des plantes et la santé des racines. Cela peut entraîner des problèmes tels que le développement de racines pourries ou d'autres maladies.

IV.1.5. Matières en suspensions (MES)

Elles représentent tous les minéraux insolubles et les particules organiques flottant ou en suspension dans l'eau, exprimées en milligrammes par litre (**Tamrabet, 2011**). La quantité et la composition des matières en suspension dans l'eau d'irrigation peuvent varier en fonction du système de traitement des eaux usées utilisé et des procédures de filtration et de décantation appliquées. En effet, des niveaux élevés de matières en suspension peuvent entraîner une obstruction des systèmes d'irrigation, tels que les goutteurs ou asperseurs, et peuvent affecter la distribution uniforme de l'eau sur le terrain et la teneur en MES doit être inférieure à 30 mg/l (**JORA, 2012**).

IV.1.6. Composés azotés

Dans l'eau d'irrigation, l'azote peut se présenter sous différentes formes, notamment l'azote ammoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), les nitrates ($\text{NO}_3\text{-N}$) et les nitrites ($\text{NO}_2\text{-N}$).

Principalement, l'azote ammoniacal provient de la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées et il est sous forme d'ammonium (NH_4^+), qui peut être converti en nitrate par des bactéries nitrifiantes dans les systèmes de traitement biologique. Alors que les nitrates et les nitrites résultent de la nitrification de l'azote ammoniacal et les nitrates sont la forme d'azote la plus courante dans l'eau d'irrigation. Ils peuvent être absorbés par les plantes et utilisés comme source d'azote pour leur croissance. Cependant, des niveaux excessifs de nitrates dans l'eau d'irrigation peuvent présenter des risques pour la santé humaine et l'environnement, notamment la contamination des eaux souterraines.

La concentration d'azote dans l'eau d'irrigation issue de la station d'épuration des eaux usées dépendra du niveau de traitement des eaux usées et des procédés utilisés pour réduire la charge d'azote. Des procédés de traitement supplémentaires, tels que la dénitrification, peuvent être mis en place pour réduire la concentration d'azote dans l'eau traitée.

Cependant, il est impératif de surveiller et de contrôler régulièrement la concentration d'azote dans l'eau d'irrigation pour garantir sa conformité aux normes et aux exigences réglementaires en matière d'irrigation. (Berranem, 2012) ;(Couture, 2006) ;(Rejesk, 2002). Il est recommandé que la teneur en nitrates dans l'eau d'irrigation ne doive pas dépasser 30 mg/l (JORA, 2012).

IV.1.7. Phosphore (PO_4^-)

Le phosphore est un élément essentiel pour la croissance des plantes, mais des concentrations élevées de phosphore dans l'eau peuvent entraîner des problèmes environnementaux tels que l'eutrophisation des plans d'eau (Combe, 2011) ; (Pietrzak et al., 2020).

L'élimination du phosphore se fait soit par précipitation chimique, adsorption ou par procédés biologiques et lits de cultures de microalgues.

- Précipitation chimique : La précipitation chimique du phosphore est souvent réalisée en ajoutant à l'eau usée des sels métalliques tels que le sulfate ferrique ou l'aluminium, formant des précipités insolubles de phosphates. Cette méthode est largement utilisée dans les stations d'épuration pour la réduction du phosphore. (Stumm et Morgan, 1996).

- Adsorption : L'adsorption est une méthode efficace pour éliminer le phosphore des eaux usées en utilisant des matériaux adsorbants tels que les Ox-hydroxydes de fer ou d'aluminium, les zéolithes, les charbons actifs ou les résidus industriels. Ces matériaux ont une forte affinité pour le phosphore et peuvent le capturer efficacement. **(Liu et al., 2018)**.
- Procédés biologiques : Les procédés biologiques, tels que la bio-accumulation par les microorganismes et la bio-précipitation de phosphore, sont également utilisés pour éliminer le phosphore dans les stations d'épuration. Ces procédés exploitent l'activité métabolique des microorganismes pour réduire les concentrations de phosphore. **(Smolders et al., 1994)**.
- Lits de cultures de micro algues : Les lits de cultures de micro algues sont une approche émergente pour l'élimination du phosphore. Les micro algues peuvent absorber le phosphore de l'eau usée pendant leur croissance, offrant ainsi une possibilité de récupération du phosphore sous forme de biomasse d'algues. **(Mendoza et Ríos, 2021)**.

Afin de lutter contre l'eutrophisation, l'agence de protection de l'environnement (EPA) aux États-Unis recommande une limite maximale de 0,1 mg/L de phosphore total dans l'eau d'irrigation pour certaines utilisations spécifiques.

IV.1.8. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est une mesure utilisée pour évaluer la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des composés organiques présents dans l'eau. **(Baumont et al., 2005)**. L'élimination de la DCO de l'eau usée destinée à l'irrigation est importante et se fait couramment par traitement biologique afin d'éviter les impacts négatifs sur les sols et les cultures. En effet, ces procédés biologiques, tels que les systèmes d'oxydation à boues activées, les lagunes aérées ou les bioréacteurs à membranes, sont utilisés en favorisant la dégradation biologique des composés organiques présents dans l'eau usée. Ces procédés peuvent être efficaces pour réduire la charge organique et améliorer la qualité de l'eau avant son utilisation. **(Henze, et al., 2008)** ; **(Dalahmehet Al-Rawajfeh, 2016)**. Sa limite ne doit pas dépasser 90 mg/l **(JORA, 2012)**.

IV.1.9. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Elle est généralement utilisée pour mesurer la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation biochimique des matières organiques dans l'eau. Un suivi régulier de la DBO₅ dans les stations d'épuration est essentiel pour évaluer l'efficacité du traitement et identifier les éventuels problèmes ou écarts. Le contrôle des paramètres de fonctionnement de la station d'épuration, tels que la quantité d'oxygène dissous, la durée de séjour des boues et le rapport carbone/azote, peut également contribuer à une meilleure élimination de la DBO₅. (Vesilind et Morgan, 2010).

La réduction de la DBO₅ se fait généralement par procédés biologiques, tels que les systèmes d'oxydation à boues activées et les lits bactériens par exploitation de l'activité métabolique des microorganismes pour décomposer les matières organiques. (Henze et al., 2008) ou par traitements physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation, l'adsorption sur charbon actif et l'ozonation qui peuvent être utilisés en combinaison avec les procédés biologiques pour améliorer l'élimination de la DBO₅ (Metcalf et al., 2013). Selon (JORA, 2012), la valeur maximale admissible de DBO₅ est fixée à 30 mg/l.

IV.1.10. Le rapport DCO/DBO₅

Le rapport DCO / DBO₅ a une importance pour la définition de la chaîne de traitement d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO / DBO₅ implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et 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 par voie physico-chimique (BEN KHALIFA et Ali DERKI, 2019)

Selon la valeur de cet indice on a :

- Si $DCO / DBO_5 < \text{ou} = 2$: effluent facilement biodégradable.
- Si $2 < DCO / DBO_5 < 3$: effluent moyennement biodégradable.
- Si $DCO / DBO_5 > 3$: effluent est difficilement biodégradable

V. Réseaux d'assainissement

Le réseau d'assainissement des eaux usées est un système de collecte, de transport et de traitement des eaux usées afin de les éliminer de manière sûre et efficace.

V.1. Collecte des eaux usées

La collecte des eaux usées est une étape essentielle dans le système d'assainissement, permettant de rassembler les eaux usées des différents points de génération et de les transporter vers les installations de traitement. (Henze et al., 2008). Il comprend les déversoirs d'orage, les ouvrages de rétention et de traitement des eaux situés sur ce réseau. Il exclut les canalisations d'évacuation des flux polluants au milieu naturel (exemples : les canalisations en sortie des stations d'épuration, des déversoirs d'orage vers le milieu naturel) sauf quand il aboutit directement à un ouvrage de rejet dans le milieu (Le Hyaric, 2009). Il existe également deux systèmes d'assainissement : l'un est un système séparatif dans lequel les eaux domestiques et les eaux pluviales sont séparées, et l'autre est unitaire recevant les eaux usées et pluviales (Rejsek, 2002).

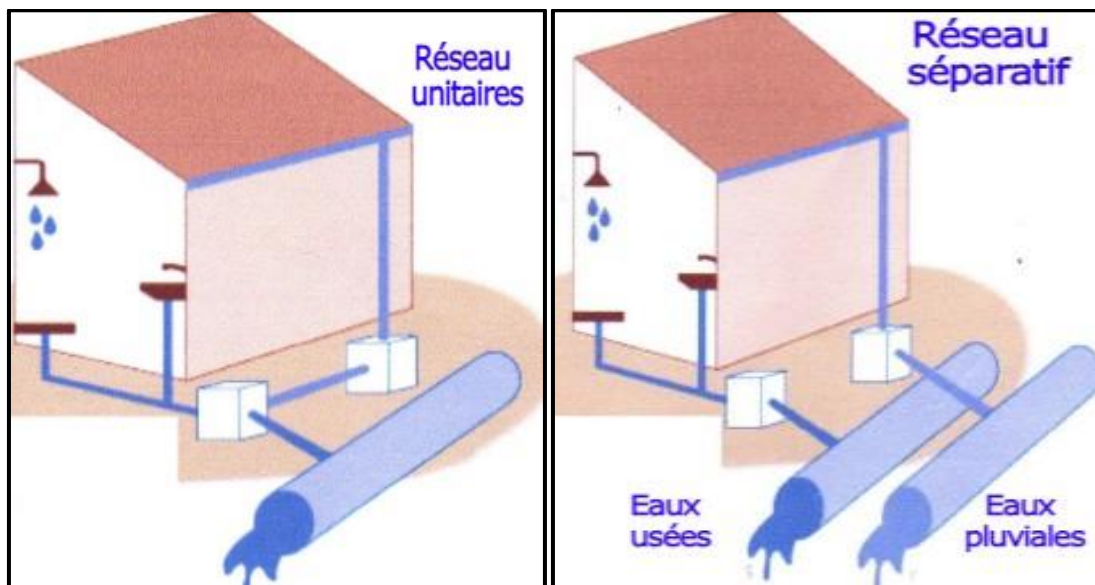


Figure I.1: Systèmes séparatif et unitaire

V.2. Transport des eaux usées

Différents éléments du système sont utilisés pour le transport des eaux usées, tels que les conduites, les pompes, les regards et les ouvrages spécifiques.

V.3. Station d'épuration des eaux usées

Une station d'épuration des eaux usées est une installation conçue pour traiter les eaux usées afin de les débarrasser des polluants avant de les rejeter dans l'environnement. (Remini, 2008). Elle se compose généralement des étapes suivantes (Mara et Horan, 2003).

V.3.1. Prétraitement :

Cette étape consiste à éliminer les matières solides plus grossières présentes dans les eaux usées, telles que les débris, les graviers et les particules de plus grande taille. Les grilles, les dégrilleurs et les tamis sont utilisés pour cette séparation initiale.

V.3.2. Décantation primaire :

Avant le traitement biologique, l'eau est généralement envoyée dans un décanteur, où les particules en suspension plus fines se déposent au fond.

V.3.3. Traitement biologique :

Il s'agit de l'étape principale du traitement des eaux usées, où les polluants organiques sont dégradés par des micro-organismes. Les systèmes les plus couramment utilisés sont les procédés d'oxydation biologique, tels que les boues activées, les lagunages, les filtres plantés ou les réacteurs biologiques. Ces procédés favorisent la croissance des bactéries et des micro-organismes qui décomposent les matières organiques.

V.3.4. Clarificateur (décantation secondaire)

Après le traitement biologique les boues formées lors de ce processus sont retirées et peuvent être traitées séparément.

V.3.5. Traitement complémentaire :

Selon les exigences spécifiques du site et la qualité de l'eau traitée, d'autres étapes de traitement peuvent être nécessaires. Cela peut inclure la désinfection pour éliminer les micro-organismes pathogènes, l'élimination des nutriments tels que l'azote et le phosphore, ou des traitements avancés pour éliminer des contaminants spécifiques.

V.3.6. Élimination des boues :

Les boues générées tout au long du processus de traitement doivent également être gérées. Elles peuvent être épaissies, stabilisées et déshydratées avant d'être utilisées comme engrais ou éliminées de manière appropriée.

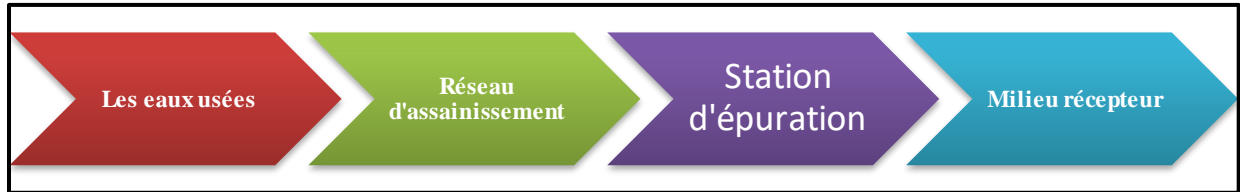


Figure I.2: Le devenir des eaux usées (Rejsek, 2002).

VI. Développement d'un modèle informatique de suivi et d'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation

Il est essentiel de mettre en place un programme informatique de suivi et d'évaluation régulier pour surveiller la qualité de l'eau d'irrigation et s'assurer de sa conformité aux normes et aux exigences réglementaires. Cela comprend des analyses chimiques, microbiologiques et physiques pour évaluer la présence de contaminants potentiels et les risques associés.

Le développement de ce modèle informatique est une approche systématique permettant de collecter des données et d'évaluer la conformité de l'eau aux normes dont la démarche adoptée lors de sa conception est la suivante :

- **Sélection des paramètres de surveillance** : permet d'identifier les paramètres clés à surveiller pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cela peut inclure des paramètres physico-chimiques, les métaux lourds, les contaminants organiques, ainsi que des paramètres microbiologiques.
- **Fréquence et emplacement des échantillonnages** : pour déterminer la fréquence des échantillonnages en fonction des variations saisonnières, des activités agricoles et des exigences réglementaires et sélectionner également les emplacements d'échantillonnage, en tenant compte des différentes sources d'eau d'irrigation et des zones de culture.
- **Méthodes d'analyse des échantillons** : le but est de choisir les méthodes d'analyse appropriées pour chaque paramètre à surveiller. Il existe des méthodes

standardisées reconnues, telles que JORA, 2012, EPA ou de l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

- **Établissement de critères de qualité** : l'objectif est de définir les critères de qualité de l'eau d'irrigation basés sur les normes réglementaires et les exigences spécifiques de la région. Ces critères peuvent inclure des limites maximales admissibles pour les différents paramètres ou des indicateurs de risque spécifiques.
- **Modélisation des relations** : Est l'étape la plus importante qui englobe les modèles mathématiques ou statistiques pour représenter les relations entre les différents paramètres de qualité de l'eau d'irrigation.
- **Intégration des données** : C'est d'introduire les données collectées dans le modèle afin de pouvoir évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cela peut impliquer la création d'une interface utilisateur conviviale permettant aux utilisateurs de saisir les données nécessaires.
- **Évaluation de la qualité de l'eau** : Permet d'utiliser le modèle informatique pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation en fonction des paramètres sélectionnés. Le modèle peut générer des rapports, des graphiques ou des indicateurs pour faciliter l'interprétation des résultats.
- **Validation du modèle** : Est de tester la précision et la fiabilité du modèle en comparant les prédictions du modèle aux données réelles. Cela peut nécessiter des tests sur le terrain ou l'utilisation de jeux de données observés.

Analyse et interprétation des données : c'est l'étape finale permettant d'interpréter les données recueillies et les comparer aux critères de qualité établis. Elle permet aussi d'identifier les éventuels dépassements des limites de qualité et d'exploiter ces informations pour évaluer l'efficacité des mesures de traitement et prendre des décisions éclairées sur la gestion de l'eau d'irrigation.

VII. Logiciel ABSAT

VII.1. Définition de logiciel ABSAT

Le nom **ABSAT** est un mot inspiré du mot arabe simplicité, qui a été développé sur la base de langage de programmation python, qui permet la facilité et simplicité d'analyse des données pour comparer les valeurs des paramètres aux valeurs maximales admissibles selon les organismes concernés par la qualité de l'eau traitée destinée à l'irrigation et visualisations

graphique ces résultats (histogramme, nuages des point, boîte à moustaches) et de rendre une décision sur la l'adéquation de l'eau traitée à l'irrigation.

Ce logiciel est flexible et peut être adaptés et améliorés au fil du temps pour mieux représenter la réalité et prendre en compte de nouvelles connaissances ou des changements dans le système. Ils offrent une flexibilité pour tester de nouvelles idées, de nouveaux équipements ou de nouvelles technologies.

VII.2. Python

Python est un langage de programmation informatique souvent utilisé pour créer des sites web et des logiciels, automatiser des tâches et réaliser des analyses de données. Python est un langage polyvalent, ce qui signifie qu'il peut être utilisé pour créer différents types de programmes et n'est pas spécialisé pour des problèmes spécifiques.

➤ Pourquoi l'analyse de données avec Python ?

Il existe de nombreux langages de programmation disponibles, mais Python est largement utilisé par les statisticiens, les ingénieurs et les scientifiques pour effectuer l'analyse de données. Voici quelques raisons pour lesquelles l'analyse de données avec Python est devenue populaire :

1. Python est facile à apprendre et à comprendre, avec une syntaxe simple.
2. Le langage de programmation est évolutif et flexible.
3. Il dispose d'une vaste collection de bibliothèques pour les calculs numériques et la manipulation des données.
4. Python fournit des bibliothèques pour les graphiques et la visualisation des données afin de créer des graphiques.
5. Il bénéficie d'un large soutien de la communauté pour résoudre de nombreux types de problèmes.

VIII. Conclusion

Il convient de noter que le développement de modèles informatiques pour l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation est un processus complexe qui nécessite une expertise dans les domaines de l'eau, de l'agriculture et de la modélisation.

Une fois le modèle validé, il peut fournir des rapports réguliers et des recommandations pour l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation, fournissant aux gestionnaires de l'eau et aux agriculteurs des informations rapides et prédictives.



Chapitre II

Présentation

de la Zone

d'étude



I. Introduction

Ce chapitre donne un aperçu des différentes étapes du traitement des eaux usées au sein de la station d'épuration (STEP) de Sidi Merouane (Mila), ainsi que des instruments et techniques utilisés pour évaluer ses performances et la qualité de l'eau d'irrigation.

II. Situation géographique de la région d'étude

Sidi Merouane, commune située au nord-est de la wilaya de Mila, à 14 km du chef-lieu, fait partie des trente-deux (32) communes et elle est limitée du nord par la commune de Chigara, de l'est par la commune de Grarem Gouga, de l'ouest par la commune de Zeghaia et du sud par la commune de Mila.

La situation géographique de la commune de Sidi Merouane avec 23 268 habitants confère à la ville une position géostratégique très importante dans son développement et celle de la wilaya de Mila. Le lieu se caractérise par deux atouts principaux :

- 1- La ville de Sidi Merouane est située en amont du Barrage Beni Haroune (Ouvrage Stratégique National), qui borde le lac du Barrage, une situation qui permet la redynamisation de la zone, notamment le développement des activités économiques, surtout l'agriculture irriguée, l'industrie, la pêche et le tourisme. (ONA,2012).
- 2- L'environnement socio-économique et les infrastructures environnantes ne présentent pas de situation dangereuse par rapport au site, car la zone est généralement caractérisée par des activités agricoles et d'élevage, et l'occupation des sols ne présente pas de zone à risque industriel.

III. Présentation de la station d'épuration de Sidi Merouane

III.1. Situation de la STEP

La station d'épuration des eaux usées (STEP) par traitement biologique par boues activées à faible charge de Sidi Merouane est l'unique dans cette région. Elle est située au nord de la ville de Mila et s'étend sur une superficie d'environ 16 hectares. Elle a été mise en service en 2009 avec une capacité de 137 711 EH et elle fait partie des installations de protection du barrage de Beni Haroune et destinée à traiter les eaux usées des communes de Mila, Grarem Gouga, Sidi Merouane, Sibari 1, Sibari2 et Ras-Elbir qui seront ensuite rejetées dans la cuvette du barrage. (ONA, 2012).



Figure II.1 : Localisation map de la STEP de Sidi Merouane (Mai, 2023).

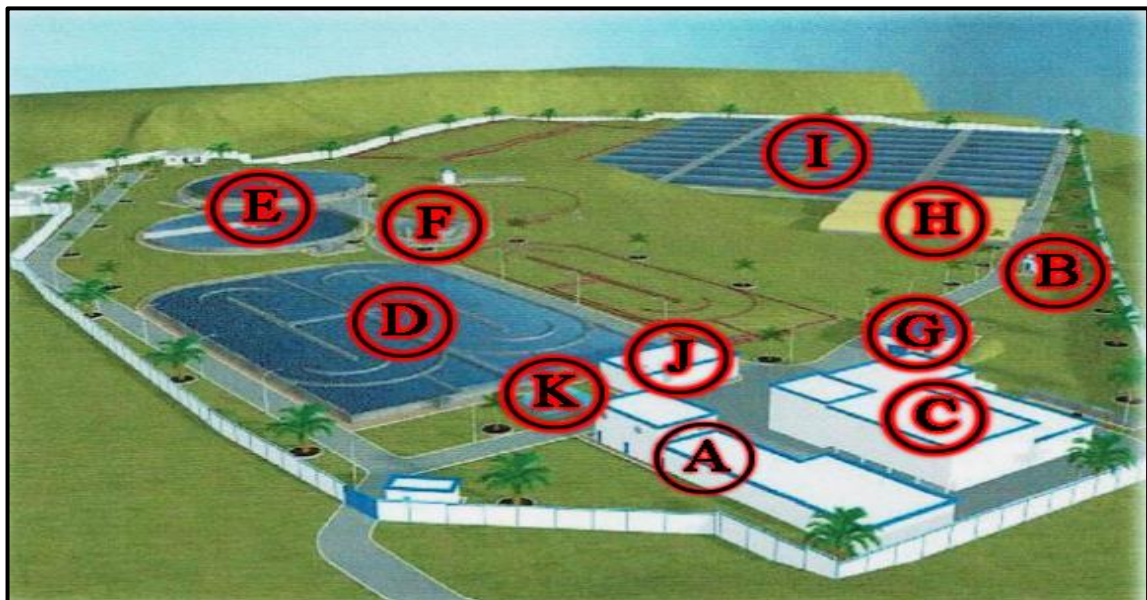


Figure II.2 : STEP de Sidi Merouane (ONA, 2012)

Tableau II.1 Présentation des zones géographiques

A	Bâtiment administrative/ Laboratoire et Garages	H	Lits de séchage(boues)
B	Arrivé des effluents	I	Air de stockage(boues)
C	Locale prétraitement et dessablage-déshuilage	J	Locale électrique
D	Les basins biologique	K	Stockage Fecl ₃
E	Les Clarificateurs		
F	Dégazeur répartiteur		
G	Locale traitement des boues		

III.2. Capacité et charge hydraulique de la STEP

La capacité nominale moyenne à temps sec en 2015 était de 20 657 m³/j, 25 340m³/j à temps de pluie et des débits maximaux à temps de pluie et sec successivement 1145 et 856 m³/h correspondant à 137 711 EH, impliquant la population de Mila, Ferdoua, Garrem Gouga, Sidi Merouane. Néanmoins, de futures extensions sont prévues pour 2030 comme la conception du génie civil de certains ouvrages en fonction des charges prévues, avec une capacité d'environ 205 500 EH (ONA, 2012).

III.3. Description des différents ouvrages de la STEP de Sidi Marouane

III.3.1. Poste de relevage

Le débit de pointe à relever sur ce poste est de 1892m³/h en première phase, soit 92% du débit total de temps de pluie.

Les pompes du poste de relèvement sont en nombre de trois dont un est installé en secours et sont toutes équipées de variateurs de fréquence pour assurer un fonctionnement régulier.

Le poste de relèvement est dimensionné pour recevoir une pompe supplémentaire en deuxième phase pour absorber le débit prévu à l'horizon 2030.

Le poste de relèvement est équipé d'un déversoir de trop plein permettant de by-passer directement les eaux brutes non relevées.

Tableau II.2 : Description des équipements de poste de relevage

Nombre de pompe	3 (2+1 secours installé)
Type de pompe	Centrifuge, immergée
Débit unitaire nominal	946 m³/h
Hauteur Manométrique Total (HMT)	20 mCe
Puissance unitaire installée	Pompes équipées de 75 kw



Figure II.3 : Poste de relevage

III.3.2. Prétraitement

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément (de taille comprise entre 0,1 et 50 mm) susceptible de gêner le fonctionnement des ouvrages (Grosclaude, 1999). Ils font appel (Rejsek, 2002) :

- Aux procédés mécaniques, comme des grilles ou des tamis, pour éliminer les grosses particules transportées par les eaux ;
- Aux procédés physiques, la décantation pour éliminer les sables, ou la flottation pour éliminer les graisses (matières graisseuses).

III.3.2.1. Dégrillage

Cette étape consiste à faire passer les eaux usées à travers des grilles, plus ou moins espacées, retenant les éléments les plus grossiers. Après nettoyage de la grille par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. (Melloul et Badri, 2013).

La présence d'un dégrillage grossier permet d'éliminer les déchets de plus de 40 mm dans pour éviter le colmatage de la pompe de relevage.



Figure II.4 : Dégrillage grossier automatique

Après dégrillage grossier et relevage, les eaux brutes sont mélangées dans un ouvrage de répartition en amont. Elles transitent ensuite par un dégrillage fin (entrefer 15 mm) conçu pour protéger toutes les unités de l'accumulation de filasse et de petites particules flottantes (Melloul & Badri, 2013).

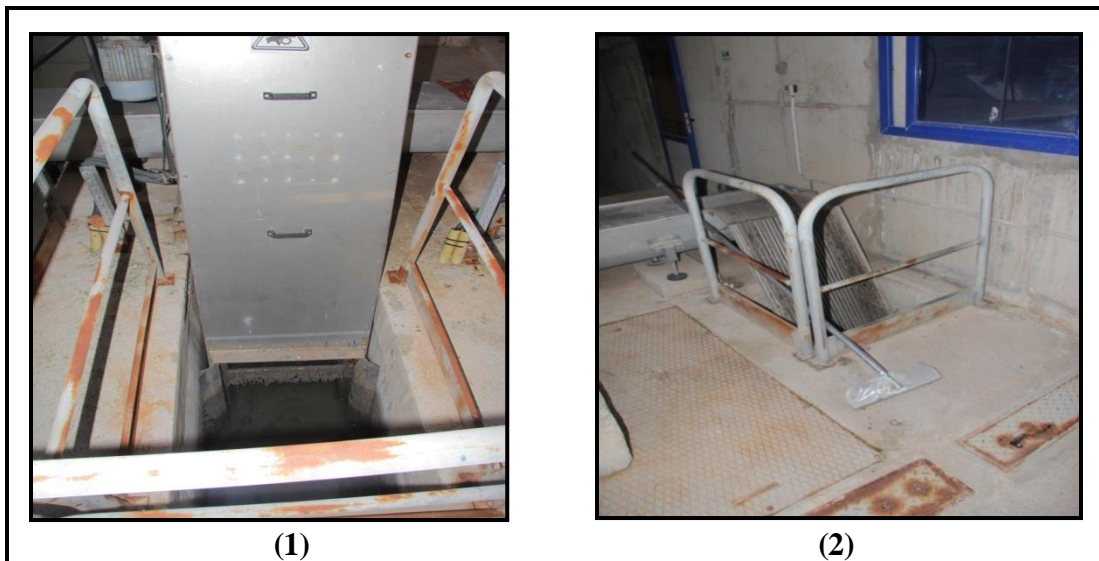


Figure II.5 : dégrillage fin (1) – automatique ; (2) – manuelle

III.3.2.2. Comptage des effluents

L'étape de comptage des effluents dans une station d'épuration est essentielle pour surveiller et quantifier la quantité d'eau traitée. Elle permet de collecter des données précises sur le débit des effluents entrants et sortants de la station.

Dans la STEP de Sidi Merouane, cette étape est réalisée en aval du dégrillage par l'utilisation de débitmètres électromagnétiques ultrasoniques (venturi).

Un by-pass de la station est possible en amont du dégrillage ou à la sortie de l'étape de dessablage déshuilage.

Tableau II.3 : Caractéristiques de comptage des effluents.

Type de canal de comptage	Venturi en canal ouvert pour mesure par sonde ultrasonique
Construction	Polyester
Débit nominal	3100 ³ /h

III.3.2.3. Dessablage-déshuilage

A l'issue du dégrillage fin, l'effluent traverse l'ouvrage de dessablage-déshuilage, permettant la décantation des résidus les plus denses (sable) et la flottation des déchets plus légers (graisses et fines) (Belahmadi, 2011).

Tableau III.4 : Description des équipements dessaleur- déshuileur.

Nombre de ligne	2 en service +1 en secours
Type de racleur	Pont automoteur
Largeur de canaux	4 m
La vitesse de circulation	0,7 m/s
Débit moyen par ouvrage	528 m ³ /h
Vitesse de décantation moyenne	12,9 m/h



Figure II.6 : Dessaleur/déshuileur.

Ensuite, le sable est refoulé dans le classificateur par la pompe à sable puis stocké dans la benne. Pour maximiser la fiabilité de l'installation, une pompe à sable de secours est également fournie. (Belahmadi, 2011).

Tableau II.5 : Caractéristiques des pompes à sable

Nombre des pompes	5 (1 secours en caisse)
Type Pompe à vortex	en cale sèche
Débit unitaire Nominale	37 m³/h
HMT nominale	17 mCe
Puissance unitaire installée	7,5 kw



Figure III.7 : Pompes à sable

Tableau II.6 : Caractéristiques de classificateur à sable

Nombre de classificateurs	1
Capacité	51 m³/h
Volume du conteneur de sable	15 m³



Figure II.8 : Classificateur à sable

III.3.3. Traitement biologique

Le traitement biologique réalisé est un traitement à boues activées à faible charge, fonctionnant en nitrification-dénitrification, associé à une dé-phosphatation biologique. Pour une fiabilité maximale et une grande souplesse de fonctionnement, le traitement biologique (boues activées + clarification) est constitué de deux lignes parallèles pouvant être isolées l'une de l'autre, le répartiteur amont peut équilibrer la distribution de chaque file, mais peut aussi en isoler une par un simple jeu de vannes ou bien de by-passer le traitement biologique. Notre station est équipée de deux bassins biologiques en béton armé, chacun d'une capacité de 13 000 m³ (Belahmadi, 2011), chaque bassin est constitué de trois zones suivantes : zone anoxique amont, zone anaérobie et chenal où se succèdent les zones anoxies aérées.

Tableau II.7 : Caractéristiques des bassins biologiques

Nombre	2
Volume total	26000 m³
Age des boues	15 j
Charge massique kg DBO/MVS/j	0,11
Charge volumique kg DBO5/m3/j	0,32
Concentration des boues maximale	5 g/l



Figure II.9 : Bassin biologique

III.3.3.1. Zone anoxie amont

Elle est située dans la première partie de la bache reliée à chaque chenal et équipée d'un agitateur.



Figure II.10 : Zone anoxie amont

III.3.3.2. Zone anaérobie

Ce processus se déroule dans le deuxième compartiment la bêche reliée à chaque chenal, la dé-phosphatation biologique se traduit par le transfert du phosphore de la phase liquide (eaux usées) vers la biomasse épurée qui s'enrichit progressivement en phosphore. Après élimination des nitrates contenus dans la recirculation des boues dans le premier compartiment d'anoxie amont, les cellules épuratrices se trouveront dans un environnement strictement anaérobie, c'est-à-dire sans aucune source d'apport d'oxygène " O_2 , NO_2^- , NO_3^+ " et l'élimination du phosphore ne se produit qu'en conditions anaérobies, c'est-à-dire en l'absence d'oxygène sous forme libre ou liée, et en présence de carbone facilement assimilable, puisque l'effluent ne peut pas être aéré et contient une quantité minimale de nitrates, ceci afin d'éviter la dénitrification partielle dans cette zone (ONA, 2005).



Figure II.11 : Zone anaérobie

III.3.3.3. Chenal avec zones anoxie et aérée

A. Zone anoxie dans le chenal

Dans cette zone, la dénitrification est réalisée avec circulation de liqueur mixte à l'aide de 4 agitateurs de type "pale banane" à vitesse lente. Cette configuration, associée à une alternance d'aération et de non-aération, crée des conditions anoxiques favorables à la dénitrification, dites aérations simultanées.



Figure II.12 : Zone anoxie dans le chenal.

B. Zone aérée dans le chenal

En présence d'oxygène, il y a de l'oxydation de la pollution carbonée, nitrification et accumulation de phosphore dans les cellules bactériennes.



Figure II.13 : Zone aérée dans le chenal

C. Système d'aération

L'aération est obtenue en insufflant de l'air dans le fond du bassin. Ce type d'insufflation à fines bulles est assuré par une membrane souple, ce qui permet d'obtenir des rendements de transfert élevés et donc de réduire les dépenses énergétiques.



Figure II.14 : Système d'aération.

III.3.3.4. Dégazage

Cet ouvrage circulaire est dimensionné pour les débits prévus à l'horizon 2030, il assure le dégazage de l'effluent en amont du clarificateur. Son objectif est de créer un passage pour éliminer les gaz (N_2 , CO_2 ...) présents dans l'eau, et la goulotte placée sous la surface de dégazeur permet la récupération des flottants lors du passage du racleur circulaire placé à la surface de l'ouvrage. Ensuite les flottants stockés dans la bache sont pompés et évacués vers la bache à graisse du prétraitement. (Melloul et Badri, 2013).

Tableau II.8 : Caractéristiques de dégazeur

Nombre	1
Volume	450m³
Forme	Circulaire
Surface	75 m²
Diamètre	9 m
Profondeur	8 m
Hauteur parois	7 m



Figure II.15 : Dégazeur

III.3.3.5. Clarification et recirculation des boues

A. Clarification (décantation secondaire)

La clarification de l'eau s'effectue dans deux ouvrages distincts, la liqueur mixte traitée biologiquement est transportée par gravité vers le clarificateur après dégazage, tandis que les boues décantées en fond d'ouvrage passent par un ensemble de tubes verticaux balayant toute la surface de l'ouvrage à chaque rotation du pont, sachant que la technologie

des tubes de succion assurent le maintien d'un lit de boues homogène tout en évitant un temps de séjour excessif des boues, l'eau traitée est rejetée directement dans la cuvette du barrage de Beni Haroune. (Rejsek, 2002).

Tableau II.9 : Caractéristiques de clarificateur

Nombre	2
Forme	Circulaire
Surface	1521 m²
Diamètre	44 m
Hauteur de l'eau	3,5 m



Figure II.16 : Clarificateur.

B. Recirculation des boues

Les boues aspirées sont envoyées aux puits à boues par le puits central de chaque ouvrage et recirculées par des pompes vers les bassins biologiques pour un réensemencement continu des boues et les boues restantes sont envoyées au poste d'épaississement des boues (Rejsek, 2002).

Tableau II.10 : Description de l'équipement de recirculation de boues

Recyclage des boues	
Pompe	6 (3 par file dont 1 de secours installée)
Type	Pompes centrifuges, immergées
HMT	5m Ce
Puissance	12,5 kw
Q recirculation	551 m ³ /h
Extraction des boues	
Pompe	4 de type rotor excentré
Débit unitaire nominal	70 m ³ /h
HMT nominal	20mCe
Puissance	11 kw



Figure II.17 : Recirculation des boues

III.3.4. Equipements annexes

III.3.4.1. Désodorisation biologique ou bio-désodorisation

La bio-désodorisation est un système de traitement de l'air vicié qui sera aspiré par un ventilateur d'un débit nominal de 18.800 m³/h et collectés plusieurs ouvrages, en l'occurrence : Dessablage - déshuilage, du traitement des boues, du dégrillage fin, de la benne puis refoulé vers l'ouvrage de désodorisation constitué de :

- Support caillebotis,
- Caillebotis,
- Grillage plastique,

- Gravier de granulométrie supérieur,
- Biogènes de petites granulométries,
- Rampes de pulvérisation où sont pulvérisés les réactifs de traitement, c'est-à-dire l'acide phosphorique et la potasse (pour la correction du pH) et l'air vicié en contact avec les réactifs transporteront la pollution (ONA, 2005).



Figure II.18 : Désodorisation biologique

III.3.4.2. Ventilation

La ventilation a pour but d'aspirer de l'air frais et d'évacuer l'air vicié vers l'extérieur ou vers des unités de désodorisation biologique et éventuellement de chauffer certains locaux d'exploitation. Ces fonctions sont assurées par des prises d'air, des extracteurs d'air et des résistances chauffantes. Le poste de ventilation se compose de :

- 02 ventilateurs d'extraction d'air vicié pour la désodorisation,
- 03 ventilateurs pour extraction d'air chaud dans le local des suppresseurs.

III.3.4.3. Poste toutes eaux

Il est équipé de trois pompes de relevage dont une installée en secours et de capture de niveau pour leur asservissement. L'eau de retour issu du poste toutes eaux doit être renvoyée en amont du dessaleur (ONA, 2005). Ce poste reçoit l'eau de retour interne de différentes sources :

- Eau du classificateur à sable,
- Egouttures ou eaux de lavage issues des dérailleurs et du compacteur collectées par un réseau de regard et de canalisation gravitaire,
- Eaux de nettoyage (sols, tuyauteries...),
- Filtrats des tables d'égouttages.

- Ouvrage d'épaississements.

III.3.4.4. Poste de chlorure ferrique ($FeCl_3$)

Le chlorure ferrique est injecté pour le traitement physico-chimique du phosphore et ce poste est constitué de deux réservoirs de stockage utilisés en alternance et d'une armoire abritant trois pompes doseuses. Chaque cuve à boues activées est prévue pour une injection, chaque ligne est équipée d'une pompe doseuse et les trois lignes ont une pompe de secours commune. Ces pompes aspirent dans un collecteur d'aspiration qui peut être alimenté à partir de deux réservoirs où chacun est doté d'une vanne de purge manuelle.



Figure II.19 : Poste de chlorure ferrique ($FeCl_3$)

III.3.4.5. Salle de supervision ou de contrôle

La salle de contrôle d'une station d'épuration des eaux usées STEP est un espace central où les opérations de surveillance, de contrôle et de gestion de la station sont effectuées. Cette salle abrite généralement divers équipements, systèmes et interfaces de contrôle permettant aux opérateurs de superviser et de gérer efficacement le processus de traitement des eaux usées.

Les éléments couramment présents dans une salle de contrôle de STEP sont les suivants :

- **Système de supervision et de contrôle** : Il s'agit d'un système informatisé qui surveille et contrôle les différents composants et équipements de la STEP, il collecte les données en temps réel, permettant aux opérateurs de visualiser les processus, de détecter les anomalies et d'apporter les ajustements nécessaires.

- **Tableaux de commande et d'affichage** : Ces tableaux fournissent une interface visuelle pour contrôler les différents équipements de la STEP, tels que les pompes, les vannes, les agitateurs, les compresseurs, etc. Ils permettent aux opérateurs de démarrer, d'arrêter et de réguler les différentes parties du processus de traitement.
- **Système de surveillance des paramètres** : Des instruments de mesure sont utilisés pour surveiller en continu les paramètres clés du processus de traitement, tels que le débit des eaux usées, le niveau des réservoirs, la concentration de polluants, le pH, la turbidité, etc. Les données de ces instruments sont affichées en temps réel dans la salle de contrôle.
- **Système d'alarme** : Les équipements de la STEP sont souvent équipés de capteurs et de dispositifs d'alarme qui détectent les conditions anormales ou les pannes. Lorsqu'un problème est détecté, le système d'alarme émet des avertissements visuels, sonores ou même des notifications pour alerter les opérateurs afin qu'ils puissent prendre des mesures correctives tels que la couleur verte continue signale l'état de marche, la couleur jaune clignotante rapide signale l'état de défaut, la couleur jaune clignotante lente signale l'état de défaut et la couleur rouge continue signale l'acquiescement du défaut ou machine à l'arrêt.
- **Système de communication** : La salle de contrôle est généralement connectée à d'autres parties de la STEP et peut être reliée à des centres de commande à distance ou à d'autres installations où les opérateurs peuvent également communiquer avec le personnel sur le terrain ou avec d'autres parties prenantes via des systèmes de communication internes ou externe.



Chapitre III

Matériels

et

Méthodes



I. Modes opératoires

Cette partie est consacrée à présenter les modes opératoires des analyses physico-chimiques effectués au niveau du laboratoire de la STEP de Sidi Merouane qui peuvent varier en fonction des paramètres spécifiques à analyser et des méthodes d'analyse utilisées. :

I.1. Prélèvement et échantillonnage

La station d'épuration de Sidi Merouane utilise la méthode de prélèvement composite ; elle consiste à prélever un volume d'eau brute (entrée) et d'eau épurée (sortie) instantané.

Pour l'analyse physico-chimique, les prélèvements sont réalisés dans des flacons en plastiques en utilisant une perche de 2 à 3m.

Le volume minimum de prélèvement d'échantillon recommandé est d'environ un litre, quel que soit le volume requis pour l'analyse en laboratoire afin d'obtenir un volume d'échantillon représentatif.



Figure III.1 : Site de prélèvement.

I.2. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau (usée et épurée)

Dans cette partie nous présentons les différentes méthodes utilisées au niveau du laboratoire STEP à Sidi Merouane pour déterminer les paramètres physico-chimiques qui sont des paramètres importants pour l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation.

Tableau III.1 : Méthodes d'analyse des différents paramètres physico-chimiques

Paramètre	Unité	Appareillage
pH	/	pH mètre
Température	C°	Thermomètre
Conductivité	µS/cm	Conductimètre
Oxygène dissous	mg/l	Oxymètre
MES	mg/l	Filtration/centrifugation
Indice de biodégradabilité DBO ₅ / DCO	mg/l	Méthode de dilution
NH ₃ ⁺ / NO ₃ ⁻ / NO ₂ ⁻ / PO ₄	mg/l	Spectrophotomètre UV

I.2.1. Température (T)

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre étalonné, il peut s'agir de thermomètre à mercure, de thermocouples. Nous prenons un échantillon, soit eau brute ou eau épurée, puis nous plongeons le thermomètre dans l'échantillon jusqu'au niveau de la lecture et nous laissons stabiliser la température.

I.2.2. Potentiel hydrique (pH)

La mesure du pH s'effectue au moyen d'un couple électrode, de verre électrode et électrode de référence plongeant dans le liquide à mesurer, la pile ainsi formée et caractérisée par différence de potentielle fonction du pH de la solution. La mesure se fait à l'aide d'un pH mètre.

I.2.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) se mesure à l'aide d'une sonde qui comprend deux électrodes de platine aux bornes des quelles est appliquée un courant alternatif dont la fréquence est adaptée au domaine de conductivité électrique mesurée dans la pratique (Agrigon, 2000).

La CE de la solution à examiner est déterminée en siemens par mètre (S/m) ou en micro siemens par centimètre (µs/cm). Nous avons mesuré Ce paramètre à l'aide du conductimètre portatif, en plongeant la cellule de mesure dans l'eau à examiner.

I.2.4. Oxygène dissous (OD)

La détermination de l'oxygène dissous (OD) se fait par deux méthodes, une chimique par i-odométrie et l'autre électrochimique par utilisation d'une sonde à oxygène qui fait appel à la réduction de l'oxygène moléculaire (**Amino et Chaussepied, 1983**).

La mesure de l'OD est effectuée sur les eaux brutes, à l'aide d'une oxymétrie portatif, ce dernier est placé dans les bassins de traitements biologique pour contrôler les conditions aérobies nécessaires pour l'épuration ou à l'inverse, les conditions d'anoxie indispensable pour le traitement de l'azote. La concentration en OD est exprimée en mg O₂/l (**Loup, 1974**).



Figure III.2 : Appareillage de mesure pH mètre, Thermomètre et Conductimètre.

I.2.5. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension sont mesurées par deux méthodes :

I.2.5.1. Méthode de centrifugation (Cas des eaux chargées)

Les matières en suspension dans l'eau sont séparées par centrifugation, l'échantillon est mis en rotation à grande vitesse, et la force centrifuge est appliquée sur les particules solides, de sorte qu'elles sont recueillies sous forme de culot au fond du tube, puis lavées puis récupérées et séché à 105 C°, enfin le résidu sec est pesé et il correspond aux matières en suspension contenues dans un échantillon.

Mode opératoire

- Prélever un minimum d'un litre d'échantillon,
- Agiter le flacon pour homogénéiser le contenu,
- Introduire l'eau dans les flacons de centrifugation à des volumes similaires,
- Placer les flacons dans la centrifugeuse pendant 10 mn à 3600tr/min,

- Vider l'eau surnageant et recueillir le culot de boue dans une capsule de porcelaine,
- Sécher à l'étuve à 105°C pendant 24h,
- Refroidir au dessiccateur et peser.

Expression des résultats

Le poids de matière en suspension est calculé selon (Rodier, 2005) par la relation suivante :

$$MES = \frac{(m2 - m1) \times 1000}{V \text{ (mg/l)}}$$

- **MES** : matières en suspension en mg/l
- **m2** : la masse du filtre après filtration en mg
- **m1** : la masse du filtre avant filtration en mg
- **V** : volume de l'échantillon en ml.

I.2.5.2. Méthode gravimétrique ou par filtration (Cas des eaux peu chargées)

Les méthodes gravimétriques reposent sur le calcul de la masse de matière sèche (mg/l) obtenue après séparation de MES de l'eau puis déshydratation à 105°C.

La séparation de MES se fait à l'aide d'un équipement de filtration sous vide ou sous pression qui permet le passage de l'eau à analyser sur le filtre en fibres de verre. Les MES sont retenues sur le filtre qui est ensuite séché à 105°C, de manière à éliminer l'eau retenue dans le filtre. Les MES sont retenues.

Mode opératoire

- Sécher la membrane à l'étuve à 105°C pendant 15 minutes,
- Refroidir dans le dessiccateur et peser,
- Prélever un volume d'eau V tel que la masse de matières sur le filtre soit au moins de 1mg/cm² et ne doit pas être inférieure à 100 ml,
- Placer la membrane sur son support, fixer l'ensemble de filtration, verser l'eau sur la membrane, mettre sous vide et laisser filtrer le liquide jusqu'à écoulement complet.
- Rincer à l'eau distillée.
- Retirer la membrane et la sécher à l'étuve à 105°C, au moins 2h, jusqu'à avoir une masse constante.
- Refroidir au dessiccateur et peser.

Expression des résultats

Le poids de matière en suspension est calculé selon (Rodier, 2005) de la relation suivante :

$$MES = \frac{(m2 - m1) \times 1000}{V (l)}$$

- **m2** : la masse du filtre après filtration en mg
- **m1** : la masse du filtre avant filtration en mg
- **V** : volume de l'échantillon en m

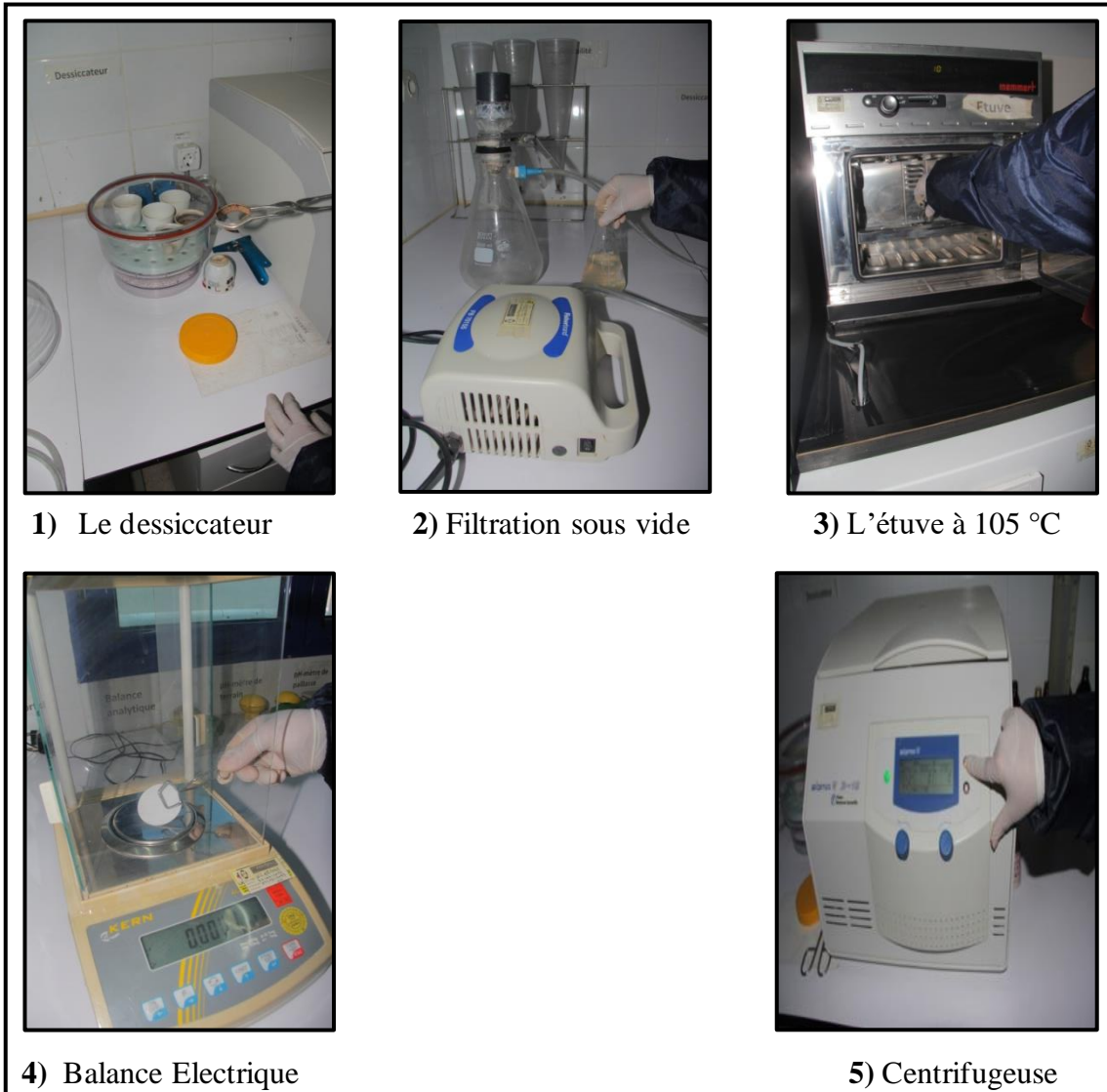


Figure III.3 : Appareillage de mesure de la teneur en matières en suspension

I.2.6. Demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅)

La DBO ou Demande Biochimique en Oxygène correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes aérobies présents dans l'eau pour oxyder les matières organiques dissoutes ou en suspension. Ce paramètre est un bon indicateur du contenu organique biodégradable. Elle mesurée au bout de cinq jours à 20 C° (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O₂ et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

Mode opératoire

- Dans deux flacons de 500ml munis de barreau magnétique pour assurer une agitation continue, on met dans le premier 164 ml d'eau brute et dans le deuxième 365 ml d'eau épurée, ensuite on les place dans l'incubateur à 20°C.
- Ajouter l'inhibiteur de nitrification selon le **Tableau III.2**
- Laisser les deux échantillons ouverts pendant une heure de temps, en suite mettre l'inhibiteur de dénitrification et 3 pastilles de NAOH dans l'Oxiptop.
- Appuie sur les deux boutons S et M jusqu'à affichage de 0,
- Laisser les échantillons dans l'incubateur pendant 05 jours,
- Lire le résultat (en mg d'O₂/l) de DBO₅ après cinq jours.

Tableau III.2 : Volume et dosage de l'échantillon pour la DBO₅

Plage de mesure DBO ₅ (mg/l)	Volume d'échantillon	Dosage ATH
0 - 40	428	10 Gouttes
0 - 80	360	10 Gouttes
0 - 200	244	5 Gouttes
0 - 400	157	5 Gouttes
0 - 800	94	3 Gouttes
0 - 2000	56	3 Gouttes
0 - 4000	21.7	1 Gouttes

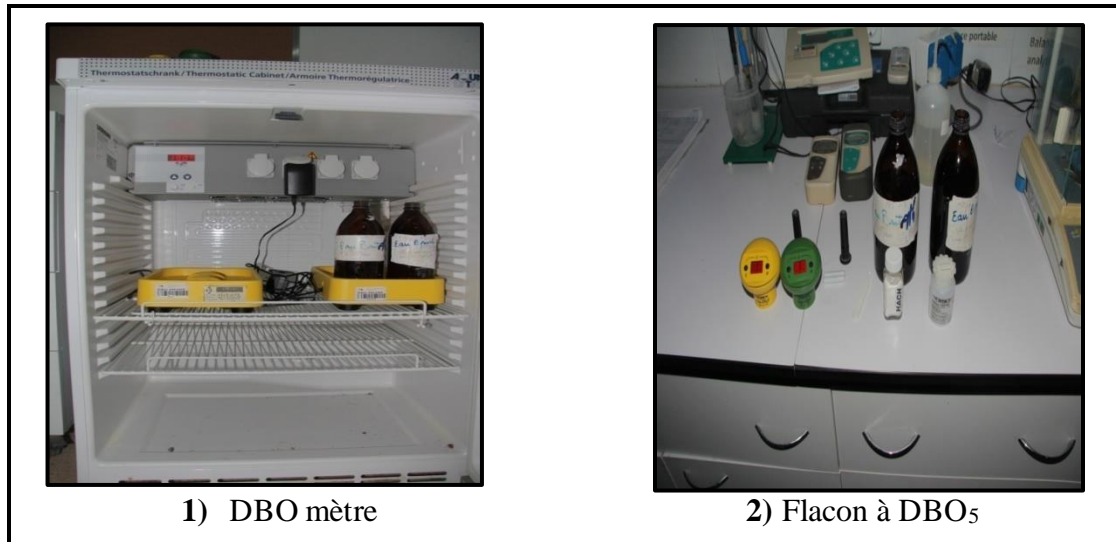


Figure III.4 : Appareillage de mesure de la DBO₅ (Oxitop).

I.2.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle se fait selon la méthode par microdosage (Test en tube).

Réactifs utilisés

- (02) tubes : 0 – 150 mg O₂ /l pour le dosage du DCO de l'eau épurée. Code 130
- (02) tubes : 0 – 1500 mg O₂ /l : pour le dosage du DCO de l'eau brute. Code 131

Mode opératoire

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 2 ml de l'eau distillée.
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 2ml de l'eau usée.
- Fermer les tubes avec le bouchon et homogénéiser les soigneusement et plusieurs fois pour mélanger le contenu.
- Chauffer les tubes pendant 120 minutes dans un thermo-réacteur à une température de 150°C
- Homogénéiser les tubes plusieurs fois pendant l'opération d'échauffement.
- Retirer les tubes au thermo-réacteur.
- Agiter les tubes et laisser les refroidir à la température ambiante avant la mesure.
- Placer le blanc dans la chambre de mesure et appuyer sur le bouton zéro.
- Retirer le blanc de la chambre de mesure.
- Placer le tube d'échantillon dans la chambre de mesure et appuyer sur le bouton test.
- Le résultat est exprimé en mg O₂/l

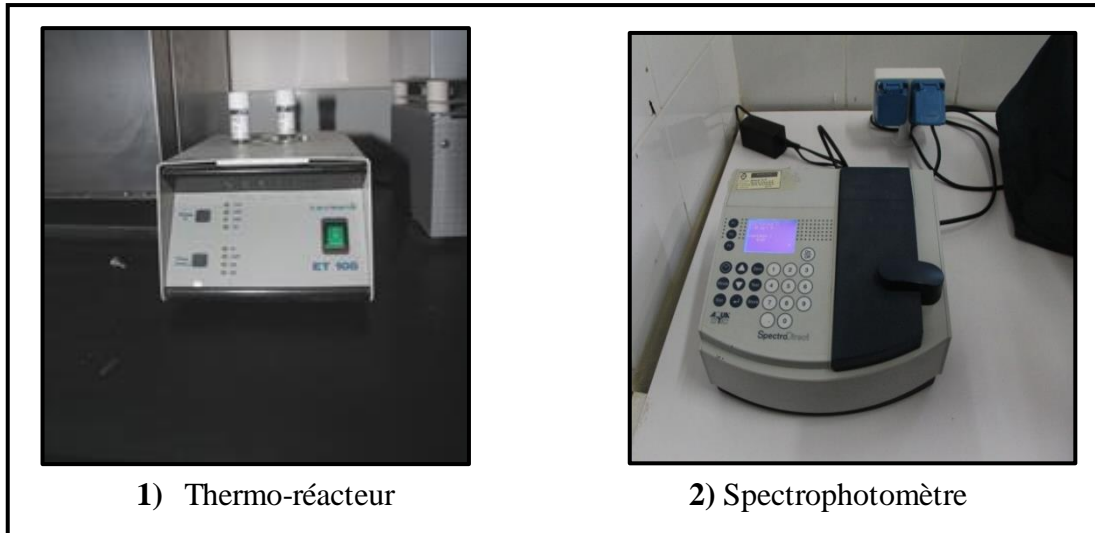


Figure III.5: Appareillage de mesure de la DCO

I.2.8. Azote ammoniacal (NH_3^+)

- Elle se fait selon la méthode par microdosage (Test en tube) par spectrophotométrie
- Eau usée : 0 - 0,50 mg/l NH_3^+ . Code 66.
- Eau épurée : 0,02 - 2,5 mg/l NH_3^+ . Code 65.

Mode opératoire

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 0,1 ml de l'eau distillée (C'est le tube de blanc),
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 0,1 ml de l'eau usée (c'est le tube de l'essai),
- Ajouter dans chaque tube un sachet de salicylate d'ammonium F5,
- Ajouter dans chaque tube un sachet de cyanurates d'ammonium F5,
- Fermer les tubes avec les bouchons et homogénéiser les soigneusement et plusieurs fois pour mélanger le contenu,
- Appuyer sur OK sur spectromètre et attendre la réaction pendant 20 min,
- Placer le blanc dans la chambre de mesure et appuyer sur le bouton « Zéro »,
- Retirer le blanc de la chambre de mesure,
- Placer le tube de test dans la chambre de mesure et appuyer sur le bouton « Test ». Les résultats sont exprimés en mg /l.

I.2.8. Dosage des nitrates (NO_3^-)

Elle se fait selon la méthode par microdosage (Test en tube) par spectrophotométrie

Mode opératoire

- Mettre dans 02 cuves rondes, 10 ml d'échantillon eau épurée et dans l'autre une dilution de 05 d'eau brute auxquelles on ajoute un sachet de réactif nitra ver 05 à chacune.
- Agiter pendant une minute et laisser reposer pendant 05 minutes,
- Ensuite introduire le blanc (une cuve d'eau distillé) dans le compartiment d'échantillon retirer le blanc pour mettre l'échantillon à analyser,
- Appuie sur LIRE pour afficher le résultat.

I.2.9. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Elle se fait selon la méthode par microdosage (Test en tube) par spectrophotométrie

- Eau brute : 0 - 0,5 mg/l NO_2^- . Code 276.
- Eau épurée : 0.03 - 0,5 mg/l NO_2^- . Code 275.

Mode opératoire

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 5 ml de l'eau distillée,
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 5 ml de l'eau usée (c'est le tube de l'essai),
- Fermer les tubes avec les bouchons et homogénéiser les soigneusement et plusieurs fois pour mélanger le contenu,
- Appuyer sur « OK » du spectromètre et attendre la réaction pendant 20 min.
- Placer le blanc dans la chambre de mesure et appuyer sur le bouton « Zéro ».
- Retirer le blanc de la chambre de mesure.
- Placer le tube de test dans la chambre pour mesurer et appuyer sur le bouton « Test ». Le résultat est exprimé en mg /l de NO_2^- .

I.2.10. Dosage d'azote total (NT)

Elle se fait selon la méthode par microdosage (Test en tube) par spectrophotométrie

- Eau brute : Gamme de mesure : 5 – 140 mg/l N. Code 283.
- Eau épurée : Gamme de mesure : 0.5 – 14 mg/l N. Code 282.

Mode opératoire

- Remplir un des tubes de minéralisation fourni avec 5ml d'échantillon d'eau.
- Ajouter une cuillère graduée (Noir) remplie à ras bord de digestion réactif.
- Refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu.
- Chauffer les tubes pendant 60 minutes dans le réacteur préchauffé à une température de 100°C.
- Après 60 minutes, retirer les tubes de réacteur. (Attention : La cuvette est brûlante)
- Mélanger les tubes et laisser refroidir jusqu'à la température ambiante.
- Ajouter une cuillère graduée (Blanc) remplie à ras bord de compensation réactif.
- Refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu.
- Utiliser cet échantillon prétraite pour la procédure de test suivante.
- Placer la cuvette à valeur ZERO (Portant l'étiquette rouge) livrée dans la chambre de mesure. Positionnement.
- Appuyer sur la touche ZERO.
- Retirer la cuvette de la chambre de mesure.
- Ouvrir un tube de réactif et ajouter 0,5ml d'échantillon prétraité (étape 8).
- Fermer correctement le tube avec le bouchon et retourner plusieurs fois le tube pour mélanger son contenu. (Attention : le tube devient chaud !).
- Ajouter 0,2ml de nitrate-111.
- Refermer la cuvette avec son couvercle et mélanger le contenu.
- Mettre la cuvette dans la chambre de mesure. Positionnement.
- Appuyer sur la touche TEST. Attendre un temps réaction de 15 minutes. La mesure s'effectue automatiquement après écoulement du temps de réaction. Le résultat s'affiche sur l'écran en mg/l, N.

I.2.11. Dosage Phosphore (PO_4^-)

Elle se fait selon la méthode par microdosage (Test en tube) (ISO 6878 :2004),

- Eau brute : Gamme de mesure : 0,06 – 3,50 mg/L PO_4^- (0,02 – 1,10 mg/L P). Code 326.
- Eau épurée : Gamme de mesure : 0,06 – 3,50 mg/L PO_4^- (0,02 – 1,10 mg/L P). Code 325.

Mode opératoire

- Ouvrir un tube de digestion PO_4^- (Réactif C) et ajouter dans le tube 5 ml de l'eau usée.
- Ajouter un sachet poudre de persulfate de potassium F10 dans le tube de digestion et fermer le tube avec le bouchon et agiter le pour mixer le contenu au moins 30 secondes.
- Ajouter un sachet poudre de persulfate de potassium F10 dans le tube de digestion et fermer le tube avec le bouchon et agiter le pour mixer le contenu au moins 30 secondes.
- Retirer le tube au thermo-réacteur.
- Agiter le tube et laisser le refroidir à la température ambiante.
- Ouvrir le tube de digestion et ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium 1,54 N.
- Fermer le tube avec de bouchon et agiter le soigneusement pour mélanger le contenu pendant 15 secondes.
- Placer le tube de digestion dans la chambre de mesurer et appuyez sur le bouton « Zéro ».
- Retirer le tube de digestion.
- Ouvrir le tube de digestion et ajouter un sachet poudre de réactif de phosphate.
- Fermer le tube de digestion et homogénéiser le soigneusement pour dissoudre le contenu (au moins 10 secondes).
- Placer le tube de digestion dans la chambre de mesure et appuyez sur le bouton « Test » sur spectromètre et attendre la réaction pendant 2 min. Le résultat est affiché automatiquement en mg/l P_t .

II. Manipulation de logicielle ABSAT

Cette partie est consacrée à présenter comment fonctionne l'application et comment l'utiliser pour analyser les données des paramètres physico-chimiques effectués au niveau du laboratoire de la STEP de Sidi Merouane.

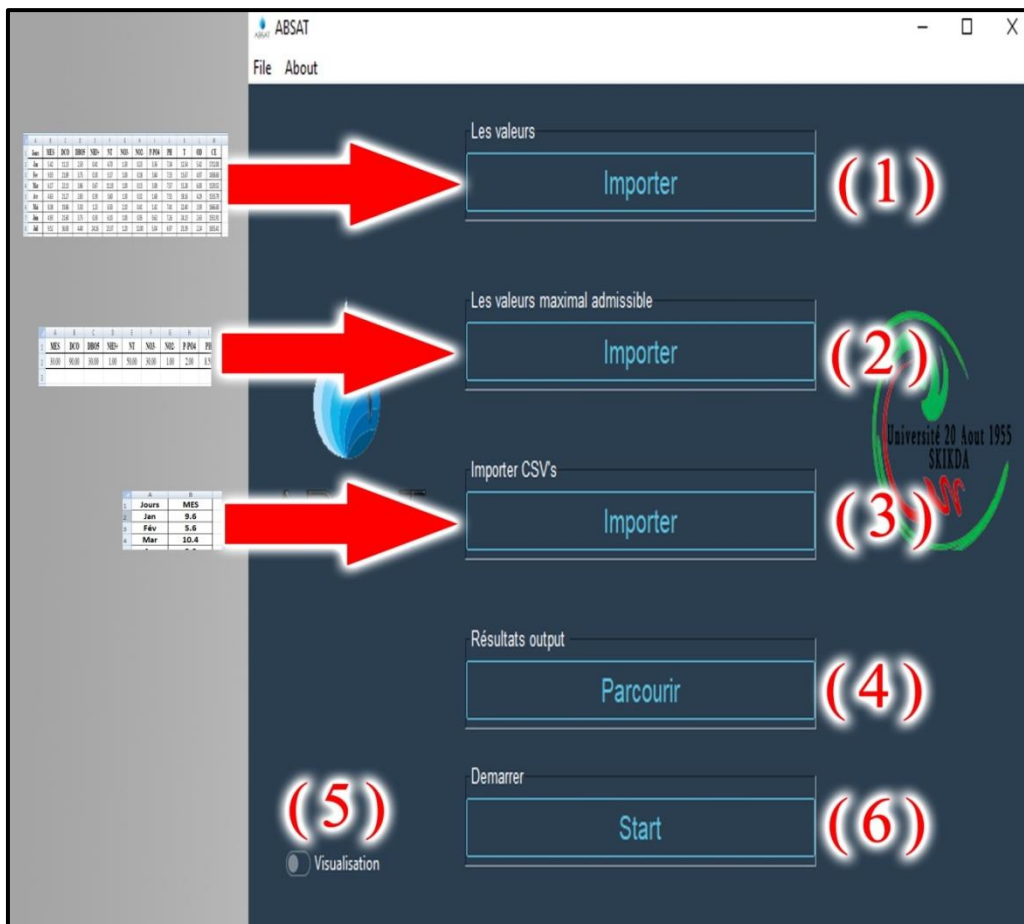


Figure III.6 : Interface de l'application

II.1. Les étapes de manipulation de l'application

- 1- Importer le fichier Excel des valeurs
- 2- Importer le fichier Excel des valeurs Maximal Admissible
- 3- Importer les fichiers CSV
- 4- Choisie le repertoire des résultats
- 5- Visualisation pour les traçage graphique (nuages des points, histogramme et Boites a moustaches).
- 6- Lancer l'application

Les résultats des comparaisons et Visualisations sont exporté vers le fichier sélectionné sous forme de tableau Excel et les traçages graphique sous formes des fichiers PDF.



Chapitre IV
Résultats
et
Discussions



I. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de fournir une évaluation approfondie des résultats de notre étude sur l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles, de discuter des implications de ces résultats. Dans cette partie, nous pourrions mieux guider les décideurs, les agriculteurs à prendre des décisions éclairées sur cette pratique, contribuant ainsi à la gestion durable des ressources en eau et à la sécurité alimentaire à long terme.

II. Caractéristiques de l'eau d'irrigation issue de la STEP de Sidi Merouane

Il est essentiel de mener des analyses régulières de la qualité de l'eau d'irrigation pour s'assurer de sa conformité aux normes. Ces analyses aideront à prendre des décisions éclairées concernant les pratiques d'irrigation, les mesures de traitement supplémentaires nécessaires et la gestion appropriée des risques associés à l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture.

Pour notre étude, un seul point de prélèvement des échantillons d'eau traitée effectués au niveau du rejet final de la STEP de Sidi Merouane de l'année 2022 où les résultats des paramètres physico-chimiques sont révélés dans le **Tableau IV.1**:

Tableau IV.1 : les valeur maximal admissible de l'eau d'irrigation

Paramètre	Unité	FAO (1985)	OMS (1989)	J.O.R.A 2012
MES	mg/l	30	35	30
DBO5	mg/l	10	35	30
DCO	mg/l	40	90	90
NH3+	mg/l	2.0	Proche de 0	< 1
NO2-	mg/l	1.0	Proche de 0	< 1
NO3-	mg/l	50	1	30
NT	mg/l	/	50	/
PO4-	mg/l	0.94	< 2	/
OD	O2/l	/	5	/
Conductivité	µs/cm	3000	50 - 1500	3000
T	°C	30	30	/
PH	/	6.5 - 8.4	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5

Tableau IV.2: Statistiques descriptive des paramètres physico-chimiques de l'eau d'irrigation (2022)

Mois	S/D	pH	T (°C)	OD (mg/l)	CE(µS/cm)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Débit (m ³ /j)
Jan	Moyenne	7.34	12.54	5.42	1712.00	5.42	11.13	2.50	3334.29
	Minimum	6.99	11.10	4.49	1247.00	1.60	3.70	1.00	1626.00
	Maximum	7.72	14.70	6.49	2505.00	9.60	29.00	6.00	5523.00
	Ecart-type	0.19	0.90	0.56	330.78	2.46	8.60	1.38	906.89
Fév	Moyenne	7.33	13.67	4.97	1458.60	9.03	21.89	3.75	2881.18
	Minimum	7.11	11.70	4.08	1181.00	1.20	11.50	1.00	683.00
	Maximum	7.75	14.90	5.80	1980.00	19.20	39.00	9.00	5329.00
	Ecart-type	0.16	0.90	0.58	212.61	6.28	11.71	2.22	876.82
Mar	Moyenne	7.57	15.28	6.00	1529.52	6.17	22.13	3.86	3605.81
	Minimum	7.19	12.10	4.46	1081.00	1.60	4.90	2.00	2510.00
	Maximum	7.85	17.60	7.85	1905.00	16.00	70.70	11.00	5216.00
	Ecart-type	0.18	1.54	0.98	238.44	3.85	20.73	2.54	598.39
Avr	Moyenne	7.51	18.16	4.29	1533.79	4.63	21.27	2.83	3647.07
	Minimum	7.30	14.50	2.49	1172.00	2.00	6.70	1.00	2422.00
	Maximum	8.12	19.80	5.82	2080.00	7.60	28.90	5.00	5558.00
	Ecart-type	0.18	1.29	1.02	221.67	1.77	9.60	1.34	640.59
Mai	Moyenne	7.41	22.40	3.59	1666.60	8.38	19.86	5.50	3915.97
	Minimum	7.11	17.40	2.72	1160.00	1.20	10.00	1.00	2068.00
	Maximum	7.81	25.50	5.21	2460.00	19.20	40.20	14.00	6285.00
	Ecart-type	0.17	2.53	0.85	312.63	6.59	11.20	4.28	889.25
Juin	Moyenne	7.26	24.13	2.63	1551.91	4.93	21.60	3.75	3699.53
	Minimum	6.66	22.80	1.72	1210.00	1.60	3.40	1.00	2532.00
	Maximum	7.67	25.90	3.26	2160.00	9.20	42.40	5.00	4448.00
	Ecart-type	0.29	0.88	0.42	267.57	2.37	15.61	1.22	462.13
Juill	Moyenne	6.97	25.39	2.24	1655.41	9.52	36.00	4.40	3285.29
	Minimum	6.26	23.70	2.00	1175.00	4.40	3.10	2.00	1517.00
	Maximum	7.76	26.90	3.03	2120.00	18.00	58.60	10.00	4746.00
	Ecart-type	0.46	0.82	0.28	296.74	3.94	19.24	2.46	663.26
Aout	Moyenne	6.77	25.67	4.00	1684.70	5.72	20.24	2.67	2961.13
	Minimum	6.15	22.80	2.11	1320.00	2.80	7.70	1.00	595.00
	Maximum	7.46	27.50	5.75	1965.00	10.40	43.50	4.00	4376.00
	Ecart-type	0.34	0.96	1.15	182.50	2.13	11.65	1.07	760.69
Sép	Moyenne	7.31	24.46	3.55	1648.29	8.47	18.86	3.92	2912.80
	Minimum	6.69	21.40	2.07	1380.00	1.20	3.00	1.00	687.00
	Maximum	8.00	25.90	4.88	2045.00	22.40	57.90	7.00	4075.00
	Ecart-type	0.44	1.02	0.90	202.17	6.22	18.09	2.23	819.27
Oct	Moyenne	6.96	23.29	5.31	1435.00	5.17	13.65	2.25	3811.74
	Minimum	6.11	21.10	4.40	1135.00	1.20	8.10	1.00	2407.00
	Maximum	7.68	24.60	6.87	1875.00	14.80	31.60	4.00	4990.00
	Ecart-type	0.37	0.95	0.58	193.22	3.51	7.39	1.29	581.06
Nov	Moyenne	7.52	18.24	4.34	1362.80	4.72	17.45	2.25	4794.63
	Minimum	7.09	14.80	2.27	1106.00	1.60	6.90	1.00	3379.00
	Maximum	8.10	21.50	6.00	1646.00	7.60	33.70	3.00	9281.00
	Ecart-type	0.27	1.90	0.83	170.34	1.58	7.97	0.87	1171.31
Déc	Moyenne	7.49	16.05	4.03	1456.62	7.87	44.30	5.00	5230.52
	Minimum	6.80	14.40	3.10	1087.00	5.60	29.90	1.00	2920.00
	Maximum	8.21	17.70	5.26	1744.00	10.40	70.00	12.00	7357.00
	Ecart-type	0.33	0.86	0.60	181.52	1.57	22.31	3.36	756.74

II.1. Evaluation des paramètres physico-chimiques

II.1.1. Variation de la température (T)

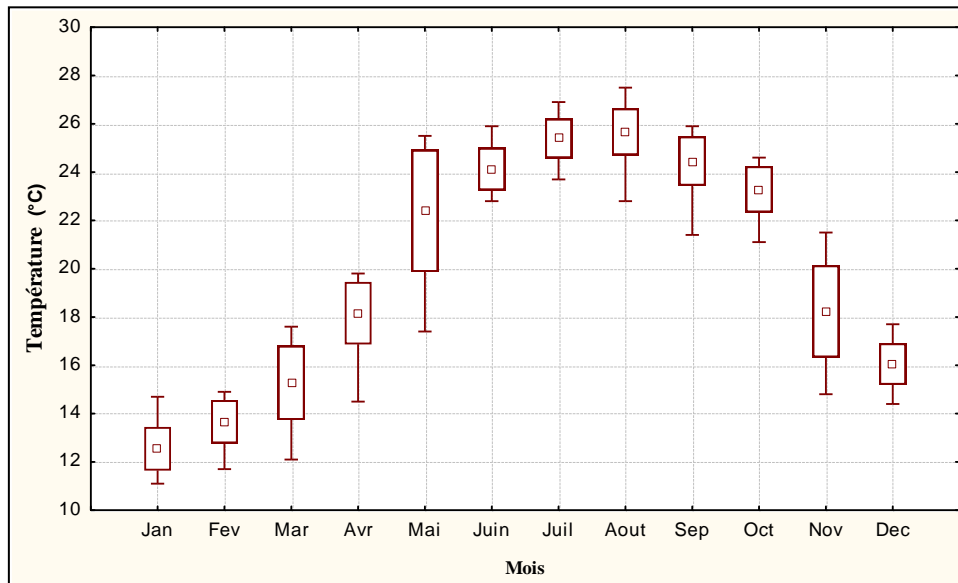


Figure IV.1: Variation mensuelle de la température des eaux d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Les résultats présentés dans le **Tableau IV.2** et la **Figure IV.1** montrent que la température de l'eau d'irrigation a varié entre un minimum de 11,1°C en janvier et un maximum de 27,5°C en août, avec une température moyenne annuelle de 19,89°C, ce qui coïncident avec les stations de Ouargla où les températures varient entre 14,8°C et 23,1°C (**Attab, 2011**) et Tizi Ouzou dont la température moyenne tourne autour de 20°C (**Metahri, 2012**). Il est à noter que la température de l'eau d'irrigation issue de la STEP peut varier en fonction des saisons et des conditions climatiques de la région.

Les résultats ne dépassent pas les normes internationales des eaux d'irrigation (30°C) selon (**OMS, 1989**).

II.1.2. Variation du potentiel d'hydrogène (pH)

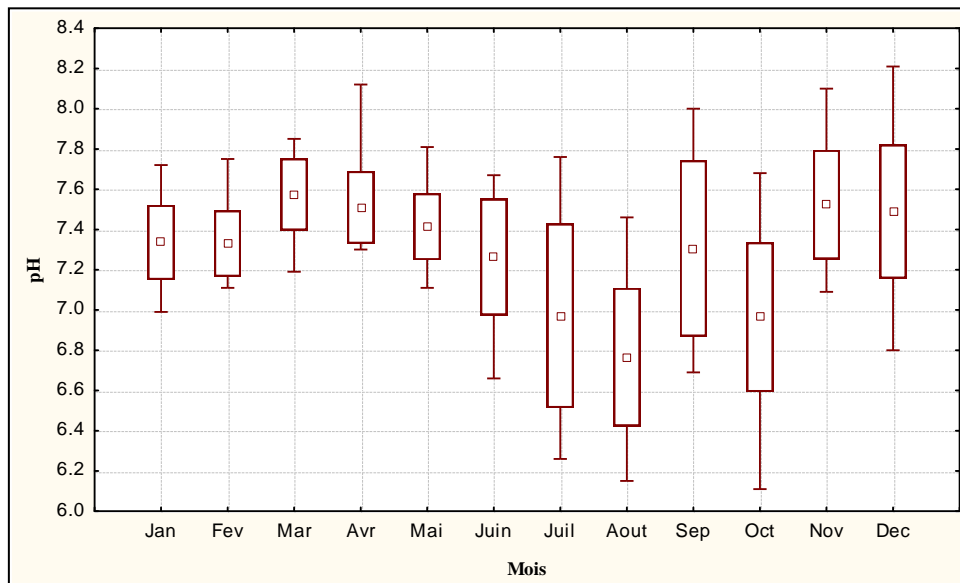


Figure IV.2: Variation mensuelle de pH des eaux d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Les valeurs du pH des eaux d'irrigation **Tableau IV.2** et la **Figure IV.2** varient d'un minimum de 6.11 (octobre) à un maximum de 8.21 (décembre) avec une moyenne de 7.29. Ces valeurs sont proches de celles trouvées par **Djeddi (2007)** à la STEP de Constantine où le pH est de 8.16 et celles enregistrées à la station de Ouargla qui varient de 7.4 à 7.76 (**Attab, 2011**). D'une manière générale, ces résultats sont neutres avec une tendance vers l'alcalinité et répondent aux normes (6.5 – 8.5) fixées par (**JORA, 2012**) à l'exception de quelques valeurs enregistrées en juillet (6.26 et 6.31), août (6.19 et 6.23) et octobre (6.11 et 6.34) légèrement inférieures à la norme minimale (6.5), Cependant, ces résultats restent proches à les normes.

II.1.3. Variation de la conductivité électrique (CE)

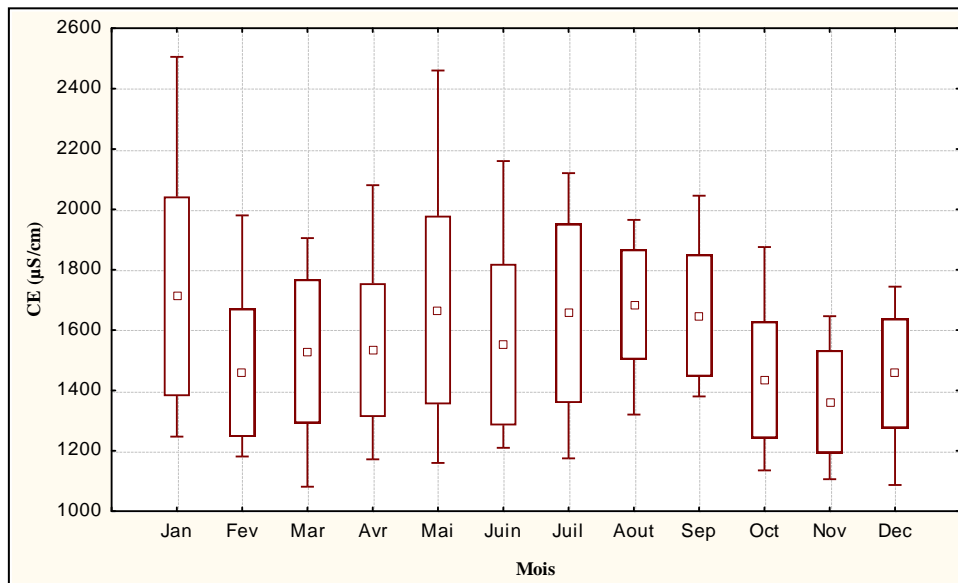


Figure IV.3: Variation mensuelle de la conductivité électrique des eaux d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Dans le **Tableau IV.2** et la **Figure IV.3**, les valeurs de CE de l'eau d'irrigation variaient d'une valeur minimale de 1081 $\mu\text{S/cm}$ enregistrée en mars à une valeur maximale de 2505 $\mu\text{S/cm}$ enregistrée en janvier, avec une valeur moyenne de 1556.25 $\mu\text{S/cm}$. Selon **Gaujous (1995)**, ces valeurs reflètent une minéralisation importante et indiquent donc une certaine abondance de sels. Ces valeurs sont cohérentes avec celles relevées par **Djeddi (2007)** et **Abbas et Raselma (2017)** à la STEP de Constantine et Khemis Meliana successivement. Ces résultats sont conformes aux spécifications (3000 $\mu\text{S/cm}$) pour les eaux usées traitées à des fins d'irrigation (**JORA, 2012**).

II.1.4. Variation de la teneur en oxygène dissous (OD)

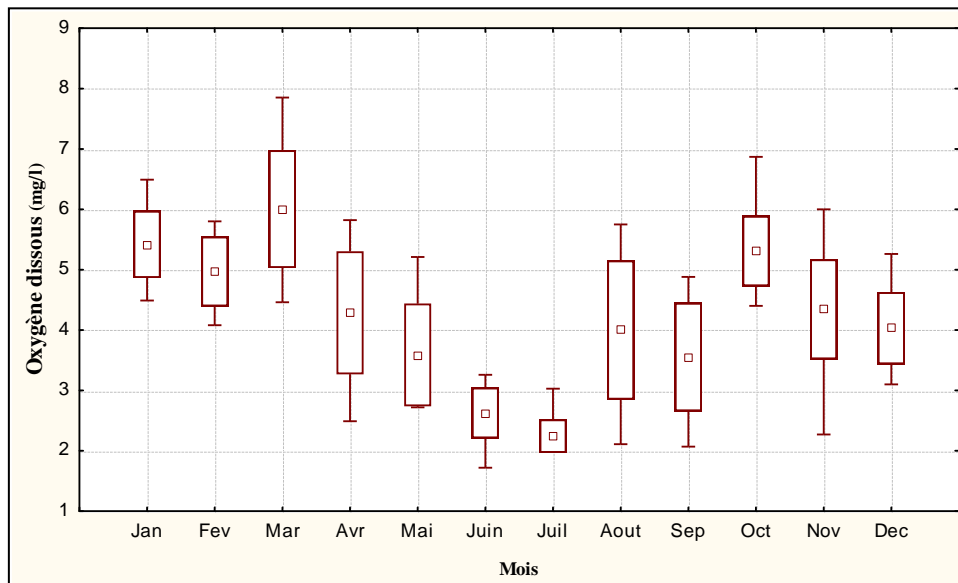


Figure IV.4: Variation mensuelle de la teneur en oxygène dissous de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Les valeurs de l'OD de l'eau d'irrigation mentionnées dans le **Tableau IV.2** et la **Figure IV.4** varient d'un minimum de 1.72 mg/l (Juin) à un maximum de 7.85 mg/l (Mars) et d'une moyenne annuelle de 4.22 mg/l, Ceci est dû à une bonne aération nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques au niveau du bassin biologique, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées. Ces résultats sont nettement inférieurs à ceux trouvés par **Attab (2011)** à Ouargla (7.4 et 7.76 mg/l). Selon **Rodier (2009)**, les variations de la teneur en oxygène peuvent être fonction de la présence d'algues, de matières organiques, d'organismes et de germes aérobies et aussi de la solubilité de l'oxygène qui dépend de la température et de même de la pression atmosphérique. Selon l'**ABH (2009)**, une eau dont la teneur en oxygène dissous est supérieure à 7 est considérée comme une eau de surface de bonne qualité.

II.1.5. Variation de la teneur en matière en suspension (MES)

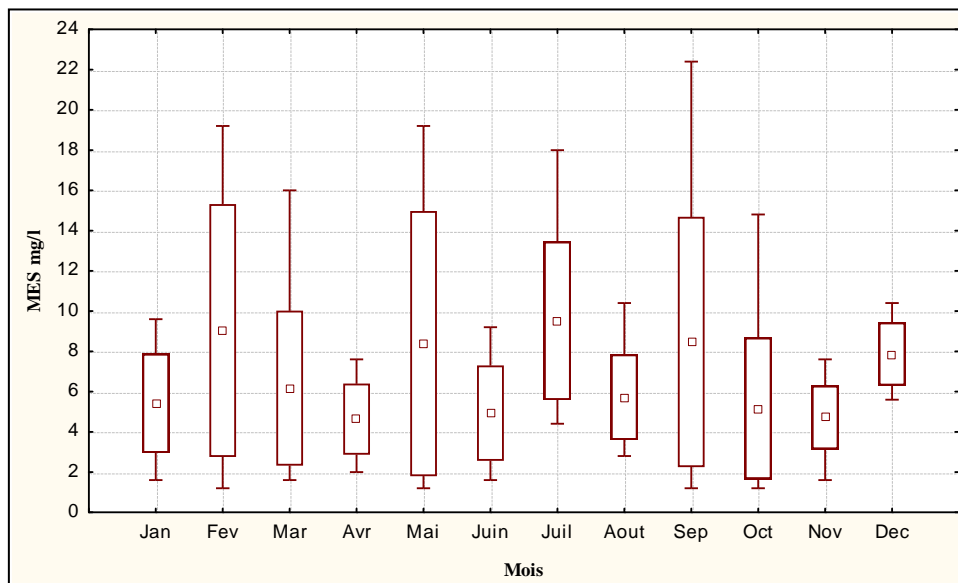


Figure IV.5: Variation mensuelle de la teneur en matières en suspension de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, diminution de la capacité d'épuration de la station, détérioration du matériel par l'abrasion, ainsi que perturbation de l'écosystème, etc.) (Draa El Guendoul et Lounis, 2017).

Les résultats du **Tableau IV.2** et de la **Figure IV.5** révèlent que les valeurs des MES varient d'un minimum de 1.20 mg/l à un maximum de 22.4 mg/l enregistrés en septembre, avec une moyenne annuelle de 8.47 mg/l ce qui implique l'efficacité de l'étape de coagulation floculation ainsi la sédimentation au niveau du clarificateur. Ces valeurs coïncident avec celles trouvées par **Attab (2011)** à Ouargla, par **Djeddi (2007)** à Constantine et hautement différentes de celles trouvées par **Metahri (2012)** à Tizi Ouzou. Ces résultats ne dépassent pas 30 mg/l répondant ainsi aux normes fixées dans **JORA (2012)**.

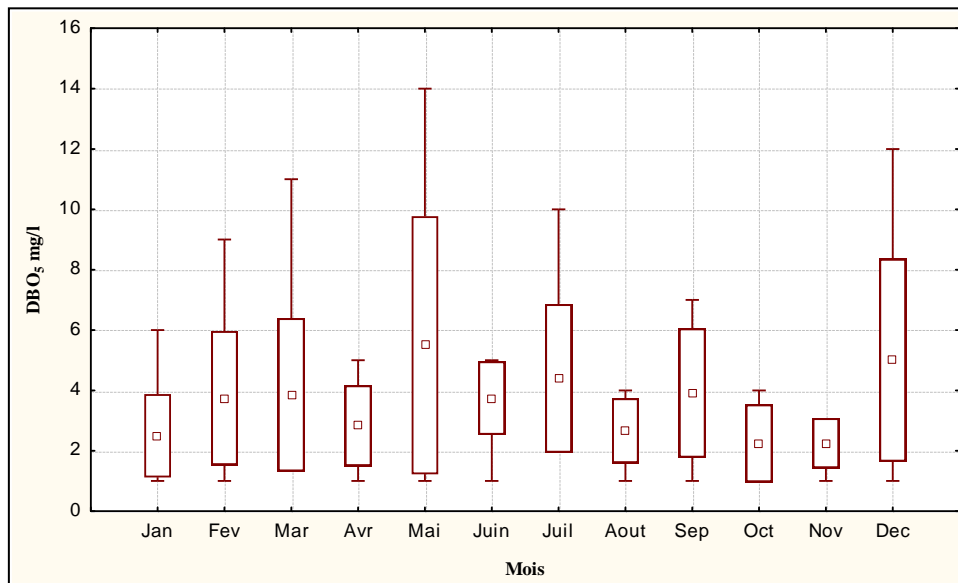
II.1.6. Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Figure IV.6: Variation mensuelle de la demande biochimique en oxygène de la STEP de Sidi Merouane (2022)

La DBO₅, un paramètre très significatif et révélateur pour l'appréciation de la qualité des eaux. Elle est également une expression pour indiquer la quantité d'oxygène utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques (Xanthoulis, 1993).

Les résultats obtenus du **Tableau IV.2** et de la **Figure IV.6** montrent des différences des valeurs de la DBO₅ varient d'un minimum de 1mg/l observés sur toute l'année et d'un maximum de 14 mg/l enregistré le mois de mars, avec une moyenne annuelle de 3.52mg/l. Les résultats montrent clairement qu'il y'a une élimination significative d'une quantité de la pollution organique biodégradable par la station, bien qu'il ait une fluctuation d'une période à l'autre. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par **Oubadi (2012)** à Naama et **Metahri (2012)** à Tizi Ouzou. Ces résultats témoignent de l'efficacité du traitement par boue activée.

Ces valeurs restent inférieures à la norme 30mg/l correspondant aux spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (**JORA, 2012**).

II.1.7. Variation de la demande chimique en oxygène (DCO)

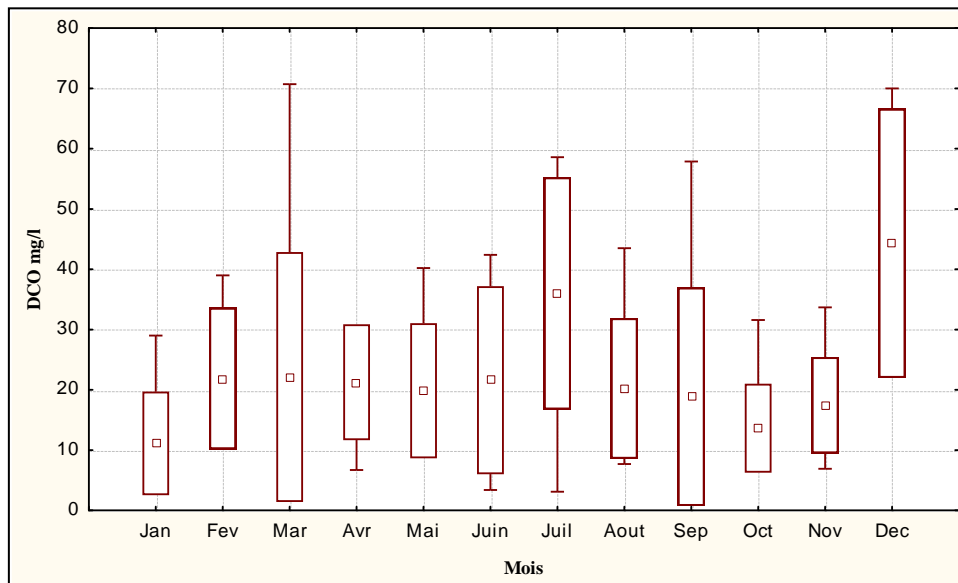


Figure IV.7: Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène de la STEP de Sidi Merouane (2022)

La demande chimique en oxygène DCO, exprimée en mg d'O₂/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau (Grosclaude, 1999).

Les résultats du **Tableau IV.2** et de la **Figure IV.7** montrent que les valeurs de la DCO de l'eau d'irrigation varient entre un minimum de 3 mg/l enregistré en septembre et un maximum de 70.70mg/l enregistré en mars avec une moyenne annuelle de 20.94 mg/l. Nos résultats sont nettement inférieurs à ceux trouvés par **Attab (2011)** à Ouargla avec une moyenne de 78.66 mg/l et **Metahri (2012)** à Tizi Ouzou avec une moyenne de 72.3 mg/l. Nos résultats sont inférieurs à 90 mg O₂/l, limite fixée par les spécifications des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (**JORA, 2012**).

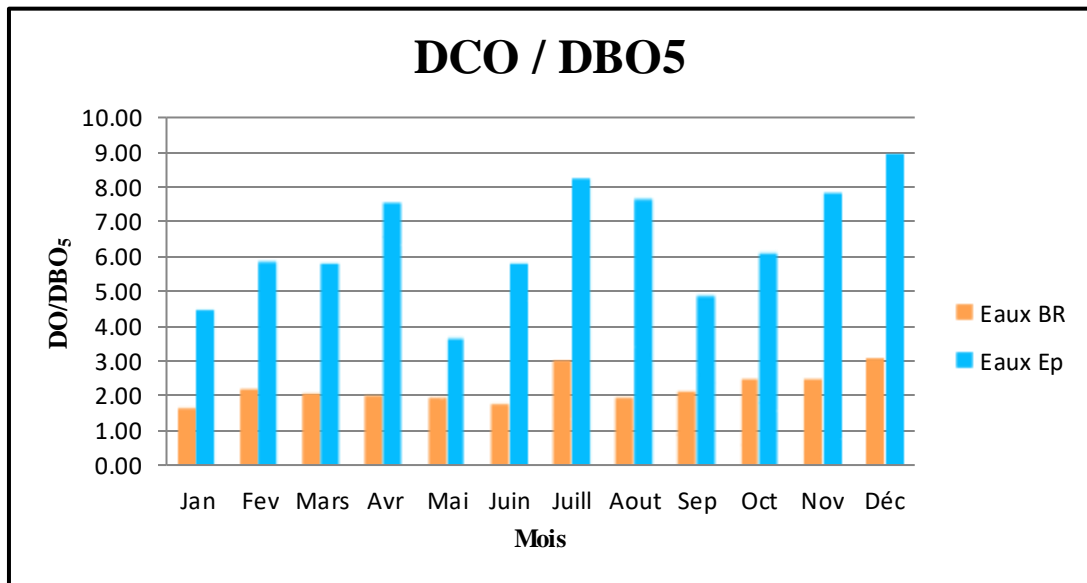
II.1.8. Variation de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO₅

Figure IV.8: Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO₅ de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Les résultats que nous avons obtenus **Figure IV.8**, nous ont montrés que les valeurs de l'indice de biodégradabilité des eaux brutes à l'entrée de la STEP sont comprises entre 1.62 et 3.01 avec une moyenne de 2.10 ce qui nous indique que l'effluent à traité sont généralement facilement biodégradable. Tandis que pour l'eau traitée destinée à l'irrigation (sortie de la STEP), les valeurs de cet indice sont comprises entre 3.61 et 8.62, cette augmentation est due à la réduction de la fraction biodégradable de la matière organique lors du traitement d'épuration (**Ghedeir et Abid, 2016**).

II.1.9. Variation de la teneur des composés azotés : Azote total (NT), azote ammoniacal (NH_3^+), nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-)

Tableau IV.3 : Les valeurs mensuel des composés azotés de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Mois	NH_3^+ (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NT (mg/l)
Jan	0.41	1.3	0.23	4.7
Fév	0.3	1	0.18	5.17
Mar	0.67	1	0.13	1.11
Avr	0.39	1.3	0.32	3.6
Mai	1.25	2.1	0.41	6.5
Juin	0.3	1	0.05	6.1
Juill	1.42	1.2	1.2	2.34
Aout	1.53	1.6	0.11	9.37
Sép	0.22	1.4	0.1	9.3
Oct	0.13	1.8	0.04	2.15
Nov	0.21	1	0.14	3.1
Déc	1.18	2	0.37	1.74

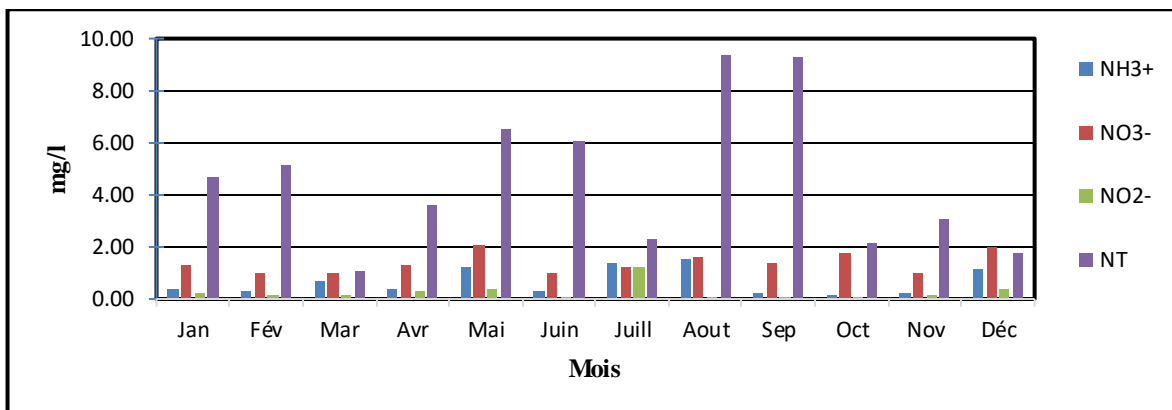


Figure IV.9: Variation mensuelle des composés azotés de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Les dosages d'ammoniac, de nitrite et de nitrate ont été effectués une fois par mois sur une durée de 12 mois successif d'observation.

Les résultats **Figure IV.9** ont montré que le maximum enregistré en juillet était de 9,37 mg/l, tandis que le minimum enregistré en mars était de 1,11 mg/l, avec une moyenne annuelle de 4,6 mg/l.

Les valeurs de NH_3 varient de 0.13 mg/l à 1.53 mg/l avec une moyenne de 0.67 mg/l et elles sont nettement inférieures à celle trouvées par **Attab (2011)** à Ouargla (28.5 mg/l).

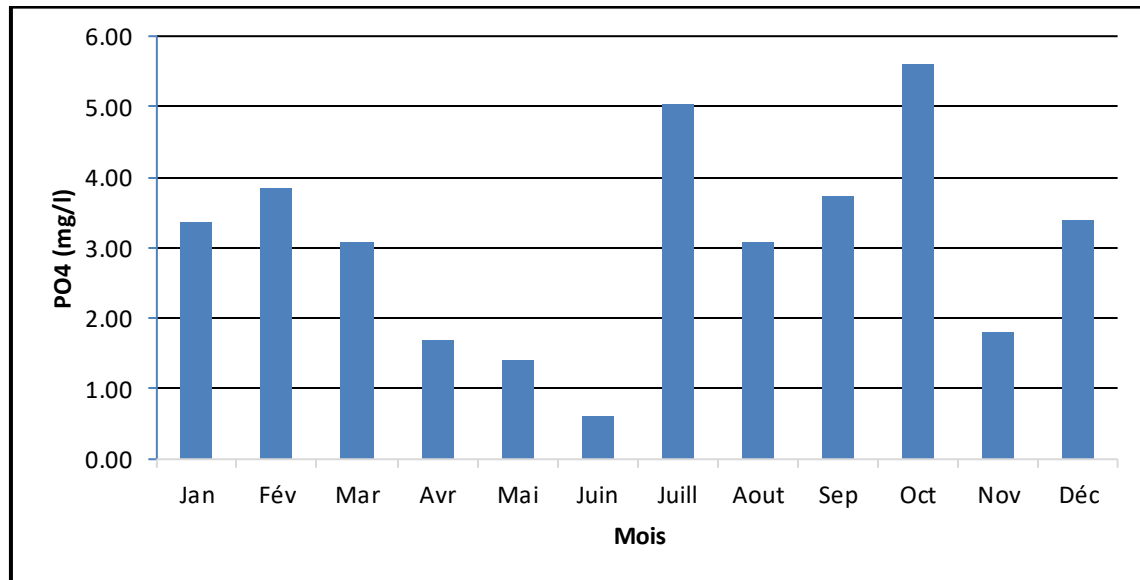
Pratiquement, une valeur de 0.9 mg/l est considérée acceptable (**OMS, 1989**). Bien que les valeurs des nitrites (NO_2) varient de 0.04 mg/l à 1.2 mg/l avec une valeur moyenne de l'ordre de 0.27 mg/l, l'eau d'irrigation issue de la STEP est donc considérée bonne qualité selon la grille d'évaluation de la qualité des eaux superficielle établie par **l'ABH (2009)**. Les résultats de NO_2 sont légèrement supérieurs à ceux trouvés par **Attab (2011)** à Ouargla (0.073 mg/l) et inférieurs à ceux de **Djeddi (2007)** à Constantine (1.82 mg/l).

Tandis que les nitrates (NO_3) varient d'un minimum de 1 mg/l à un maximum de 2.1 mg/l avec une moyenne de 1.39 mg/l, Ces résultats sont nettement inférieurs à ceux trouvés par **Attab (2011)** à Ouargla (36.20 mg/l) et **Bentouati et Bouzidi (2011)** à Sétif (126.80 mg/l). Ces valeurs moyennes des nitrates des eaux épurées issues de la STEP de Sidi Merouane sont inférieures à la valeur prescrite (30mg/l) par la norme Algérienne des spécifications des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (**JORA, 2012**).

Nous avons observé une bonne élimination de l'azote pendant la campagne de d'étude, car le taux d'élimination de l'ammoniac, du nitrate et du nitrite entre l'entrée et la sortie de la STEP est dû à la réduction continue de l'azote gazeux, principalement par dénitrification dans le bassin d'aération, grâce à des bactéries spécifiques telles que Nitrosomonas et Nitrobacter (**Bourenane et Zaouia, 2018**).

II.1.10. Variation de la teneur en phosphore (PO_4^{3-})**Tableau IV.4 :** Les valeurs mensuel de la teneur en phosphore de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sép	Oct	Nov	Déc
P-PO4 (mg/l)	3.36	3.84	3.08	1.68	1.42	0.62	5.04	3.08	3.72	5.6	1.8	3.4

**Figure IV.10:** Variation mensuelle de la teneur en phosphore de l'eau d'irrigation de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Le phosphore des eaux usées, qu'il soit granulaire ou soluble, est principalement composé de : phosphore inorganique (polyphosphate principalement) et ortho-phosphate dont une partie provient de l'hydrolyse du poly-phosphate, phosphore organique : phospholipides, esters, polynucléotides, ATP, ADP. (Deronzier et Choubert, 2004).

D'après les résultats obtenus dans le **Tableau IV.4** et la **Figure IV.10**, les concentrations d'ortho-phosphate (P-PO4) dans l'eau d'irrigation variaient d'un minimum de 0,62 mg/l à un maximum de 5,60 mg/l avec une moyenne de 3,05 mg/l, qui est dû à une transformation des Organo-phosphates en polyphosphates et ortho-phosphates en raison de l'activité microbienne. Ces résultats sont proches de ceux obtenus à Ouargla (3,14 mg/l) par (Attab, 2011) et supérieurs à ceux obtenus à Constantine (0,72 mg/l) par (Djeddi, 2007).

Ces valeurs sont élevées et dépassent les normes Algériennes limitées à 2 mg/l (JORA, 2006) ; (ABH, 2009) et celle de l'eau d'irrigation qui ne doit pas dépasser 0,94 mg/l et 0.1 mg/l (OMS, 1989), Cela est un indicateur d'une dé-phosphatation insuffisant dû à l'absence d'injection de chlorure ferrique (FeCl_3) dans les bassins biologiques, car ces derniers fixent le phosphore et l'éliminent, et ce processus est appelé la coagulation.

III. Evaluation des performances de la STEP de Sidi Merouane

L'évaluation des performances d'une station d'épuration des eaux usées est essentielle pour garantir son bon fonctionnement et sa conformité aux normes environnementales. Cette évaluation permet de mesurer l'efficacité des processus de traitement et d'identifier d'éventuels problèmes ou besoins d'amélioration.

III.1. Variation du débit de la STEP

L'évaluation du débit dans une STEP est d'une grande importance en raison de de prévoir les variations saisonnières ou journalières du débit des eaux usées. Cela est particulièrement important pour dimensionner les infrastructures de stockage, comme les bassins de régulation, qui permettent de lisser les fluctuations de débit et de maintenir un fonctionnement stable de la STEP, même en cas de variations importantes du débit entrant.

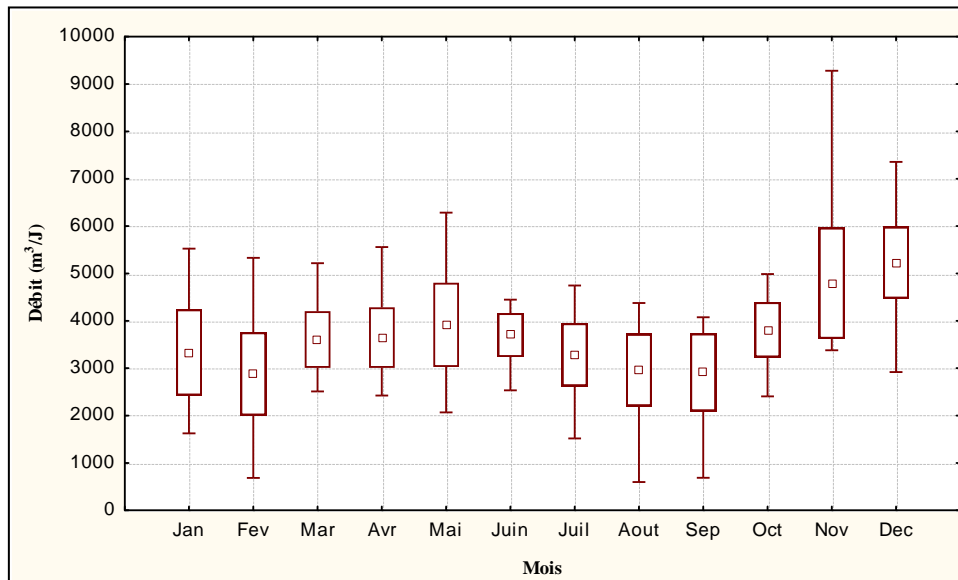


Figure IV.11 : Variation mensuelle du débit de la STEP de Sidi Merouane (2022)

Dans les résultats obtenus du **Tableau IV.2** et de la **Figure IV.11**, les valeurs de débit ont varié entre un minimum de 595 m³/j (août), un maximum de 9281m³/j (novembre) et une moyenne de 3670.205m³/j et n'ont jamais dépassé les débits nominaux à temps sec (20650m³/j) et en période de pluie (25340 m³/j) sur toute la période d'observation.

III.2. Rendement et taux d'épuration

Le rendement de la STEP est calculé ci-dessous

$$Rendement = \frac{\text{entrée} - \text{sortie}}{\text{entrée}} \times 100 (\%)$$

Tableau IV.5 : Rendement et taux d'épuration mensuels (%)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
MES	98.66	97.96	98.66	98.92	98.22	98.83	97.60	98.65	97.78	98.85	99.18	98.30
DCO	97.46	96.52	95.54	95.98	95.86	95.54	93.16	95.16	95.78	97.54	97.33	96.35
DBO5	99.08	98.71	98.42	98.94	97.80	98.66	97.56	98.80	98.17	99.03	99.16	98.76
TAUX	98.40	97.63	97.74	97.62	97.49	96.89	96.82	97.39	97.86	98.52	98.18	97.81

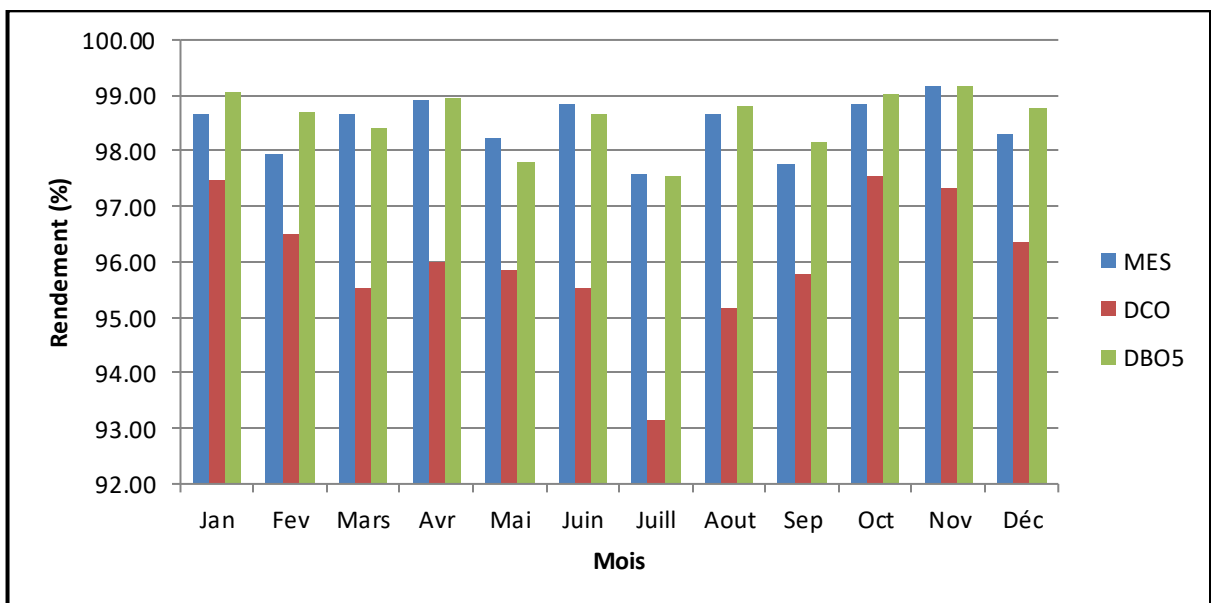


Figure IV.12: Variation mensuelle du rendement d'épuration (2022)

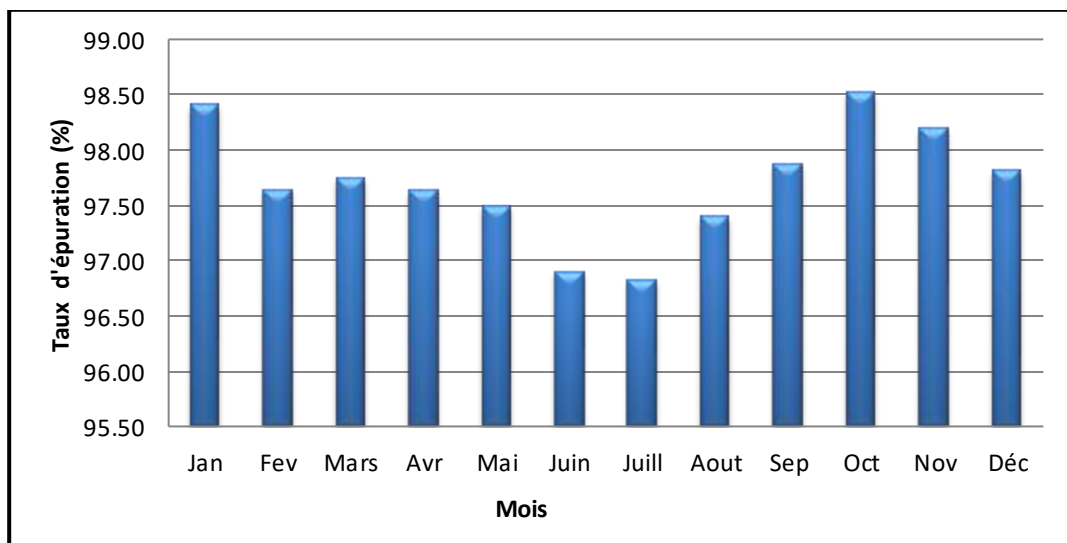
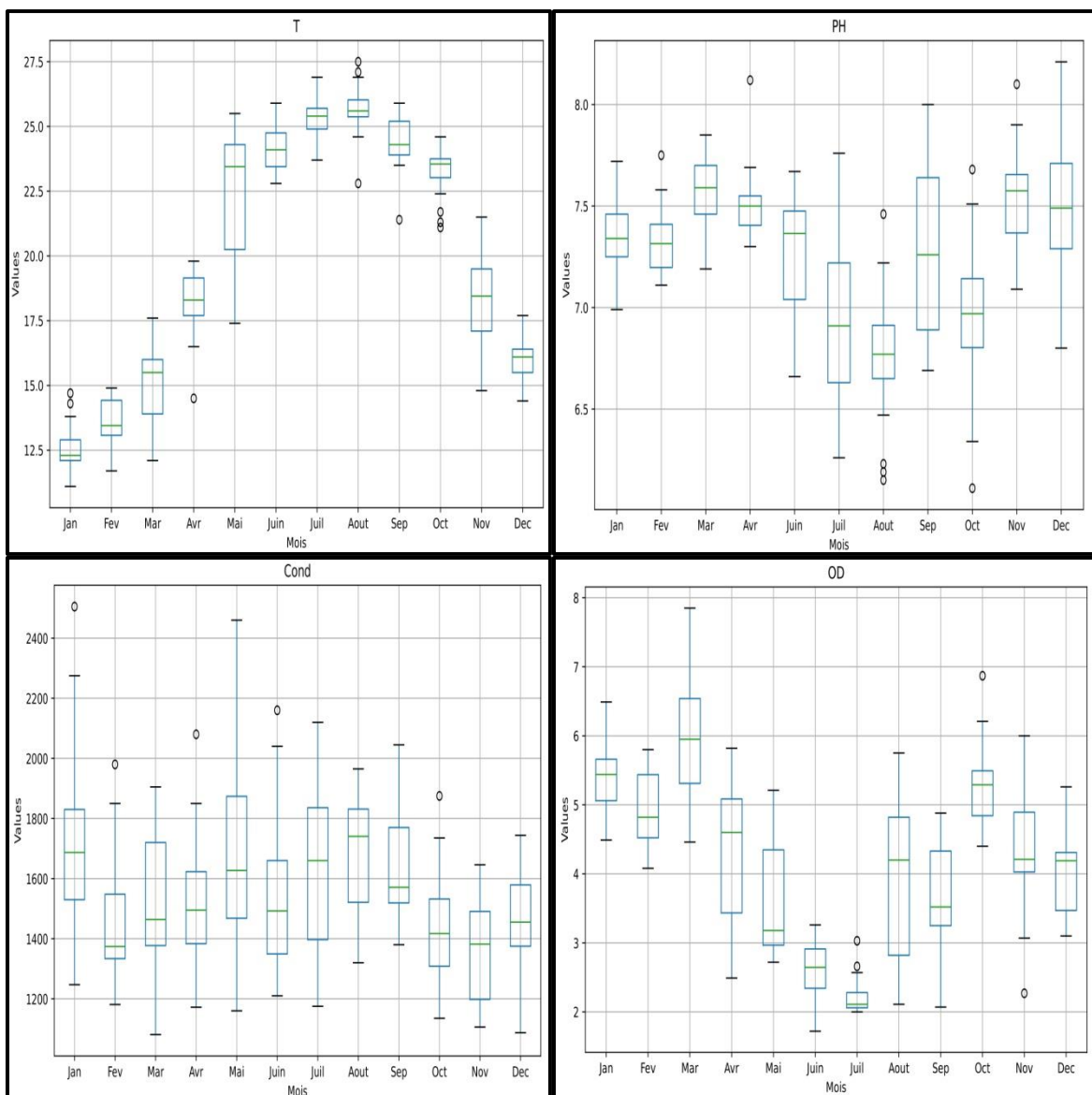


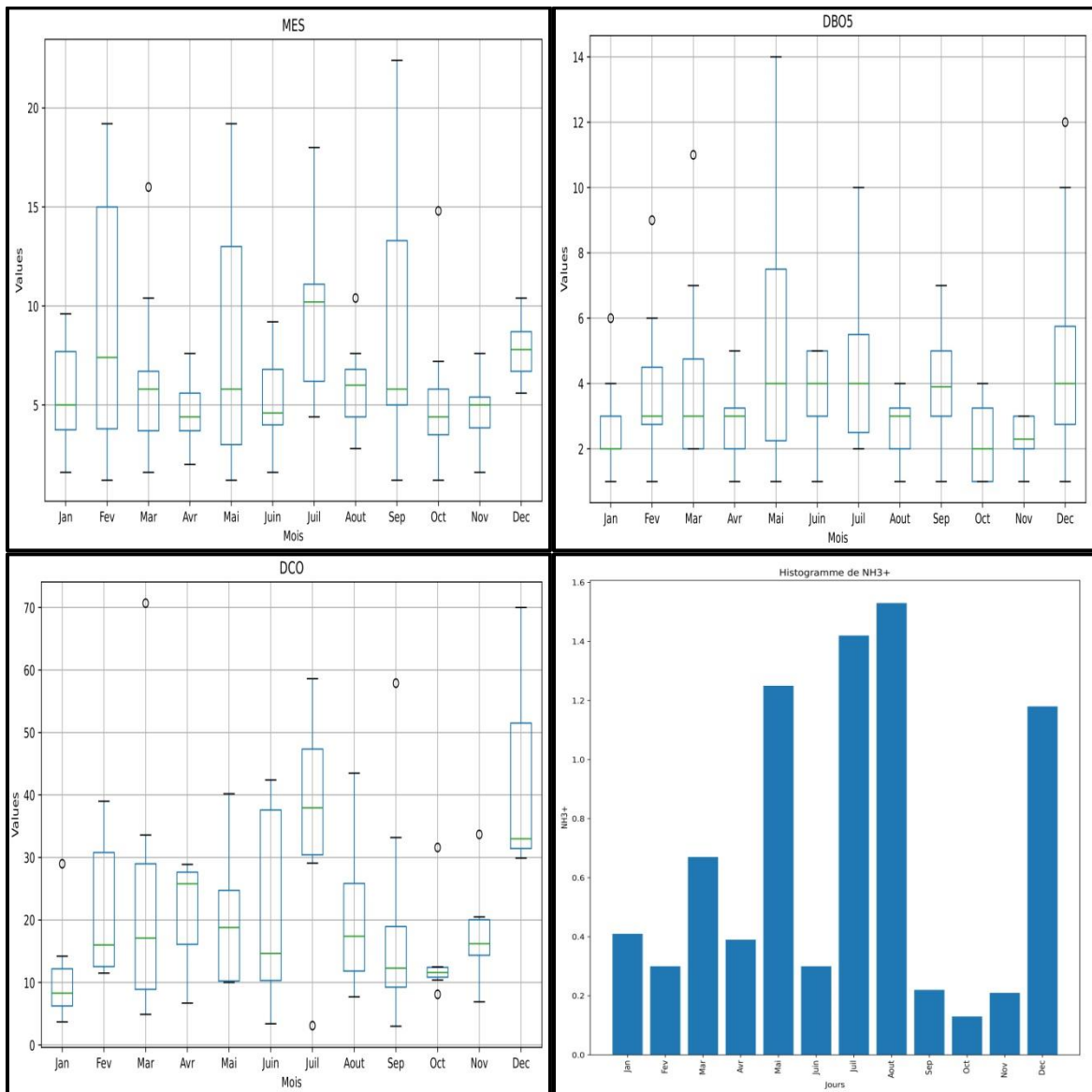
Figure IV.13: Variation mensuelle du taux d'épuration (2022)

Ces résultats (**Tableau IV.5** et **Figure IV.12**) montrent que les rendements d'élimination de MES, DBO₅ et DCO sont supérieur à 90% tout au long de la période d'observation. Nous avons également remarqué que le taux d'épuration (**Figure IV.13**) varie d'un minimum de 96.82 % en mois de juillet à un maximum de 98.52 % en octobre avec une moyenne de 97.69% d'où l'on peut déduire l'efficacité du traitement, par boue activée, pour éliminer les matières en suspension et organiques.

IV. Validation des données par le modèle ABSAT

Dans cette partie, ce modèle vise à faciliter la prise de décisions éclairées et optimales pour le fonctionnement et la gestion de la STEP.





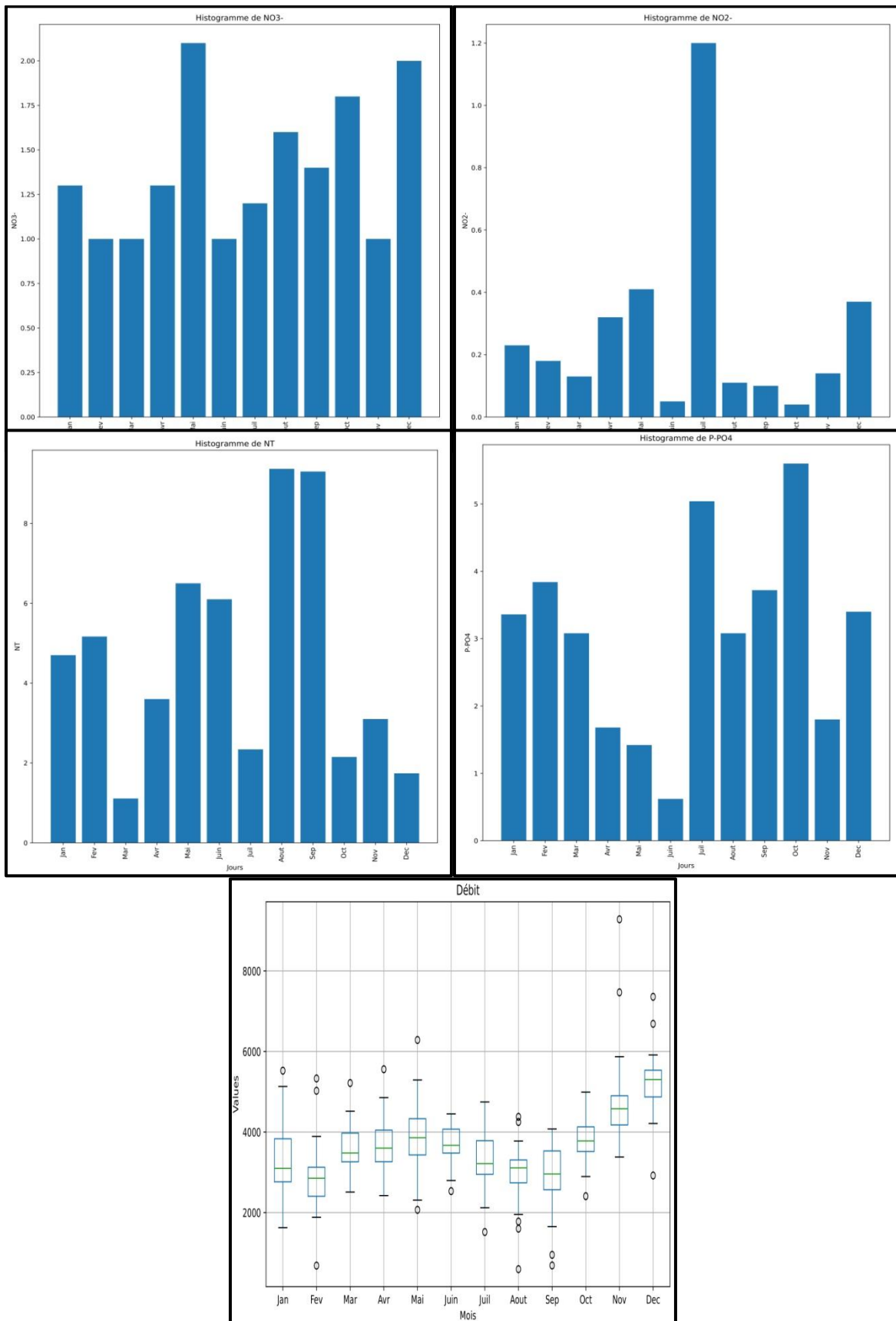


Figure IV.14: Variation des Paramètres physico-chimiques de la STEP Sidi Merouane par ABSAT

Quand en compare les résultats de variation d'analyse physico-chimiques des eaux usées travaillé par logiciel STATISTICA (Figure IV.1 à Figure IV.14), et les résultats d'analyses travaillé par notre logiciel ABSAT (Figure IV.17) on distingue les même variation plot, donc notre code ABSAT est donne des résultats précise et facilité le traitement des données.

V. Application sur ABSAT

Nous avons les données suivantes pour 12 jours aléatoires de l'année 2022, nous avons utilisé ces données pour analyser et déterminer si notre eau traitée est acceptable pour l'irrigation ou non, selon les normes algériennes des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (JORA, 2012) et les normes de l'eau d'irrigation (OMS, 1989).

Tableau IV.6: Les paramètres physico-chimique de STEP Sidi Merouane

Jours	T	PH	CE	MES	DBO ₅	DCO	NO ₃ -
Unite	C °	/	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
26/1/2022	11.8	7.34	1850	9.6	4.0	29.0	1.30
23/2/2022	14.5	7.47	1362	5.6	1.0	12.6	1.00
30/3/2022	17.4	7.47	1393	10.4	4.0	8.9	1.00
27/4/2022	19.8	7.69	1172	2.0	1.0	24.0	1.30
25/5/2022	24.2	7.46	1625	18.4	11.0	40.2	2.10
27/6/2022	24.1	6.73	1933	6.8	3.0	15.3	1.00
27/7/2022	26.4	7.41	1995	18.0	4.0	58.6	1.20
25/8/2022	22.8	7.18	1755	10.4	4.0	25.4	1.60
28/9/2022	23.6	7.72	1380	1.2	3.0	8.5	1.40
26/10/2022	22.4	7.47	1493	1.2	2.0	8.1	3.80
28/11/2022	16.2	7.67	1249	5.2	2.0	10.6	1.00
28/12/2022	15.5	8.21	1342	6.8	12.0	70.0	2.00

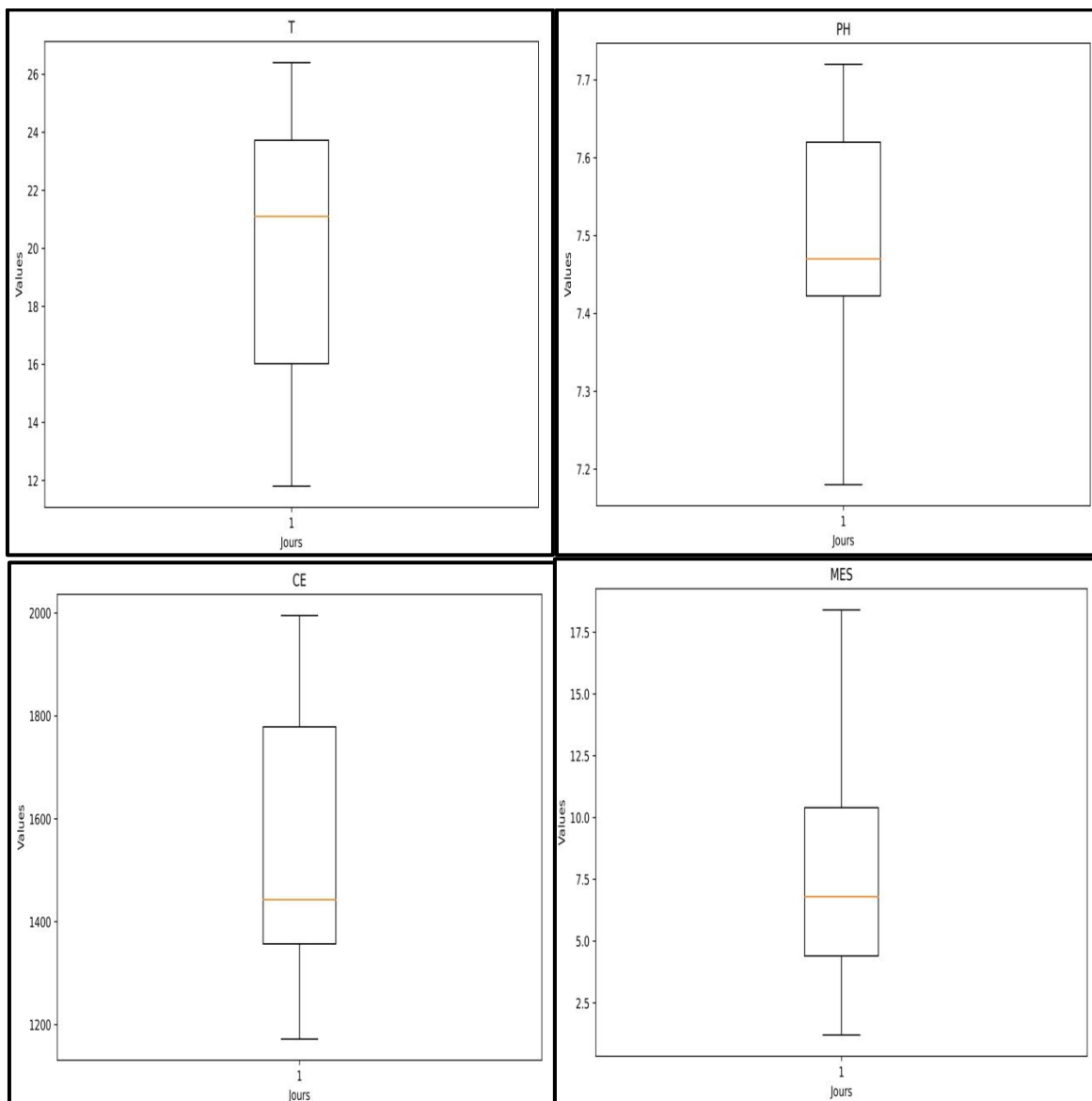
Les résultats ci-dessous présents la comparaison des paramètres des eaux traitée avec les normes algériennes des eaux usées épurées utilisé à des fins d'irrigation (JORA, 2012) et les normes internationales des eaux d'irrigation selon (OMS, 1989).

Tableau IV.7 : Décision du modèle ABSAT

Jours	MES	DCO	DBO ₅	NO ₃ -	PH	T	CE	Pourcentage	Décision
2022-01-26	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-02-23	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-03-30	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-04-27	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-05-25	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-06-27	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-07-27	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-08-25	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-09-28	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-10-26	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-11-28	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue
2022-12-28	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	100.00%	Irrigue

* IN : si la valeur est dans les limites spécifiées on irrigue,

* OUT : si la valeur est hors limites spécifiées, on n'irrigue pas.



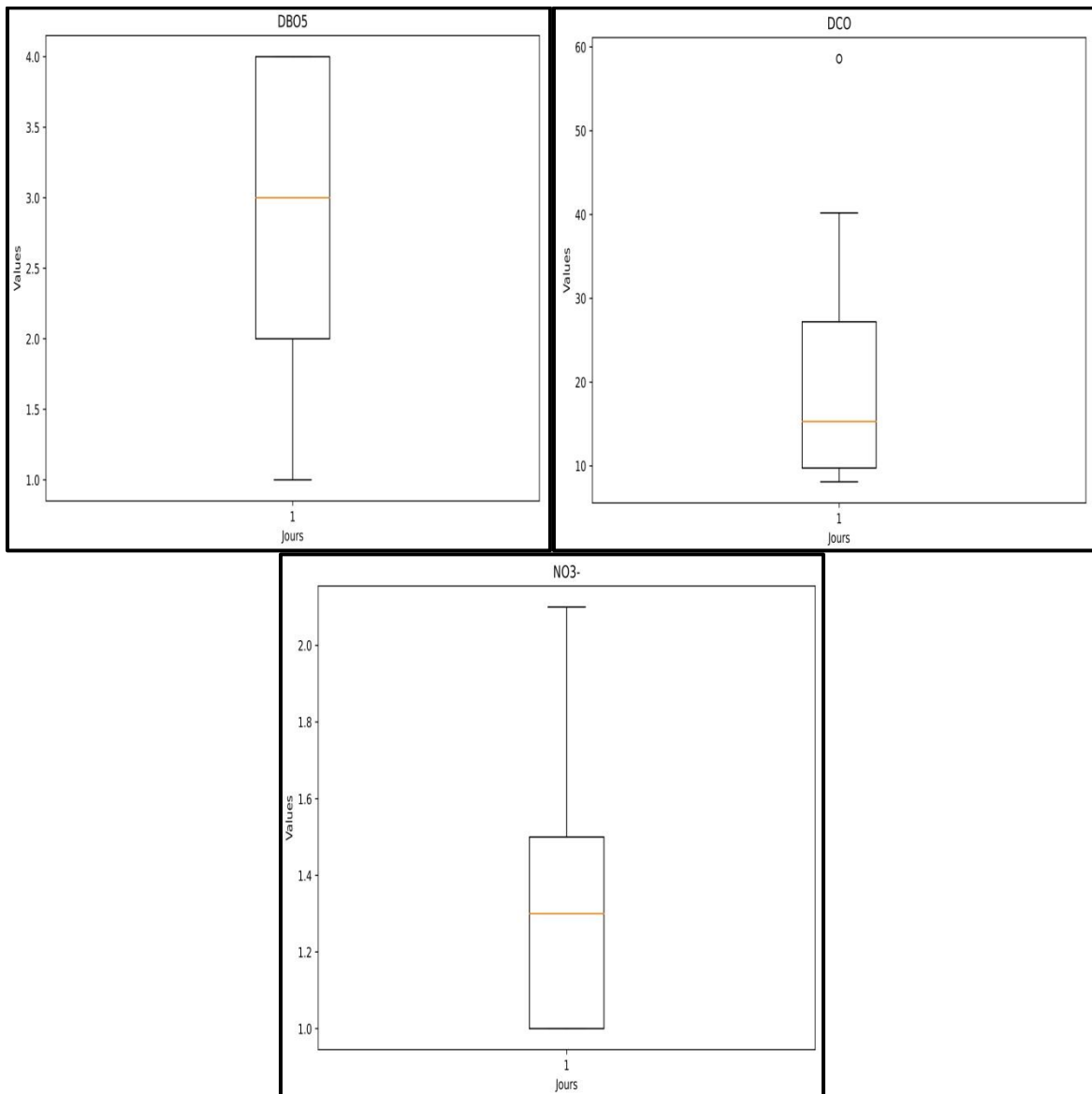


Figure IV.15: Variation des Paramètres Physico-chimique de la STEP Sidi Merouane d'après ABSAT

Le **Tableau IV.7** présenter le résultat de Détermine si la valeur est dans les limites spécifiées et assigne "IN", sinon assigne "OUT", puis on à le parentage qui indique les parentages des valeurs dans les normes spécifiées, et la décision qui fonction si le pourcentage est supérieur ou égal à 80 %, la décision est "Irrigue", sinon c'est "N'irrigue pas", et le **Figure IV.15** présenter la variation de ces paramètres.

On remarque que tout le résultat indique que l'eau traitée à la STEP Sidi Merouane et acceptable pour l'irrigation.

Cela signifie que les valeurs mesurées se situent dans les limites imposées et que le pourcentage de filiation est suffisamment élevé pour permettre une irrigation adéquate. Ces résultats sont encouragés et reconnus que la STEP Sidi Merouane fournit une qualité appropriée pour une utilisation en irrigation.

VI. Conclusion

En conclusion, l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles présente des opportunités et des défis qui nécessitent une analyse approfondie et une gestion adéquate. Cette partie résultats et discussion contribuera à l'expansion des connaissances sur l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture, en fournissant des informations essentielles pour une prise de décision éclairée et une gestion responsable de cette pratique prometteuse.



Conclusion
Générale



Conclusion :

L'objectif de cette recherche est de donner un aperçu général sur les différents procédés de traitement des eaux usées au sein de la STEP de Sidi Merouane qui fonctionne à un régime de faible charge. Les analyses physico-chimiques sont souvent utilisées pour étudier et vérifier l'état de santé d'un écosystème aquatique. Ainsi au cours de cette étude réalisée (depuis Janvier 2022 jusqu'à Décembre 2022).

Les résultats ont montré que les concentrations nitrate (1.39 mg/l), nitrite (0.27 mg/l) et ammonium (0.67 mg/l) dans la plupart des cas sont des concentrations acceptables et répondant aux normes spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (JORA, 2012), ce qui se traduit donc par un traitement efficace sauf pour le phosphate (PO_4) qui présente une concentration très élevée de l'ordre de (3.053 mg/l) à cause de l'absence de coagulant. Alors que les différents paramètres analysés indiquent évidemment une pollution importante, Cette eau usée présente une température moyenne ne dépassant pas 30°C, un pH neutre à légèrement basique (7.29) favorable à un traitement biologique, la conductivité électrique convenable, une DBO_5 acceptable et une augmentation en oxygène dissout.

L'étude des performances de la STEP de Sidi Merouane a montré une élimination presque totale de la DCO avec un rendement de 96.02%, la DBO_5 avec 98.59 % et MES de l'ordre de 98.47% avec un taux d'épuration moyen de 97.70%

Le modèle informatique élaboré pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau produite par la STEP s'est avéré être une approche innovante et un outil efficace et précieux pour assurer une surveillance continue de la qualité de l'eau et prendre des décisions éclairées dans le processus de gestion de la STEP du fait qu'il offre la possibilité de visualiser et d'interpréter les résultats de manière conviviale et contribuant à la préservation de l'environnement et à la protection de la santé publique.

En plus de l'eau épurée produite par la STEP, elle génère aussi des quantités énormes de boues activées qui représentent également un défi de gestion important. Ces boues contiennent des matières organiques et des nutriments qui peuvent être valorisés de différentes manières, contribuant à la réduction des déchets et à la production d'énergie renouvelable

Conclusion Générale

Il est donc essentiel de développer des approches durables et intégrées pour maximiser les avantages environnementaux, économiques et sociaux de cette valorisation et mettre en place des stratégies de gestion appropriées telles que :

- 1- Elaboration et renforcement d'une législation appropriée pour le secteur de l'assainissement des eaux usées et les établissements industriels qui doivent traiter les déchets avant leur rejet dans le milieu récepteur, à cet effet des systèmes locaux de prétraitement doivent s'installer,
- 2- Une proposition peut donc être faite qui impliquera une étude approfondie sur la qualité et la valorisation des boues activées, car à ce moment, la STEP de Sidi Merouane génère des quantités énormes de substances qui peuvent poser de sérieux problèmes lors de leur stockage (l'eau de pluie s'infiltré à l'intérieur et remplit substances minérales et composés organiques) sans aucune mesure pour s'assurer qu'ils ne sont pas nocifs pour l'environnement.
- 3- Une fois la qualité des boues activées, elles sont utilisées pour l'épandage direct, le compostage ou la méthanisation



Référence

Bibliographique



Référence bibliographique

1. **Abbas S., Raselma S., 2017.** Dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Khemis Miliana, Mémoire de Master, des Sciences et de la Technologie, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana.
2. **ABH, 2009.** Grille de la qualité des eaux superficielles en Algérie.
3. **Abibsi., 2011.** L'épuration des eaux. Théorie et technologie .Ed.CEBEDOC.
4. **Ademe. , 2001.** Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture - dossier documentaire.
5. **Agrigon, A. 2000.** Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments. Dunod, 206.
6. **Amine S., 2008.** Algérie: sur les 300 stations d'épuration, seules 36 sont fonctionnelles. Mon journal (DZ), Algérie, <http://archives.tsa.algerie.com/divers>.
7. **Amino, A., Chaussepied, M. 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. France.
8. **APS, 2014.** L'Algérie aura 200 stations d'épuration d'eau en 2015 (ONA). Algérie presse service Algérie. P
9. **Attab S., 2011.** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAUD BERKAROU par l'utilisation d'un filtre à sables local. Mémoire de Magister en Biologie, Université Kasdi Merbah, Ouargla.
10. **Baumont, S., Camard, J.P., Le franc, A., Franconi, A. 2005.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile de France, institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile de France.
11. **Belahmadi, M. 2011.** Etude de la biodégradation du 2,4 - dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie, de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad. Thèse de Magister. Université Mentouri- Constantine.
12. **BEN KHALIFA et Ali DERKI I. 2019.** Étude de performance du système de lagunage aéré dans quelques stations d'épuration Dans la région d'Oued Souf, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued
13. **Bentouati L., Bouzidi A., (2011).** Etude de la qualité des eaux souterraines de la Wilaya de Sétif, Journal of Science Lib Editions Mersenne.
14. **Berranem A, 2012.** Impact de l'irrigation par les eaux de la moyenne Seybouse sur les sols et les rendements des cultures. Thèse de magister. Université de Badji Mokhtar Annaba.
15. **Bonnin., 1977.** Les boues d'épuration agricoles. Courrier de l'Environnement n°41
16. **Bouallegue M., 2010.** Des métaux dans les boues de stations d'épuration ? Conséquences, origines et prévention. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement.
17. **Boumedienne M., 2013.** Effet des boues activées sur quelques paramètres morpho-physiologiques de jeunes plants *Vicia Fabes Var -minorde minor* .Thèse de Doctorat, univ. A. MIRA – Bejaia
18. **BOURENANE I et ZAOUIA I., 2018.** Etude du fonctionnement de la station d'épuration (STEP) d'Ain-Beida à boues activée et son impact sur l'environnement, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences biologiques, Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.
19. **Bouroubi Ouadfel Y, S.A.** Réseaux de surveillance des ressources en eaux du Nord-est algérien, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), Algérie.
20. **Bourven, I. 2012.** Caractérisation de la fonction organique et minérale de la matrice extracellulaire issue de boues biologiques. Thèse de doctorat, faculté des sciences et techniques groupement de recherche eau, sol, environnement.

Référence bibliographique

21. **Brame V., 1986.** Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées.
22. **Briere 1994.** Le traitement des boues résiduaires .Université des sciences et technique du Languedoc. Montpellier.
23. **Cardot, C. 2010.** Les traitements de l'eau Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, paris
24. **CATE, 2000.** Conseil nationale économique et social: l'eau en Algérie: le grand défi de domaine. Commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Algérie. <https://www.cnes.dz/eau> .
25. **Combe M, 2011.** Phosphore et eutrophisation des rivières. Natura sciences, l'info scientifique de l'urgence écologique.
26. **Couture I, 2006.** Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation. Colloque sur l'irrigation, l'eau, source de qualité et de rendement. Edition CRAAQ.
27. **Dalahmeh, S. S., & Al-Rawajfeh, A. E. (2016).** Assessment of irrigation water quality for sustainable agriculture. Journal of Water and Land Development.
28. **DERONZIER G, CHOUBERT J-M.,(2004).** Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées, Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales FNDAE n° 29. Edition Cemagref, Antony.
29. **Desjardins, R. 1997.** Le traitement des eaux, 2ème édition. Ed école polytechnique de montéal. Canada,
30. **Devillers, J. 2005.** Les paramètres physicochimiques .Paris
31. **Djeddi H., 2007.** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaine. Mémoire de Magister, Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mentouri Constantine.
32. **Djeddi, H. 2007.** Utilisation des eaux usées d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Thèse de magistère en écologie et environnement. Université de Constantine.
33. **Draa el guendoul N et Lounis N. 2017.** Etude d'amélioration des performances de la station d'épuration de Zemmouri, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme du Master en Génie de procédé, Université m'hamed bougara, Boumerdes.
34. **Duchene. P., 1990.** Les systèmes de traitement des boues de station d'épuration des petites collectivités .TEC et DOC. éd. CEMAGREF, Paris.
35. **Eckenfelder W.W., 1982.** Gestion des eaux usées urbaines et industrielles.
36. **Gamarasni M., 1979.** Utilisation agricole des boues d'origines urbaines. Source. Paris (F.R) A.F.E.E.
37. **Gaujous D. 1995.** La pollution des milieux aquatiques ; aide mémoire. Ed. Techniques et documentations. Lavoisier. Paris
38. **GHEDEIR AH et ABID S. 2016.** Suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration (cas step 01), Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique, Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued
39. **Grosclaude, G. 1999.** L'eau usages et polluants. Ed INRA.
40. **Henze, M., Gujer, W., Mino, T., & van Loosdrecht, M. (eds.). (2008).** Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3. IWA Publishing.
41. **Henze, M., Gujer, W., Mino, T., & van Loosdrecht, M. (eds.). (2008).** Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3. IWA Publishing.
42. **Henze, M., Gujer, W., Mino, T., & van Loosdrecht, M. (eds.). (2008).** Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3. IWA Publishing

Référence bibliographique

43. **ISO - ISO 14000 — Management environnemental (2023)** ISO. Available at: <https://www.iso.org/fr/iso-14001-environmental-management.html>.
44. **J.O.R.A 2006. Journal Officiel de la République Algérienne n° 60 (2006)**. Loi n° 05/12 du 04 Août 2006 relative à l'eau.
45. **J.O.R.A 2012. Journal Officiel de la République Algérienne n°41 (2012)**. Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.
46. **Jaroz J., 1985**. Le traitement des boues des stations d'épuration, centre de formation et de documentation sur l'environnement industriel, Paris06-France.
47. **Kasbadji M. N. 2013**. Potentiel Hydrique et énergies renouvelables en Algérie. Centre de Développement des Energies Renouvelables, Unité de développement des équipements solaire, Algerie
48. **Kormanik R., 1977**. Technology transfer seminar on sludge handling and disposal.
49. **Ladjel, F., Boucheref, S. 2011**. Exploitation d'une STEP à boues activées niveau II, ministère de formation aux métiers de l'assainissement.
50. **Lazhar. 2011**. Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Mémoire de magister. Université Ferhat Abbas-Setif.
51. **Le Hyaric, R. 2009**. Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des d'épurations. Thèse de doctorat, institut national de sciences appliquées de Lyon stations
52. **Legube.,1996**. L'épuration des eaux. Théorie et technologie Edition CEBEDOC.
53. **Liu, R., Zhou, Z., & Zhao, H. (2018)**. Adsorption of phosphate from wastewater using low-cost adsorbents: A review. Journal of Environmental Management
54. **Loup, J.P. 1974**. Les eaux terrestres. Collection dirigée par Jean pelletier. Paris.
55. **Mara, D., & Horan, N. (2003)**. Handbook of water and wastewater microbiology. Academic Press.
56. **Mathian R., 1986**. Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines. I.R.C.H.A, documents techniques.
57. **Melloul, A., Badri, Z. 2013**. Contrôle de l'épuration les eaux usée domestiques dans un canal d'oxydation STEP de Sidi Merouane (Mila). Mémoire de master. Université de Constantine.
58. **Mendoza, J. A., et Ríos, R. (2021)**. Removal of phosphorus from wastewater using microalgae: A review. Algal Research.
59. **Metahri M.S. 2012**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes cas de la STEP est de la ville de TiziOuzou, Thèse de doctorat, en Agronomie, Université Mouloud Mammeri, TiziOuzou.
60. **Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2013)**. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill Education.
61. **MEZILI ABD ALLAH et ACHOURI AIMED, Mémoire 2018**. «analyse de la cinétique de dégradation de la pollution carbonée cas de station d'épuration de sidi MEROUANE-master on hydraulique urbain.
62. **MRE, 2003**. Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie, Ministère de ressources en eau, Ministère des Ressources en eau, Algérie
63. **MRE, 2015**. Document interne. Ministère des Ressources en Eau, Algérie
64. **Office Nationale de l'Assainissement., 2005**. Technique de justification processus équipement.

Référence bibliographique

65. **OMS. 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Rapport Technique N° 778, Genève.
66. **ONA, 2014.** Documentation interne du service d'exploitation ONA. Office nationale d'assainissement, Algérie.
67. **ONA. Office National de L'assainissement, juin 2012.** Système de management environnement ISO 14001.
68. **Organisation de coopération et de développement économique (O.C.D.E). 1982.** Eutrophisation des eaux, méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte, paris.
69. **Pietrzak S, Pazikowska-Sapota G, Dembska G, Dzierzbicka-Glowacka L, Juskowska D, Majewska Z, Urbaniak Z, Ostrowska D, Cichowska A, Galer-Tatarowicz K. , 2020.** Risk of phosphorus losses in surface runoff from agricultural land in the Baltic Commune of Puck in the light of assessment performed on the basis of DPS indicator. Peerj life and environnement.
70. **Prescott ThomaS., J Brocheton .D ., 2007.** Les procédés d'épuration des eaux usées urbaines. Unité d'enseignement et de recherche de biologie végétale. Faculté des Sciences Agronomique de Gembloux, Belgique, Juin.
71. **Rahmoun, H., Elkharrim, K., Belghyti ,D., Hadj ,M. 2013.** Etude physico chimique des eaux uses se l'unité sucrière Sunabel de Mechraa belksiri.
72. **Rejsek, F. 2002.** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques, Bordeaux.
73. **Remini, B. 2008.** La problématique de l'eau en Algérie, OPU, Alger
74. **Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8e éd. [Entièrement revue et mise à jour]. Paris: Dunod.
75. **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. and Coll., (2009).** L'analyse de l'eau, 9e éd'. ISBN : 978-2- 10-054179-9, DUNOD, Paris
76. **Savary, P., 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau, Dossiers d'experts. Territorial éd, Voiron.
77. **Sbih M., 1990.** Etude de la biodégradation des boues résiduaires de station d'épuration : effet sur la biodisponibilité du phosphore pour le végétal. Mém. DEA, INAPG et INRA.
78. **Smolders, G. J., van der Meij, J., van Loosdrecht, M. C., Heijnen, J. J., & van Straten, G. (1994).** The SHARON process: an innovative method for nitrogen removal from ammonium-rich wastewater. Water Science and Technology.
79. **Stumm, W., & Morgan, J. J. (1996).** Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. Wiley-Interscience.
80. **Tamrabet, L. 2011.** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Hadj Lakhdar .Batna.
81. **Tiercelin, J.R. 2008.** L'eau et les espèces. Lavoisier.
82. **Verdy R., 1975.** Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. EYROLLES. Paris.
83. **Vesilind, P. A., & Morgan, S. M. (2010).** Introduction to Environmental Engineering.
84. **Xanthoulis, D.1993.** Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires, Tribune de l'eau.



Annexes



Tableau I : Grille de qualité des eaux de surface (ABH, 2009)

Paramètres	Unité	Très bonne	Bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
O ₂ dissous	mg/l d'O ₂	> 7	5 à 7	3 à 5	< 3	0
DCO	mg/l d'O ₂	20	30	40	80	> 80
DBO ₅	mg/l d'O ₂	3	6	10	25	> 25
NH ₄	mg/l	0.5	1.5	2.8	4	> 4
NO ₃	mg/l	2	10	25	50	> 50
PO ₄	mg/l	0.1	0.5	1	2	> 2
NO ₂	mg/l	0.03	0.3	0.5	1	> 1
Conductivité	µs/cm	180 – 2500	120 – 3000	60 – 3500	0 - 4000	> 4000

Tableau II : les valeur maximal admissible de l'eau d'irrigation

Paramètre	Unité	FAO (1985)	OMS (1989)	J.O.R.A 2012
MES	mg/l	30	35	30
DBO ₅	mg/l	10	35	30
DCO	mg/l	40	90	90
NH ₃ ⁺	mg/l	2.0	Proche de 0	< 1
NO ₂ ⁻	mg/l	1.0	Proche de 0	< 1
NO ₃ ⁻	mg/l	50	1	30
NT	mg/l	/	50	/
PO ₄ ⁻	mg/l	0.94	< 2	/
OD	O ₂ /l	/	5	/
Conductivité	µs/cm	3000	50 - 1500	3000
T	°C	30	30	/
PH	/	6.5 - 8.4	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5

Tableau III : Concentration des charge polluents à l'entré de la STEP à traité (2030) (STEP Sidi Merouane)

Paramètres	Unité	Charges polluants
MES	mg/l d'O ₂	610.6
DBO ₅	mg/l d'O ₂	407
DCO	mg/l d'O ₂	949.9
NT	mg/l	101.8
PT	mg/l	27.1

Tableau IV : La charge hydraulique de la STEP (ONA, 2012).

Charges hydrauliques à traiter	Echéance 2015
Capacité épuratoire (EH)	137 000
Débit moyen temps sec (m ³ /j)	20 650
Débit moyen temps de pluie (m ³ /j)	25 340
Débit maximal temps sec (m ³ /h)	856
Débit maximal temps de pluie (m ³ /h)	1145

Tableau V : Présentent les données techniques de la station (ONA, 2012).

Nom de la station	STEP de SIDI MEROUANE
Commune de	SIDI MEROUANE
Wilaya de	MILA
Milieu récepteur	Barrage de BENI HAROUNE
Date de mise en service	20 Juillet 2009
Date de transfert de la station à l'ONA	20 Juillet 2011
Localité concernée par traitement	Mila ; GRAREM GOUGA et SIDI MEROUANE
Nature des eaux brutes	Urbaines
Capacité de la station	20 650 m ³ /J
Superficie de l'assiette	12 HECTARS
Groupement de réalisation -Génie civil -Equipements	GCBOTV
Le dispositif d'assainissement de la ville	Unitaire
Système d'épuration	Boue activée ; Faible charge
Alimentation en eau usée	Par pompage + Gravitaire (RAS EL BIR)

Tableau VI : Qualité des eaux traitées (ONA, 2012).

Paramètres	Concentration moyenne	Concentration de pointe
Matière en suspension totales	30	40
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	30	40
Demande chimique en oxygène (DCO)	90	120
Azotes global (N-NGL)	10	10
Phosphore totale (P _T) en rendement	Rendement de juin à Septembre 80%	Rendement d'Octobre à Mai 50%

**Tableau VII : Organisation et potentiel humain dans la STEP SIDI
MEROUANE (ONA, 2012).**

STEP de SIDI MEROUANE		SR Viaduc	
Structure	Effectif	Structure	Effectif
Chef de station	01	Surveillants pompiste	04
Correspondante SME	01		
Chef de laboratoire	01		
Analystes de laboratoire	02		
Chef d'équipe de quart	01		
Chef d'équipe de déshydratation	01		
Chargé de maintenance	02		
TS informatique	01		
Animateur HST	01		
Agent de maintenance	01		
Agents d'exploitations	09		
Conducteur d'engin	01		
Opérateur assainissement	04		
Jardinier	01		
<i>Total</i>	<i>27</i>	<i>Total</i>	<i>04</i>

**Tableau VIII : Présentation des zones géographiques et de risques
(ONA, 2012).**

Zone géographique	Zone de risque	Zone de risque
A	A1	Bâtiment administrative
	A2	Laboratoire
	A3	Garage
	A4	Loge gardien
B	B1	Arrivé des effluents
	B2	Locale prétraitement
	B3	Locale dessablage-déshuilage
	B4	Locale traitement des boues
	B5	Locale électrique
	B6	Citerne de fioul souterraine
C	C1	Locale production d'air
	C2	Stockage FeCl₃
	C3	Les bassins biologiques
	C4	Dégazeur répartiteur
	C5	Clarificateurs
	C6	Puits à boues
	C7	Locale groupe eau industrielle
	C8	Stockage des déchets spéciaux
D	D1	Lits de séchage (boues)
	D2	Air de stockage (boues)
E	E1	Logements de fonction des exploitants



Résumé



Résumé

Ce travail a pour objectif de caractérisation physico-chimique des eaux usées traitées au niveau de la STEP de Sidi Merouane, à travers une étude physico-chimique des eaux usées, et épurées (T, pH, OD, CE, MES, la DBO₅, la DCO, NO₂⁻, PO₄⁻, NH₃⁺). Les résultats d'analyse physicochimique des eaux usées et épurées indiquent que les eaux sont d'une température normale, un pH alcalin, un oxygène dissout élevé favorable au traitement biologique, une CE acceptable. Une élimination importante de la pollution organique après traitement se traduit par des valeurs faibles par rapport aux normes de l'OMS et J.O.R.A 2012 pour les paramètres : MES, la DBO₅, DCO, NO₂⁻, NO₃⁻, et le NH₃⁺, donc elle ne présente aucune restriction pour leur utilisation agricole pour l'irrigation avec une teneur très élevée de PO₄⁻ qui dépasse les normes d'irrigation, avec un rendement d'épuration de MES, DBO₅ et DCO à l'ordre 98.47%, 98.59% et 96.02%, avec une concentration très élevée de PO₄⁻ qui dépasse les normes d'irrigation.

Le traitement biologique par boue activée est actuellement le plus utilisé pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines, car il donne des résultats parfaits et une eau propre, qui peut être rejetée dans le milieu récepteur et d'irrigue en toute sécurité.

Mots clés : STEP, pollution, paramètres physico-chimiques, paramètres de pollution, eaux usées, boues activées, sidi merouane, performance épuratoire, eaux épurées, Mila

Abstract

This work aims to characterize the physio-chemical properties of treated wastewater at the Sidi Merouane wastewater treatment plant through a physio-chemical study of both the untreated and treated wastewater (temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, suspended solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, nitrite, phosphate, ammonia). The results of the physio-chemical analysis of the untreated and treated wastewater indicate that the water has a normal temperature, alkaline pH, high dissolved oxygen content beneficial for biological treatment, and acceptable electrical conductivity. Significant removal of organic pollution after treatment is reflected in low values compared to the standards set by the world health organization (WHO) and J.O.R.A 2012 for parameters such as suspended solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, nitrite, nitrate, and ammonia. Therefore, the treated wastewater does not pose any restrictions for its agricultural use, with a purification efficiency of MES, BOD₅ and COD in the order of 98.47%, 98.59% and 96.02%, with a very high concentration of PO₄⁻ which exceeds irrigation standards.

The biological treatment by activated sludge is currently the most widely used for the purification of urban waste water, as it gives perfect results and clean water, which can be discharged into the receiving environment and irrigated in complete safety.

Keywords: WWTP, pollution, physio-chemical parameters, pollution parameters, wastewater, activated sludge, Sidi Merouane, purification performance, purified water, Mila

الملخص

هدف هذا العمل هو توصيف الخواص الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة في محطة معالجة المياه العادمة في سيدي مروان، من خلال دراسة فيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الأكسجين المذاب، الكهربائية الموصلية، المواد العائمة، DBO₅، DCO، النترت، الفوسفات، الأمونيا). تشير نتائج التحليل الفيزيوكيميائي لمياه الصرف الصحي الخام والمعالجة إلى أن المياه تتمتع بدرجة حرارة طبيعية، وحموضة قاعدية، تركيز مرتفع من الأكسجين المذاب المفيد للمعالجة البيولوجية، وتوصيل كهربائية مقبول، مما يشير إلى وجود نسبة ملوحة عالية. يتوافق التخلص الفعال من التلوث العضوي بعد المعالجة مع قيم منخفضة مقارنة بمعايير منظمة الصحة العالمية و الجريدة الرسمية الجزائرية 2012 للمعايير

الخاصة بالمواد العائمة، DBO_5 ، DCO ، والنترت، والنترات، والأمونيا. لذلك، لا توجد قيود تمنع استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للزراعة، وخاصة لأغراض الري، وكفاءة تنقية لـ MES و BOD_5 و COD في حدود 98.47% و 98.59% و 96.02% على الترتيب، مع تركيز عالٍ جدًا من PO_4 والذي يتجاوز معايير الري.

تعتبر المعالجة البيولوجية بواسطة الحمأة المنشطة هي الأكثر استخدامًا حاليًا لتنقية مياه الصرف الحضرية، حيث إنها تعطي نتائج مثالية ومياه نظيفة، والتي يمكن تصريفها في بيئة الاستقبال وريها بأمان تام.

الكلمات المفتاحية: محطة تصفية المياه المسعلة، التلوث، المعايير الفيزيائية والكيميائية، معايير التلوث، مياه الصرف الصحي، الحمأة المنشطة، سيدي مروان، أداء التنقية، المياه النقية، ميلة.

Nom et prénom : KECHOUT AIMEN

Nom et prénom : CHEBBOUR BADREDDINE

Nom et prénom : BENTIMAMA SOUMAYA

Nom et prénom : LEDDAI AMIRA

Nom et prénom : ALOUI TAMER

Titre : ABSAT pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau pour une utilisation agricole (cas de STEP de Sidi Merouane) W. MILA

Résumé :

Ce travail a pour objectif de caractérisation physico-chimique des eaux usée traitées au niveau de la STEP de Sidi Merouane, à travers une étude physico-chimique des eaux usées, et épurées (T, pH, OD, CE, MES, la DBO₅, la DCO, NO₂⁻, PO₄⁻, NH₃⁺). Les résultats d'analyse physicochimique des eaux usées et épurées indiquent que les eaux sont d'une température normale, un pH alcalin, un oxygène dissout élevé favorable au traitement biologique, une CE acceptable. Une élimination importante de la pollution organique après traitement se traduit par des valeurs faibles par rapport aux normes de l'OMS et J.O.R.A 2012 pour les paramètres : MES, la DBO₅, DCO, NO₂⁻, NO₃⁻, et le NH₃⁺, donc elle ne présente aucune restriction pour leur utilisation agricole pour l'irrigation avec une teneur très élevé de PO₄⁻ qui dépasse les normes d'irrigation, avec un rendement d'épuration de MES, DBO₅ et DCO à l'ordre 98.47%, 98.59% et 96.02%, avec une concentration très élevé de PO₄⁻ qui dépasse les normes d'irrigation.

Le traitement biologique par boue activée est actuellement le plus utilisé pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines, car il donne des résultats parfaits et une eau propre, qui peut être rejetée dans le milieu récepteur et d'irrigue en toute sécurité.

Mots clés : STEP, pollution, paramètres physico-chimiques, paramètres de pollution, eaux usées, boues activées, sidi merouane, performance épuratoire, eaux épurées, Mila