

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique
MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme De MASTER

Filière : Hydraulique

Option : Ressources Hydrauliques

Thème

**Évaluation de la performance de la station
d'épuration des eaux usées urbaine de Sidi Aissa
(M'sila)**

Présenté :

DJAZOULI Yahia

Dirigé par :

Dr : TEMIM Djamel

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

*Avant tout je dois remercier celui qui a créé toute chose, qui a donné la vie sur cette planète, c'est notre dieu **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté pour en arriver jusqu'au-la et d'achever ce travail.*

*Je remercie mon encadreur **M. Temim Djamel** d'avoir accepté de diriger ce travail par ses conseils, sa compétence et sa bienveillance.*

Mes vifs remerciements vont aux membres de jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.

*A tous les responsables et les agents qui travaillent dans la station d'épuration de Sidi Aissa wilaya de M'sila. Je tiens à remercier **M. Bouguern Yacine** et **Merabet Fouad** de m'avoir accueilli et pour l'intérêt qu'il manifesté envers mon travail.*

J'adresse mes remerciements aussi à tous les enseignants du département d'Hydraulique.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A ma famille,

A tous les amis de près ou de loin.

Sommaire

SOMMAIRE

Résumé	
Sommaire	
Liste des abréviations	
Liste des figures et Photos	
Liste des tableaux	
Introduction Générale.	1

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction	3
I.2. Définition des eaux usées :	3
I.3. Origines des eaux usées :	3
I.3.1. Les eaux usées domestiques :	4
I.3.2. Les eaux usées industrielles :	4
I.3.3. Les eaux usées pluviales et de ruissellement :	4
I.3.4. Les eaux usées agricoles :.....	5
I.4. Caractéristiques des eaux usées :	5
I.4.1. Paramètres Physiques :	5
I.4.1.1. La matière en suspension (MES) :	5
I.4.1.2. La température :	6
I.4.1.3. La conductivité électrique (CE) :	6
I.4.2. Paramètres Organoleptiques :	6
I.4.2.1. La Turbidité :	6
I.4.2.2. La couleur :	6
I.4.2.3. L'odeur :	7
I.4.3. Paramètres Chimiques :	7
I.4.3.1. Le potentiel Hydrogène (pH) :.....	7
I.4.3.2. Oxygène dissous :	7
I.4.3.3. La Demande Biologique en Oxygène (DBO ₅) :	7
I.4.3.4. La demande chimique en oxygène (DCO) :	8

I.4.3.5. L'azote :	8
I.4.3.6. Le Phosphore :	8
I.4.4. Paramètres Bactériologiques :	9
I.5. Les systèmes d'évacuation des eaux usés :	9
I.5.1. Système unitaire :	9
I.5.2. Système séparatif :	10
I.5.3. Système mixte ou Système pseudo-séparatif :	11
I.6. Traitement des eaux usées urbaines :	11
I.6.1. Objectif du traitement des eaux usées :	12
I.6.2. Station d'épuration des eaux usées :	12
I.7. Techniques d'épuration des eaux usées :	13
I.7.1. Les méthodes classiques de traitements :	13
I.7.1.1. Les procédés d'épurations physiques (le prétraitement) :	13
I.7.1.2. Les procédés d'épuration physico-chimique (traitement primaire) :	14
I.7.1.3. Les procédés biologiques (traitement secondaire) :	14
I.7.1.3.1. Procédés intensifs :	14
A. Lit bactérien :	15
B. Disques biologiques :	16
C. Boues activées :	17
I.7.1.3.2. Procédés extensifs :	20
• Traitement par lagunage :	20
A. Lagunage naturel :	21
B. Lagunage à macrophytes :	22
C. Lagunage aéré :	23
I.7.1.3.3. L'élimination de l'ammoniaque (la nitrification) :	24
I.7.1.3.4. L'élimination des nitrates (la dénitrification) :	25
I.7.1.4. Les procédés d'épuration complémentaire (le traitement tertiaire) :	25
I.7.1.4.1. La phosphatation :	25
I.7.1.4.2. La désinfection :	25
I.7.1.5. Traitement des boues :	25

• Technique de traitement des boues :	26
A. Epaissement des boues :	26
B. Stabilisation des boues :	26
C. La déshydratation :	26
I.8. Normes de rejets des eaux usés :	26
I.8.1. Normes internationales :	27
I.8.2. Normes de rejets Algérienne :	27
I.9. Conclusion :	29

Chapitre II : Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

II.1. I introduction :	30
II.2. La Situation Géographique de la Zone d'Etude de la ville de Sidi Aissa :	30
II.3. Population :	31
II.4. Hydrographie :	31
II.5. Caractéristiques climatologiques :	32
II.5.1. La Température :	33
II.5.2. Les Précipitations :	34
II.5.3. Indices d'aridité annuels de MARTONNE :	36
II.5.4. Climagramme d'EMBERGER :	36
II.6. Situation géographique de la station d'épuration de la ville de Sidi-Aissa :	36
II.7. Caractéristiques socio-économiques :	37
II.7.1. Le Système d'assainissement :	37
II.7.2. Données concernant la station de traitement :	38
II.7.3. Activités industrielles :	39
II.8. Principe De Fonctionnement De la STEP De Sidi Aissa :	39
II.8.1. Description des ouvrages de traitement de la filière Eaux :	41
II.8.2. Les différentes phases de traitement à la STEP de la ville de Sidi Aissa :	41
II.8.2.1. Prétraitement :	41
A. Dégrillage Grossière :	41
B. La Station De Relevage :	43

C. Dégrillage fin:	43
D. Le dessablage et le déshuilage :	44
II.8.2.2. Traitements secondaires :	45
A. Traitement biologique :	45
A.1. Bassin d'aération :	46
B. Décanteurs secondaires :	46
II.8. 2.3. Traitement tertiaire:	47
A. La désinfection :	47
B. Traitement des boues:	48
B.1. Poste de pompage des boues de recirculation et d'excès :	48
B.2. Epaisseur:	49
B.3. Déshydratation des boues :	50
B.3.1. La déshydratation naturelle :	50
B.3.2. La déshydratation mécanique:	51
II.9. Conclusion :	52

Chapitre III : Matériel et méthode

III.1. Introduction :	53
III.2. Prélèvement et échantillonnage :	53
III.3. Méthodes de dosage des paramètres physico chimiques :	53
III.3.1. Paramètres physiques ;	54
A. Le pH :	54
B. Température :	54
C. La Conductivité (CE) et Salinité :	54
III.3.2. Paramètres chimiques ;	55
A. Oxygène dissous(O ₂) :	55
B. La Matière en suspension (MES) :	55
➤ La méthode par centrifugation :	56

➤ La méthode par filtration sous vide :	57
C. Demande chimique d'oxygène (DCO) :	59
D. Demande biologique en oxygène (DBO ₅) :	61
E. Azote Total (N _T) :	63
F. Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) :	64
G. Nitrite (NO ₂ ⁻) :	66
H. Nitrate (NO ₃ ⁻) :	67
I. Ortho phosphates et phosphore total (PO ₄ ³⁻) :	68
III.4. Conclusion :	69

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Introduction :	70
IV.2. Paramètres physiques :	70
IV.2.1. Le Potentiel d'Hydrogène (pH) :	70
IV.2.2. La Température (°C) :	72
IV.2.3. La Conductivité :	74
IV.3. Paramètres chimiques :	75
IV.3.1. Oxygène dissous (O ₂) :	75
IV.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO ₅) :	76
IV.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO) :	78
IV.3.4. Rapport de biodégradabilité (DCO /DBO ₅) :	79
IV.3.5. Matières en suspension (MES) :	80
IV.3.6. Azote total (N _T) :	82
IV.3.7. Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) :	83
IV.3.8. Nitrates (NO ₃ ⁻) :	85
IV.3.9. Phosphate total :	86
IV.4. Conclusion :	88
Conclusion Générale	89

Référence bibliographiques

ملخص

Résumé

المياه العادمة محملة بشكل كبير بالملوثات المختلفة ، مما يترتب على ذلك مشكلة صحية ، لذلك يجب توجيهها عبر المجاري إلى محطات المعالجة حتى تتم معالجتها.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم أداء التطهير لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بسيدي عيسى. لتحقيق هذا الهدف ، قمنا بتنفيذ فترة تدريبنا في نهاية الدراسة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بسيدي عيسى. خلال هذا التدريب ، أنشأنا وصفاً لمراحل معالجة مياه الصرف الصحي والتحليلات الفيزيائية والكيميائية ومعالجة الحمأة على مستوى معمل المحطة.

في السياق ، من المهم أن نقول أن مياه الصرف الصحي من مدينة سيدي عيسى تتم معالجتها في محطة منخفضة الحمولة من نوع الحمأة المنشطة. أظهرت النتائج التي حصلنا عليها بوضوح أن هذه العملية لها عائد إزالة ملموس يتجاوز 90 ٪ من العناصر المختلفة التي اختبرناها ، وهي الطلب البيولوجي للأكسجين (DBO_5)، الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO)، المواد الصلبة العالقة (MES) على وجه الخصوص. وهذا يثبت أعلى أداء لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بسيدي عيسى بعد ثلاث سنوات من التشغيل

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي ، محطة معالجة مياه الصرف الصحي بسيدي عيسى ، الحاصل ، المعايير الفيزيائية والكيميائية ، التشخيص ، البيئة ، المصدر البديل ، الري ، الحمأة المنشطة.

Résumé

Les eaux usées sont fortement chargées en polluants et en contaminants divers, ce qui pose le problème des risques sanitaires, donc elles doivent être acheminées par les égouts vers des stations d'épuration afin d'être traitées.

Cette étude a pour but d'évaluer la performance épuratoire de la station d'épuration des eaux usées Sidi Aissa (W. M'sila). Pour atteindre cet objectif, nous avons effectué notre stage de fin d'étude au niveau de la station d'épuration des eaux usées Sidi Aissa. Durant ce stage nous avons établi une description des étapes de traitement d'eau usée et des analyses physico-chimiques et le traitement des boues au niveau du laboratoire de la station.

Il est important de dire que, les eaux usées de la ville de Sidi Aissa sont épurées dans une station de type boues activées à faible charge. Les résultats que nous avons obtenus ont bien montré que ce procédé a un rendement d'élimination appréciable dépassant les 90% de différents paramètres que nous avons testés à savoir en particulier MES, DCO et DBO₅. Ce qui prouve les performances les plus élevées de la station d'épuration de Sidi Aissa après trois ans d'exploitation.

Mots clés : Eaux usées, Station d'épuration de Sidi Aissa, Rendement, Paramètres physicochimiques, diagnostic, environnement, source alternative, irrigation, boue activée

Abstract

Wastewater is heavily loaded with pollutants and various contaminants, which poses the problem of health risks, so it must be routed through the sewers to treatment plants in order to be treated.

This study aims to evaluate the purification performance of Sidi Aissa (W. M'sila) wastewater treatment plant. To achieve this objective, we carried out our end-of-study internship at Sidi Aissa wastewater treatment plant. During this internship we established a description of the stages of wastewater treatment and physic-chemical analyzes and the treatment of sludge at the level of the station's laboratory.

In context, it is important to say that the wastewater from the city of Sidi Aissa is treated in a low-load activated sludge type station. The results we obtained have clearly shown that this process has an appreciable elimination yield exceeding 90% of the various parameters that we tested namely the suspended matter (SM), the outputs of the chemical oxygen demand (COD) and five-day biological oxygen demand (BOD₅) in particular. This proves the highest performance of Sidi Aissa wastewater treatment plant after three years of operation.

Keywords: M'sila, Sidi Aissa waste water treatment plant, diagnosis, environment, alternative source, irrigation. Wastewater, yield, physicochemical parameters, diagnosis, irrigation, activated sludge

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

(HAP)	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
Al₂SO₄	Sulfate d'alumine
APHE	(Automne, printemps, hiver, été)
C°	Degré Celsius
Ca(OH)₂	Lait de chaux
CaO	La chaux
DBO₅	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).
DCO	Demande chimique en oxygène
K₂Cr₂O₇	Dichromate de potassium
MES	Matière en suspension
MG	Matière grasse
MO	Matière Organique
MVS	Matières Volatiles en Suspension
NaCl	Chlore de sodium
NH₄⁺	Azote ammoniacal (mg/l).
NO₂⁻	nitrites (mg/l).
NO₃⁻	nitrates (mg/l).
N_T	Azote Total.
ONA.	Office National d'Assainissement
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONM	Office national de météorologie
pH	Potentiel hydrogène
ppm	Partie par million
P_T	Phosphore total
rpm	rotation per minute
STEP	Station d'épuration

Listes des figures et photos

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

Figure I-1 : Système unitaire	10
Figure I-2 : Système séparatif	10
Figure I-3 : Système pseudo-séparatif	11
Figure I-4: Schéma général d'une station d'épuration	12
Figure I-5: Schéma général d'un Lit bactérien	15
Figure I-6: Schéma général d'un disque biologique.....	17
Figure I-7: Station d'épuration à boues activées	18
Figure I-8: Schéma général d'un lagunage	20
Figure I-9 : Principe de fonctionnement du lagunage par lagunage naturel	21
Figure I-10: Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes.....	22
Figure I-11 : Lagunage aéré.....	23

Chapitre II : Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

Figure II-1 : Plan de situation de la Wilaya de M'sila	30
Figure II-2 : Réseau hydrographique du bassin d'El Hodna	32
Figure II-3 : Histogramme des températures moyennes mensuelles de la ville de Sidi Aissa	34
Figure II-4 : Histogramme des précipitations mensuelles moyennes de la ville de Sidi Aissa	35
Figure II-5 : Situation géographique de la STEP de Sidi Aissa	37

Liste des figures

Chapitre IV : Résultats et discussion

Figure IV-1 : Variation mensuelle du pH des eaux usées avant et après traitement (2022)	71
Figure IV-2 : Variation mensuelle de la température (2022)	73
Figure IV-3 : Variation mensuelle de la Conductivité (2022)	74
Figure IV-4 : Variations moyennes mensuelles de l'oxygène dissous (2022)	76
Figure IV-5: Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) (2022)	77
Figure IV-6: Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène (DCO) (2022)...	79
Figure IV-7: Variation mensuelle de la matière en suspension (MES) (2022)	81
Figure IV-8: Variation mensuelle de l'azote total (2022)	83
Figure IV-9: Variation mensuelle de l'azote ammoniacal NH ₄ ⁺ (2022)	84
Figure IV-10: Variation mensuelle de NO ₃ ⁻ (2022).....	86
Figure IV-11: Variation mensuelle de phosphate total (2022).	87

Liste des photos

Liste des photos

Photo II-1 : Dégrilleur grossier de la STEP de Sidi Aissa	42
Photo II-2 : La station de relevage de la STEP de Sidi Aissa	43
Photo II-3: Dégrilleur fin de la STEP de Sidi Aissa	44
Photo II-4: Dessableur-dégraisseur de la STEP de Sidi Aissa	45
Photo II-5: Bassin d'aération de la STEP de Sidi Aissa	46
Photo II-6: Décanteurs secondaires de la STEP de Sidi Aissa	47
Photo II-7: Bassin de chloration de la STEP de Sidi Aissa	48
Photo II-8: Poste de recirculation de la STEP de Sidi Aissa	49
Photo II-9: Epaisseur de la STEP de Sidi Aissa	50
Photo II-10: Lits de séchage de la STEP de Sidi Aissa	51
Photo II-11: Déshydratation mécanique de la STEP de Sidi Aissa	52
Photo III-1 : Conductivimètre et pH mètre.....	55
Photo III-2 : Centrifuge	57
Photo III-3 : Etuve et Four	57
Photo III-4 : Méthode par filtration sous vide	58
Photo III-5 : Spectrophotomètre	60
Photo III-6 : plaque chauffante	60
Photo III-7: Tube de digestion DCO	60
Photo III-8: (a)Bouteille de mesures marronnes. (b) DBO senseurs et Armoire thermostatique	63
Photo III-9: Kit de réactif N_T	64

Liste des photos

Photo III-10 : Kit de réactif NH_4^+	65
Photo III-11 : Kit de réactif NO_2^-	66
Photo III-12 : Kit de réactif NO_3^-	67
Photo III-13 : Kit de réactif PT et PO_4^{3-}	69

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Le dimensionnement des lits bactériens.	16
Tableau I-2: Avantages et inconvénients des filières intensives.	19
Tableau I-3 : Avantages et inconvénients des filières extensifs.	24
Tableau I-4 : Normes de rejets internationaux.	27
Tableau I-5 : Normes de rejets des Eaux usées appliquées en Algérie.....	28
Tableau II-1: Caractéristique de la station météorologique de M'sila.....	33
Tableau II-2: Répartition mensuelle de la température	33
Tableau II-3: Répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle	35
Tableau II-4 : Le réseau d'assainissement de la ville Sidi Aissa.....	38
Tableau II-5 : Dimensions du dégrilleur grossier	42
Tableau II-6 : Dimensions du dégrilleur fin	44
Tableau IV-1: Les valeurs moyennes mensuelles du pH (2022)	71
Tableau IV-2: Variation mensuelle de la température (2022)	72
Tableau IV-3: Variation mensuelle de la Conductivité (2022)	74
Tableau IV-4: Variations moyennes mensuelles de l'oxygène dissous (2022)	75
Tableau IV-5: Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	77
Tableau IV-6: Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène(DCO)	78
Tableau IV-7: Variation mensuelle de la matière en suspension (MES) (2022)	81
Tableau IV-8: Variation mensuelle de l'azote total (2022)	82
Tableau IV-9: Variation mensuelle de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) (2022)	84
Tableau IV-10: Variation mensuelle des nitrates (NO ₃ ⁻) (2022)	85
Tableau IV-11: Variation mensuelle de phosphate total (2022).	87

Introduction Générale

Introduction générale

L'eau est un élément naturel nécessaire à la vie et comble divers besoins des êtres humains, c'est aussi un patrimoine culturel et social qui existe fortement dans la vie quotidienne des êtres humains, l'eau est une source de bonheur et de progrès, et aussi grâce à l'agriculture, de l'élevage et de l'industrie, il devient Facteurs de production et de richesse (**Bouziati, 2000**).

Les eaux usées de l'industrie et des collectivités ne doivent pas être rejetées directement dans l'environnement naturel, car elles peuvent présenter de graves risques pour la santé publique et l'environnement si elles ne sont pas traitées. Elles doivent donc être traitées au niveau des stations d'épuration qui ont pour effet de réduire les pollutions carbonées, azotées et biologiques de ces eaux et de produire une eau traitée répondant aux normes de rejet par des procédés physico-chimiques. (**Desjardin, 1996**).

Afin de maintenir la qualité des écosystèmes, en particulier des eaux de surface et souterraines, il est très important de traiter les eaux usées, et il est important de signaler que dans les agglomérations qui manquent des stations d'épuration la plupart de ces eaux épurées sont actuellement rejetées dans la nature sans aucun traitement préalable. En outre d'après la valorisation de ce type des eaux il est possible de compenser partiellement le manque en eau par leur réutilisation. Par exemple, en recyclant l'eau dans les industries et en l'utilisant pour l'irrigation des espaces de loisirs, nous pouvons réduire la pression exercée sur les ressources naturelles de bonne qualité (**Amy et al, 1996**).

Pour atteindre ces objectifs mentionnés précédemment, il est essentiel que les infrastructures fonctionnent correctement et soient efficaces dans le traitement des eaux usées afin de respecter les normes requises.

Les stations d'épuration sont constituées d'un ensemble de technologies qui permettent de purifier l'eau en vue de sa réutilisation ou de son recyclage dans l'environnement naturel, ou encore de la transformer en eau potable. La qualité des installations de filtration varie selon les données industrielles, économiques et sociales propres à chaque région, et le processus de traitement comporte des étapes successives : préliminaire, primaire, secondaire et avancée. Qu'il s'agisse de stations d'épuration à boues activées ou de lacs d'aération, le principe reste simple. Les polluants sont dégradés grâce à un processus biologique naturel impliquant des micro-organismes présents dans les

eaux usées, et ces micro-organismes sont maintenus en quantité suffisante dans les stations où ils transforment les polluants en boues qui sont ensuite séparées de l'eau par décantation ou déshydratation.

De nos jours la conception des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées domestiques, y compris les réseaux d'assainissement et les stations d'épuration, est guidée par les objectifs de préservation de la qualité de l'environnement récepteur (**Harremoes, 1997**).

Les stations d'épuration des eaux usées, et notamment celles utilisant les procédés à boues activées peuvent être susceptibles à des défaillances qui délimitent son efficacité d'épuration ainsi affect la fiabilité des performances épuratoires. Ceci est le cas de plusieurs des stations d'épuration situées au niveau de nôtres pays.

La station d'épuration à boues activées de Sidi Aissa a été notre objet d'étude. L'objectif de notre travail est de contribuer à améliorer les performances épuratoires à partir du diagnostic de la station d'épuration des eaux usées de Sidi Aissa en analysant les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et traitées. Dans le même contexte nous allons diagnostiquer le fonctionnement des différentes étapes du traitement pour objet de déterminer les paramètres caractéristiques des eaux usées et finalement de les comparer aux normes algériennes de niveau d'épuration et de qualité des rejets d'eaux traitées dans un soucis de repérer tout dysfonctionnement, d'y définir les raisons, et tenter d'y remédier.

Pour atteindre à notre objectif nous avons adopté un plan de travail suivant :

- Introduction générale,
- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique (Généralités sur les eaux usées)
- Le deuxième chapitre II est consacré à la description générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa
- Le troisième chapitre III résume le matériel et méthode d'analyse des différents paramètres physicochimique
- Le quatrième chapitre IV pour l'analyse des résultats obtenus et discussion renferme les principaux résultats obtenus et leur interprétation.
- Une conclusion générale et les perspectives viendront résumer ce travail.

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

I.1. Introduction :

Les eaux usées contiennent de nombreux polluants qu'ils sont rejetés directement dans les milieux naturels, perturbent les écosystèmes. Pour préserver l'environnement, il est donc nécessaire de traiter les eaux usées avant leur évacuation dans le milieu récepteur. **(Rahou, 2014).**

L'objectif primordial dans ce présent chapitre est de présente une description générale sur les eaux usées et leurs différents types, et les différentes procédés de traitement de ces eaux usées.

Pour aboutir à notre objectif, nous allons décrire l'origine des eaux usées urbaines et leurs compositions ainsi que les différents avantages et inconvénients des différents procédés de traitement.

I.2. Définition des eaux usées :

Les eaux usées, également appelées eaux résiduaires ou effluents, sont des eaux qui ont été altérées après leur utilisation. La pollution de l'eau, dans son sens le plus large, est définie comme "tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement liées aux activités humaines". **(Merlet, 2004).**

Les eaux résiduaires fraîches ont une apparence de liquide brun gris avec une odeur typique mais faible. Cependant, au fur et à mesure de leur transport, ces eaux se dégradent plus rapidement si la température est élevée. Elles deviennent noires et dégagent une odeur d'œufs pourris, indiquant la présence d'hydrogène sulfureux (H_2S) qui peut être dangereux pour les égoutiers et corrosif pour les égouts en béton et en acier. Environ un tiers des matières contenues dans ces eaux sont en suspension, tandis que le reste est en solution. La plupart des eaux usées sont inoffensives, mais certaines peuvent être nocives et à l'origine de graves problèmes de santé publique. **(Moussa, 2005).**

I.3. Origines des eaux usées :

Les êtres humains génèrent une grande quantité de déchets qui sont souvent emportés par l'eau. Pour pouvoir être rejetée en toute sécurité dans l'environnement, cette eau doit être traitée. L'eau

qui contient ces déchets est appelée eau usée. Les eaux usées proviennent principalement de quatre sources : les eaux domestiques, les eaux industrielles, les eaux de pluie et les eaux d'origine agricole. **(Olanrewaju et al, 2004).**

I.3.1. Les eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques sont composées des eaux ménagères issues des activités quotidiennes telles que la lessive et la cuisine, ainsi que des eaux vannes provenant des toilettes. Elles contiennent à la fois des matières minérales et organiques, notamment des sels tels que les chlorures, les phosphates et les sulfates pour les matières minérales, et des composés ternaires comme les sucres et les graisses pour les matières organiques. Ces dernières sont principalement constituées de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, mais peuvent également contenir d'autres éléments tels que l'azote, le soufre, le phosphore ou le fer. **(Vaillant, 1974).**

I.3.2. Les eaux usées industrielles :

Les eaux industrielles diffèrent considérablement des eaux usées domestiques en termes de composition, qui dépend de l'activité industrielle. Outre des matières organiques contenant de l'azote ou du phosphore, ces eaux peuvent renfermer des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures et autres substances similaires. Avant de les évacuer dans les réseaux de collecte, les industriels doivent souvent les soumettre à un traitement préalable pour les rendre inoffensives. Ces eaux sont ensuite combinées avec les eaux domestiques uniquement lorsqu'elles ne présentent plus de risque pour les réseaux de collecte. Autrement, elles risquent de perturber le fonctionnement des stations d'épuration. **(Lartiges, 1994).**

I.3.3. Les eaux usées pluviales et de ruissellement :

Les eaux pluviales sont une autre source majeure de pollution des cours d'eau, surtout en période de fortes pluies. Lorsqu'elle est exposée à l'air, l'eau de pluie se charge de diverses impuretés, notamment les fumées industrielles. En ruisselant, elle entraîne avec elle les résidus présents sur les toits et les chaussées des villes, tels que les huiles de vidange, les carburants, les résidus de pneus et les métaux lourds, qui peuvent contaminer les cours d'eau...). **(Bontoux, 1993).**

I.3.4. Les eaux usées agricoles :

Les eaux polluées par des produits agricoles sont devenues une préoccupation majeure. Dans le contexte d'une agriculture moderne et intensive, les agriculteurs utilisent souvent des produits d'origine industrielle ou agricole qui peuvent être nocifs pour l'environnement et la qualité de l'eau. Les principaux produits concernés sont les engrais minéraux, les déjections animales et les pesticides tels que les herbicides, fongicides et insecticides. (Cardot, 1999).

- Fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation)
- Produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides).

I.4. Caractéristiques des eaux usées :

L'analyse de la composition des eaux usées implique l'utilisation de différentes mesures physiques, chimiques et biologiques. Les mesures les plus couramment utilisées incluent la mesure des matières particulaires (MES), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières azotées et phosphorées, ainsi que les paramètres bactériologiques.

I.4.1. Paramètres Physiques :

I.4.1.1. La matière en suspension (MES) :

L'analyse des eaux usées comprend la mesure des matières en suspension (MES), qui représentent la fraction de particules organiques et minérales non dissoutes. Cette mesure est importante pour évaluer le niveau de pollution des effluents, qu'ils proviennent de zones urbaines ou industrielles. Les MES constituent un paramètre important pour évaluer la qualité de l'eau par la relation suivante :

$$MES = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

Avec :

- MMS : matière minérale en suspension
- MVS : matière volatile en suspension

I.4.1.2. La température :

La température est un facteur écologique essentiel pour les écosystèmes aquatiques. Si elle augmente, elle peut perturber gravement la vie marine, entraînant une pollution thermique. De plus, elle joue un rôle crucial dans la nitrification et la dénitrification biologique. Les températures idéales pour la nitrification se situent entre 28 et 32°C, tandis que des températures de 12 à 15°C entraînent une forte diminution de la nitrification et que des températures inférieures à 5°C la stoppent complètement. **(Rodier, 2005).**

I.4.1.3. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique d'une eau dépend de la présence d'ions mobiles dans le milieu, qui permettent le passage d'un courant électrique. La concentration et la nature de ces ions dissous influencent la conductivité de l'eau. Elle est mesurée en déterminant la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de taille identique. **(Rejsek, 2002).**

I.4.2. Paramètres Organoleptiques :**I.4.2.1. La Turbidité :**

La turbidité d'une eau est causée par la présence de particules en suspension, telles que des argiles, des limons ou des matières organiques. Elle peut être mesurée à l'aide de diverses méthodes sur le terrain ou en laboratoire pour évaluer la qualité de l'eau et l'efficacité du traitement appliqué. Un niveau de turbidité élevé peut indiquer une pollution ou un traitement insuffisant. Afin d'obtenir des résultats fiables, il est recommandé de mesurer la turbidité des échantillons dès que possible après le prélèvement et de les agiter vigoureusement avant la mesure. Cependant, il est important de noter que la comparaison des résultats de turbidité peut être difficile en raison des caractéristiques spécifiques des matières en suspension, telles que leur taille, leur forme, leur indice de réfraction et leur couleur. **(Rodier, 2009).**

I.4.2.2. La couleur :

La couleur apparente due aux matières en suspension et en solution, est en fonction des composés chimiques solubles colorés. **(Djermakoy, 2005).**

I.4.2.3. L'odeur :

Les composés relativement volatils présents dans l'eau peuvent causer des odeurs, qu'ils soient inorganiques (tels que le chlore ou les hypochlorites) ou organiques (comme les algues). (Monique, 1984).

I.4.3. Paramètres Chimiques :**I.4.3.1. Le potentiel Hydrogène (pH) :**

Le pH des eaux usées domestiques est généralement compris entre 6,5 et 8,0, ce qui est crucial pour la croissance des micro-organismes qui les peuplent. Ces organismes ont besoin d'un pH optimal se situant entre 6,5 et 7,5, et des valeurs de pH qui sortent de cette plage peuvent nuire à leur diversité et leur croissance. Les produits chimiques qui affectent le pH peuvent ainsi compromettre l'efficacité du traitement des eaux usées. (Gaujous ,1999).

I.4.3.2. Oxygène dissous :

L'écologie des écosystèmes aquatiques. Les organismes hétérotrophes ont besoin de cet oxygène pour respirer. Cette mesure s'exprime en mg/l et dépend de nombreux facteurs, comme la température de l'eau et la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère. Le dioxygène dissous provient de sources telles que l'atmosphère et l'activité photosynthétique des plantes aquatiques et des algues. Cependant, il est limité par la solubilité de l'oxygène, qui atteint son maximum à 9 mg/l à 20°C . Il dépend de nombreux facteurs comme la température de l'eau, le taux des éléments dissous dans le milieu, ainsi que la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère. (Yamashita et al, 2010).

I.4.3.3. La Demande Biologique en Oxygène (DBO₅) :

En pratique, la mesure de la demande biochimique en oxygène permet d'évaluer la quantité de substances putrescibles présentes dans un milieu, ainsi que son pouvoir d'auto-épuration, ce qui permet de déterminer la charge maximale acceptable, notamment pour les traitements primaires des stations d'épuration. La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon représente la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes aérobies

présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques. (Rodier, 2005).

I.4.3.4. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO est une mesure qui permet de déterminer la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique présente dans une eau, qu'elle soit dégradable ou non, en utilisant du bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins exhaustive des matières oxydables. (Boumediene, 2013).

I.4.3.5. L'azote :

L'azote présent dans les eaux usées peut revêtir un caractère organique ou minéral, et se manifeste sous quatre formes différentes.

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- La présence d'azote ammoniacal (NH_4^+) dans les eaux usées est le résultat d'un processus d'ammonification de la matière organique azotée, suivie d'une nitrification par les bactéries nitrifiantes.
- L'azote nitreux (NO_2^-) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.
- Dans les eaux usées, la présence d'azote nitreux (NO_2^-) est le résultat d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou d'une réduction des nitrates par dénitrification. Toutefois, les nitrites sont instables et se transforment rapidement en nitrates.

Les formes d'azote oxydées sont présentes en très faibles concentrations dans les eaux usées urbaines, où l'azote se trouve essentiellement sous forme ammoniacale. (Salghi, 2004).

I.4.3.6. Le Phosphore :

Les ions orthophosphates et les ions phosphates condensés avec des molécules organiques sont les principales formes de phosphore présentes dans les eaux usées urbaines. Les ions

orthophosphates, qui correspondent au groupe PO_4^{3-} , peuvent être retenus par le sol et migrer vers les eaux souterraines. (Rejsek ,2002).

I.4.4. Paramètres Bactériologiques :

Les bactéries entériques sont des organismes adaptés aux conditions spécifiques de l'intestin humain, qui offrent une grande quantité de nutriments et de matières organiques, ainsi qu'une température constante de 37°C. Toutefois, leur capacité de survie en dehors de cet environnement est limitée par les conditions très différentes de leur habitat naturel. En outre, les bactéries pathogènes se trouvent en concurrence avec les bactéries commensales de l'intestin, ce qui limite leur croissance et leur développement. Les eaux usées urbaines contiennent généralement entre 107 et 108 bactéries par litre, dont 106 entérocoques et entérobactéries, 104 à 105 streptocoques fécaux et 103 à 104 Clostridium. Bien que la majorité de ces organismes ne soient pas dangereux, la concentration de bactéries pathogènes peut être d'environ 104/L. (Faby et Brissaud, 1997).

I.5. Les systèmes d'évacuation des eaux usés :

On appelle « système d'évacuation des eaux » l'ensemble des dispositifs et des produits utilisés et raccordés entre eux, et ce, afin d'évacuer les eaux usées d'une entité géographique (ville, village, commune...). Les systèmes de collecte et d'évacuation des eaux usées sont catégorisés en deux types : les réseaux unitaires et les réseaux séparatifs.

Les réseaux unitaires sont conçus pour collecter toutes les eaux, mais ils présentent un risque réel de débordement en cas de pluies torrentielles ou d'inondations. Les débordements peuvent être préjudiciables à la santé et à l'environnement en raison de la nocivité des eaux rejetées. Les réseaux séparatifs, en revanche, se composent de deux réseaux distincts : un réseau pour les eaux de pluie et un autre pour les eaux usées domestiques. Cette approche permet une meilleure gestion des eaux pluviales en cas d'événements extrêmes tels que les inondations ou les pluies intenses.

I.5.1. Système unitaire :

Les réseaux unitaires offrent une solution pratique pour l'évacuation simultanée des eaux usées et pluviales, mais leur utilisation peut entraîner des risques élevés de débordement et d'inondation

en cas de pluies intenses, qui peuvent avoir des conséquences néfastes pour la santé et l'environnement. (Rejsek,2002).

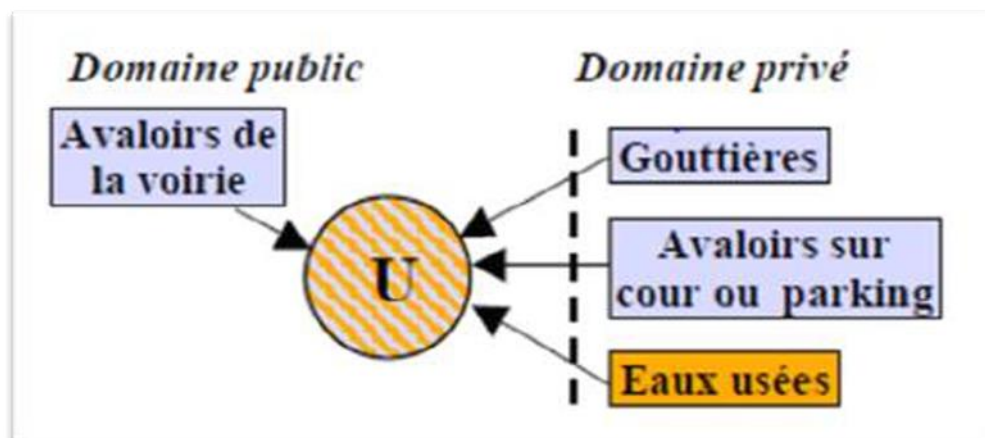


Figure I-1 : Système unitaire

I.5.2. Système séparatif :

Ce système implique de spécialiser chaque réseau en fonction des types d'effluents, ce qui signifie que les eaux usées domestiques et parfois industrielles (selon leurs caractéristiques) sont séparées du réseau d'évacuation des eaux pluviales qui sont souvent directement rejetées dans le milieu récepteur (mer, fleuve ou lac). Ce système offre des bénéfices comme la stabilité du débit dans les stations d'épuration et une diminution de la taille des conduites de collecte des eaux usées. Néanmoins, il est coûteux à mettre en place.

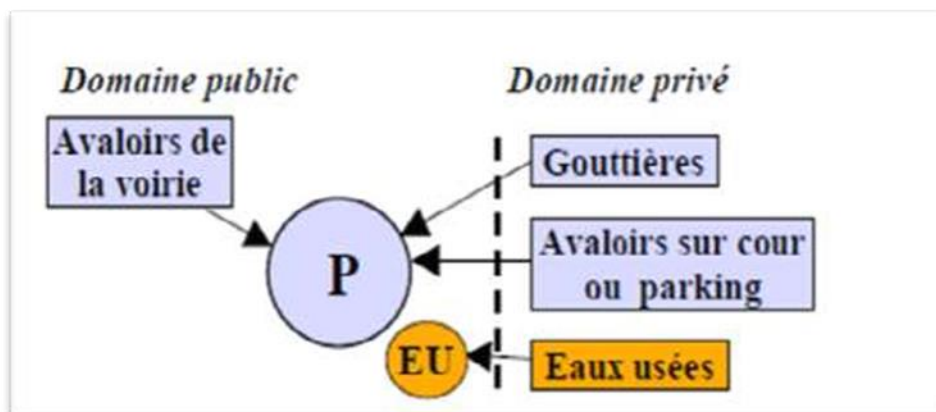


Figure I-2 : Système séparatif

I.5.3. Système mixte ou Système pseudo-séparatif :

Le système pseudo-séparatif est une méthode de collecte d'eau qui reçoit à la fois les eaux usées et une partie des eaux de ruissellement provenant directement des habitations. Cependant, il n'est plus recommandé pour les nouveaux équipements, sauf dans les pays tropicaux secs. Ce système permet de diviser les apports d'eau de pluie en deux parties :

Les eaux pluviales des toits et des cours intérieures sont évacuées dans le même réseau d'assainissement que les eaux usées domestiques, tandis que les eaux pluviales des routes et autres surfaces de voirie sont évacuées par des ouvrages de voirie spécifiques qui sont pris en charge par les services de voirie municipale et qui se déversent directement dans la nature. (Rejsek, 2002).

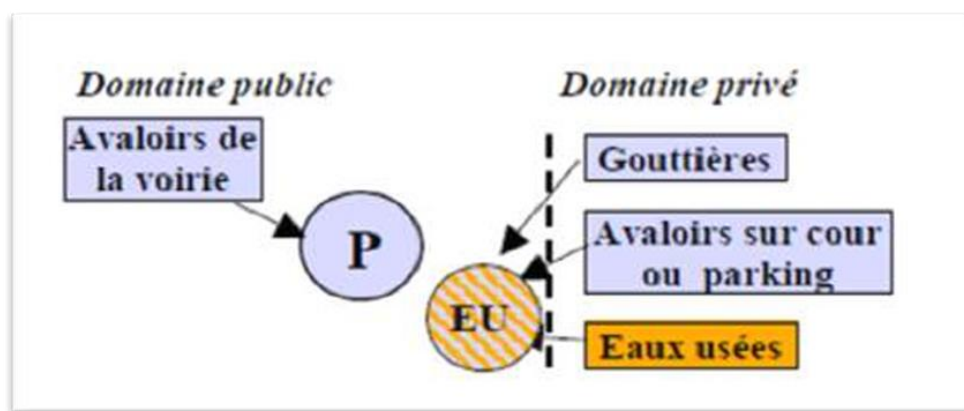


Figure I-3 : Système pseudo-séparatif

I.6. Traitement des eaux usées urbaines :

La mise au point des techniques naturelles d'épuration des eaux usées urbaines pour une zone déterminée, passe nécessairement par la caractérisation correcte de ses rejets et par l'étude in situ du comportement des systèmes naturels d'épuration face à de tels déchets.

Avant tout procédé d'évacuation ou réutilisation des eaux usées, le traitement de ces derniers est nécessaire pour protéger l'environnement et la santé publique ainsi que la santé animale de tout danger.

Généralement, la majorité des eaux usées urbaines est de nature biodégradable. Il est intéressant de signaler que le plus souvent les stations d'épuration des eaux usées urbaines soit à technique biologique. (Touam, 2016).

I.6.1. Objectif du traitement des eaux usées :

L'objectif principal du traitement des eaux usées est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue risque pour la santé humaine et l'environnement (FAO, 2003).

I.6.2. Station d'épuration des eaux usées :

Les eaux usées, qu'elles soient domestiques ou industrielles, sont traitées dans les stations d'épuration afin de réduire leur taux de polluants et de les rendre moins nocives pour l'environnement. Pour ce faire, plusieurs dispositifs et procédés sont utilisés, chacun ayant un rôle spécifique dans le processus de traitement. En outre, ces stations sont équipées d'un laboratoire qui permet de surveiller leur fonctionnement et de détecter d'éventuelles défaillances.

Une station d'épuration (STEP) est généralement placée à l'extrémité d'un réseau de collecte à l'amont d'un milieu naturel bleu, tel un lac.



Figure I-4 : Schéma général d'une station d'épuration

I.7. Techniques d'épuration des eaux usées :

I.7.1. Les méthodes classiques de traitements :

Il existe quatre modes épuratoires différents utilisés pour éliminer les polluants dans les procédés de traitement des eaux, à savoir :

- **Les procédés d'épuration physique** pour l'élimination des objets de taille comprise entre 0,1 et 50 mm (dégrillage, tamisage), des graisses et du sable,
- **Les procédés d'épuration physico-chimique** pour l'élimination des matières en suspension facilement décantables,
- **Les procédés biologiques** composé d'un réacteur biologique pour l'élimination de la pollution biodégradable organique (DBO_5) ou minérale (NH_3 , NO_3^- , P).
- **Les procédés d'épuration complémentaire** pour l'élimination des microorganismes ou du phosphore résiduel. ([Hamza et Ighiles, 2015](#))

I.7.1.1. Les procédés d'épurations physiques (le prétraitement) :

Au début du processus de traitement, il est primordial d'éliminer tous les éléments susceptibles de nuire au fonctionnement des équipements. Les matières les plus grossières doivent ainsi être retirées afin de préserver les organes mécaniques et d'optimiser l'efficacité des étapes ultérieures. Les procédés mécaniques tels que les grilles ou les tamis sont utilisés pour éliminer les grosses particules transportées par les eaux. Pour éliminer les déchets de grande taille, le traitement des eaux usées commence par un dégrillage composé de barres espacées de 10 à 50 mm, suivi d'un dégrillage plus fin (3 à 10 mm) ou d'un tamisage (0,1 à 3 mm). Les étapes suivantes du traitement impliquent des procédés physiques, tels que la décantation pour éliminer les sables, ou la flottation pour éliminer les graisses (matières grasses). ([Rejsek, 2002](#)).

La deuxième étape du prétraitement des eaux usées comprend l'élimination des particules denses ou abrasives, ainsi que la séparation des matières flottantes telles que les graisses, à l'aide d'un équipement appelé dégraisseur/dessableur. ([Grosclaude ; 1999](#)).

Après leur prétraitement, les eaux résiduaires contiennent une pollution sous forme de fines particules non arrêtées par le dégrillage ou le tamisage (les MES) ainsi que de molécules organiques et minérales en solution, que ce soit sous forme colloïdale ou réellement dissoute. **(Rejsek, 2002)**.

L'élimination des matières en suspension (MES) est généralement obtenue par décantation gravitaire, tandis que la pollution soluble subit une dégradation biologique. Cependant, dans certaines stations d'épuration, le traitement biologique peut également être utilisé pour éliminer les MES. **(Grosclaude ; 1999)**.

I.7.1.2. Les procédés d'épuration physico-chimique (traitement primaire) :

Les particules fines présentes dans les eaux usées peuvent être éliminées à l'aide d'un traitement physico-chimique qui utilise des réactifs chimiques. Ce traitement comprend souvent une étape de décantation qui permet de séparer les matières en suspension pouvant être décantées en deux heures. Cependant, ce traitement ne permet d'éliminer qu'une partie de la DCO, soit environ 65 à 80%. **(Rejsek, 2002)**.

I.7.1.3. Les procédés biologiques (traitement secondaire) :

Des organismes vivants, principalement des bactéries, sont impliqués dans les traitements biologiques qui permettent l'élimination des matières organiques dans les eaux usées.

Pour éliminer la pollution organique dans les eaux résiduaires, on utilise des traitements biologiques qui font intervenir des micro-organismes capables d'oxyder la matière minérale et les matières organiques. Ces traitements permettent également de réduire les molécules contenant de l'oxygène telles que NO_3 , SO_4 et CO_2 . En conséquence, les traitements biologiques permettent d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie des matières en suspension. **(Grosclaude ; 1999)**.

En effet. Il existe deux types des procédés de station d'épuration des eaux usées urbaines à caractère biologique : Procédé intensif et le procédé extensif.

I.7.1.3.1. Procédés intensifs :

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces systèmes est de localiser sur des surfaces

réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. On a les lits bactériens et les boues activées (**Baudot et Perera, 1991**).

Ce mode de traitement est caractérisé par concentration en organismes épurateurs est élevée, le temps de séjour assez petit quelques heures et les ouvrages ne sont pas assez importants. Trois grands types de procédés sont utilisés : les lits bactériens et disques biologiques, les boues activées et les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée.

A. Lit bactérien :

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien nécessite à faire couler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de substances poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. La figure (I-4) présente un schéma général du procédé à lit bactérien.

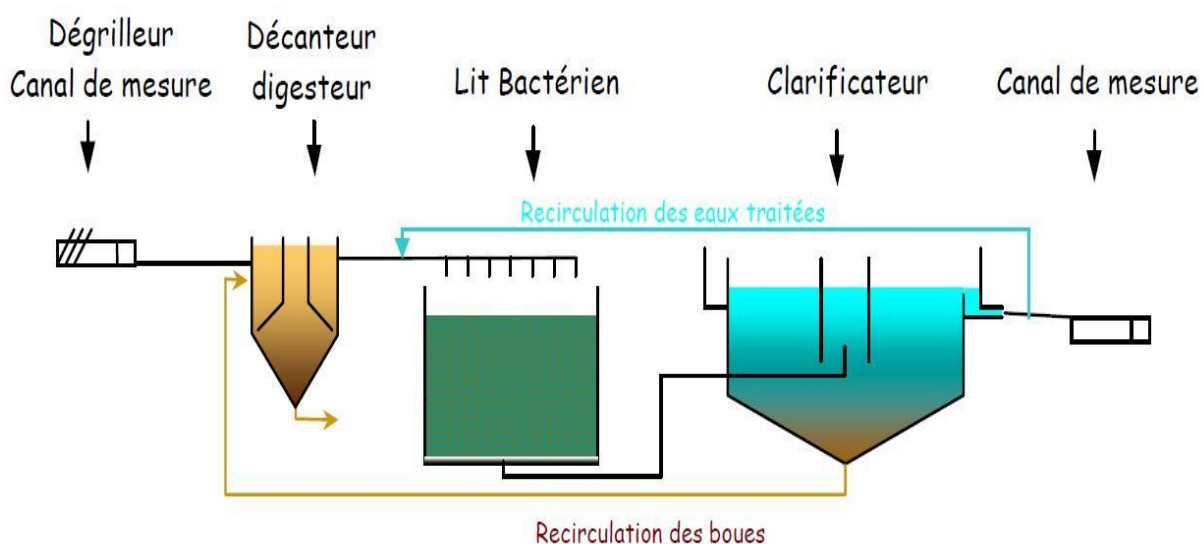


Figure I-5 : Schéma général d'un Lit bactérien

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs.

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux (**Satin et Belmi, 1999**).

Le dimensionnement d'une station d'épuration peut être réalisé d'une manière globale en appliquant des ratios au prorata du nombre d'équivalents-habitants. Cette approche donnera une approximation grossière des volumes de bassins.

Il est important de signaler que pour dimensionner une station de traitement à lit bactérien, il devra bien être pris en compte le volume de boues recirculées.

Le dimensionnement à mettre en œuvre dépend étroitement des objectifs à atteindre.

Tableau I-1 : Le dimensionnement des lits bactériens (Document technique FNDAE n°22)

Objectif du rejet	Type de garnissage	Charge organique maximum (kg DBO ₅ /m ³ . j)	Hauteur de matériau minimum (m)	Charge hydraulique minimum (m/h)	Taux de recirculation minimum
≤ 35 mg DBO ₅ /l	Traditionnel	0.7	2.5	1	2
	Plastique	0.4	4	2.2	2
≤ 25 mg DBO ₅ /l	Traditionnel	0.7	2.5	0.7	2.2
	Plastique	0.4	5	1.8	2.2

B. Disques biologiques :

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants (cf. schémas ci-dessous). Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

- De la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe).

- Du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes).

La figure (I-6) présente un synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique (<http://www.carteleau.org> - rubrique guide des services).

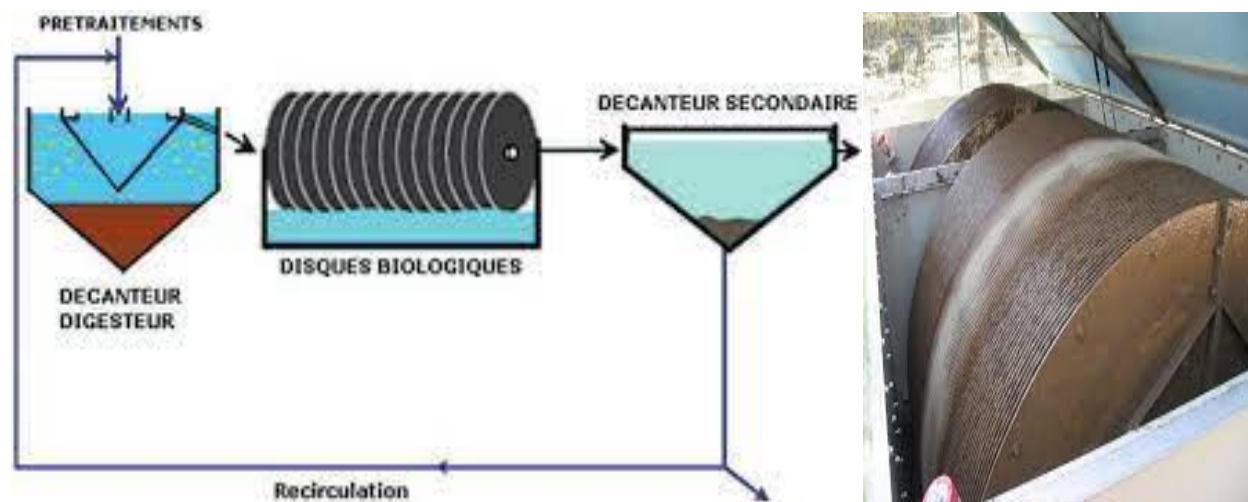


Figure I-6 : Schéma général d'un disque biologique

C. Boues activées :

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto - épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. La figure 3 présente un schéma général d'une station d'épuration à boues activées.

Le procédé « boues activées » consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases « eaux épurées » et « boues épuratrices » sont séparées (**Agences de l'Eau. 1999**).

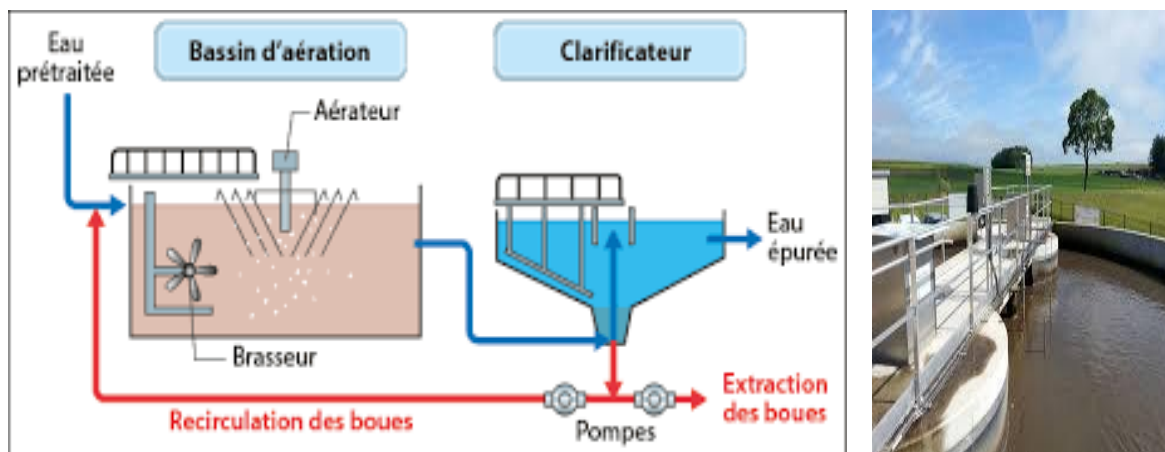


Figure I-7: Station d'épuration à boues activées

Une installation de ce type comprend les étapes suivantes :

- Les traitements préliminaire et, éventuellement, primaire.
- Le bassin d'activation (ou bassin d'aération).
- Le décanteur secondaire avec reprise d'une partie des boues.
- L'évacuation des eaux traitées.
- Les digesteurs des boues en excès provenant des décanteurs.

Le dimensionnement du bassin d'aération s'effectue comme suit, dans le cas d'une aération prolongée (**Document technique FNDAE N°22**) :

- Charge massique : $\leq 0,1$ kg DBO₅/kg MES.j.
- Charge volumique : $\leq 0,35$ kg DBO₅/m³. j.
- Concentration de boues : 4 à 5 g MS/l.
- Temps de séjour : 24 heures environ.
- Besoins en O₂ : de l'ordre 1,8 kg O₂/kg DBO₅ éliminée.
- Puissance de brassage : 3 à 10 W/m³ pour les brasseurs. Et 10-20 W/m³ pour les systèmes d'aération de fines bulles d'air.

Une boue activée d'aération prolongée permet d'éliminer 95 % de la DBO₅.

Les différents avantages et inconvénients de différentes filières intensives d'épuration des eaux usées urbaines sont présentés dans le tableau (I-2)

Tableau I-2: Avantages et inconvénients des filières intensives (<http://www.carteleau.org>)

Filière	Avantages	Inconvénients
Lit bactérien et disque biologique	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Faible consommation d'énergie. ➤ Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées. ➤ Bonne décantabilité des boues. ➤ Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. ➤ Généralement adaptés pour les petites collectivités. ➤ Résistance au froid (les disques sont toujours). ➤ Protégés par des capots ou par un petit bâtiment). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Performances généralement plus faibles qu'une technique par boue activées. Cela tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes. ➤ Coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20 % par rapport à une boue activée) ➤ Nécessité de prétraitements efficaces. ➤ Sensibilité au colmatage. ➤ Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.
Boue activée	<ul style="list-style-type: none"> ➤ adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). ➤ bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5, N par nitrification et dénitrification). ➤ adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles. ➤ boues légèrement stabilisées. ➤ facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ coûts d'investissement assez importants. ➤ consommation énergétique importante. ➤ nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. ➤ sensibilité aux surcharges hydrauliques. ➤ décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser. ➤ forte production de boues qu'il faut concentrer

I.7.1.3.2. Procédés extensifs :

Les solutions extensives correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels la concentration en organismes épurateurs est faible, temps de séjour est assez long et des grands ouvrages. Parmi ces procédés on note, le lagunage (**Dégremont, 2005**).

- **Traitement par lagunage :**

Le lagunage est une technique de traitement des eaux usées extensive qui utilise des bassins étanches en série pour favoriser le développement de bactéries, d'algues et de zooplancton. Les bactéries aérobies libres décomposent la matière organique en utilisant l'oxygène produit par la photosynthèse algale. L'eau reste dans les bassins pendant des périodes prolongées pour permettre aux processus naturels d'autoépuration de se produire. Cependant, les effets du lagunage dépendent des conditions climatiques locales telles que l'ensoleillement et la température. (**Brouillet et al, 2008**).

Les bassins de lagunage sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. C'est le plus répandu et le plus classique surtout dans les pays à climat chaud et où le terrain est disponible à coût raisonnable (**Amir, 2005**).

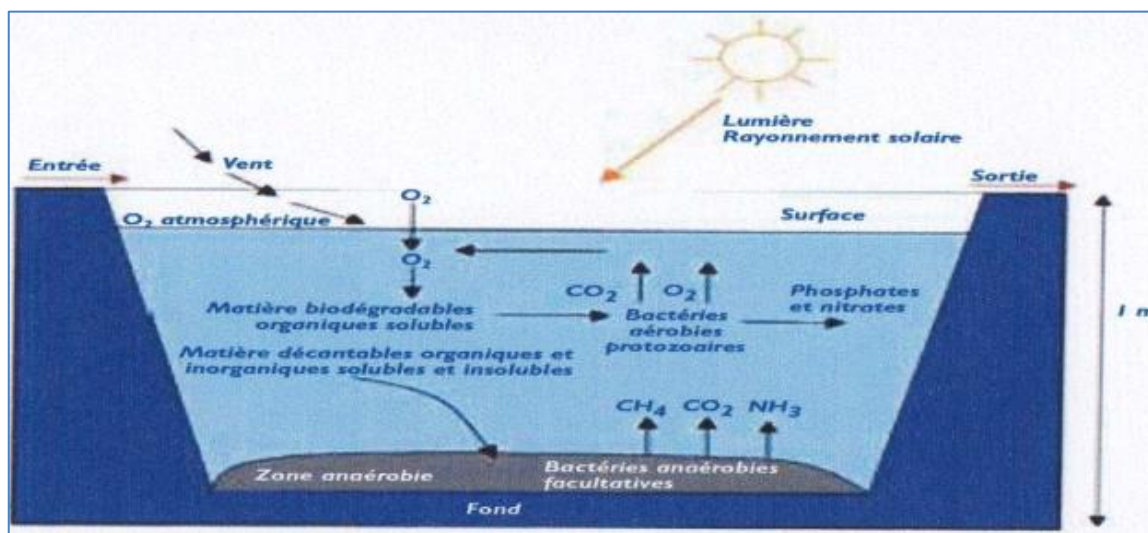


Figure I-8: Schéma général d'un lagunage

Ce système d'épuration présente de nombreux avantages en comparaison avec d'autres procédés. Il ne consomme pas d'énergie et ne demande pas de produits chimiques, ne nécessite que peu

d'entretien, il est simple, écologique, rustique, fiable, et peu onéreux du avec des résultats hautement satisfaisants en matière de décontamination. Ses nombreux avantages pourraient couvrir les quelques contraintes de cette technique dont le principal est la superficie nécessaire pour leur installation (U.N.E.S.C.O., 2008). La figure (I-7) présente un schéma général d'un lagunage.

En effet, plusieurs systèmes de traitement des eaux usées par lagunage ont été appliquées, dont les principaux sont le lagunage naturel, à microphytes, à macrophytes et aéré (Commission Européenne, 1991. U.N.E.S.C.O., 2008).

A. Lagunage naturel :

Le traitement des eaux usées par lagunage naturel consiste à faire reposer l'eau dans des bassins peu profonds, ouverts et en série pendant une période de 30 à 60 jours. Les bassins contiennent des organismes, tels que des bactéries, des algues et des zooplanctons, qui contribuent à la dégradation de la matière organique et à la stabilisation des boues produites. Le lagunage est une technique biologique efficace pour réduire la charge polluante des eaux usées.

Le lagunage naturel repose sur la décantation des matières en suspension directement dans les bassins et la dégradation des substances solubles par les microphytes. Les bactéries éliminent les matières organiques en présence d'oxygène produit par les algues, ce qui permet d'assurer un cycle biologique. (Khattabi, 2002).

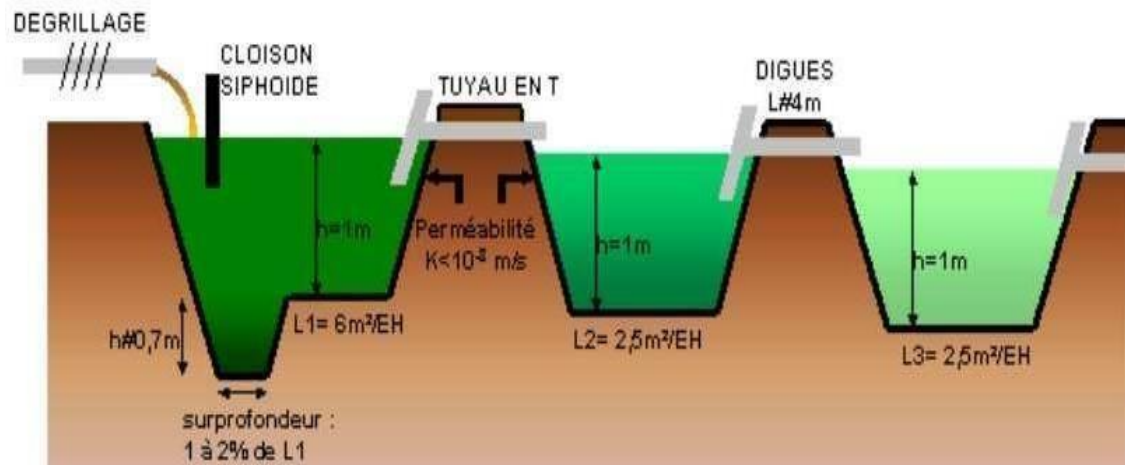


Figure I-9: Schéma de principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constituée de trois bassins (Brouillet et al, 2008).

B. Lagunage à macrophytes :

Il est constitué de plantes telles que les roseaux et les massettes. Les bassins sont généralement de plus faible surface et moins profonds 0,6 à 0,8 m ou la charge polluante est plus faible. L'effet épuratoire est dû principalement à la faculté de ces plantes d'extraire les éléments nutritifs de la colonne d'eau.

Les bassins étanches en série du lagunage à macrophytes sont entièrement couverts de plantes aquatiques, principalement de la laitue d'eau. Ces plantes permettent de maintenir des conditions anaérobies favorables à la dégradation de la matière organique initiée dans le décanteur-digesteur. Les racines des plantes piègent les boues en suspension, stimulant une activité bactérienne intense et fournissant de l'oxygène au milieu.

La réintroduction progressive d'oxygène dans les bassins de lagunage à macrophytes se produit sur le dernier tiers des bassins, où la couverture de la surface par la laitue d'eau est réduite à 20 %. Les deux premiers tiers sont complètement couverts et utilisés pour la décomposition de la matière carbonée.

Pour obtenir des résultats satisfaisants dans le traitement des eaux usées, il est recommandé d'adopter une profondeur de 0,7 m et une largeur de 3 à 4 m pour les bassins de lagunage. L'auteur conseille également d'allouer une superficie minimale de 1,3 m² par équivalent habitant, ainsi qu'une durée de traitement de 8 jours, pour atteindre les niveaux minimaux de qualité de l'effluent, y compris une concentration de 70 mg/l de DCO, 20 mg/l de DBO₅, 10 mg/l de MES et 8 mg O₂/l d'oxygène dissous. (Kone, 2002).

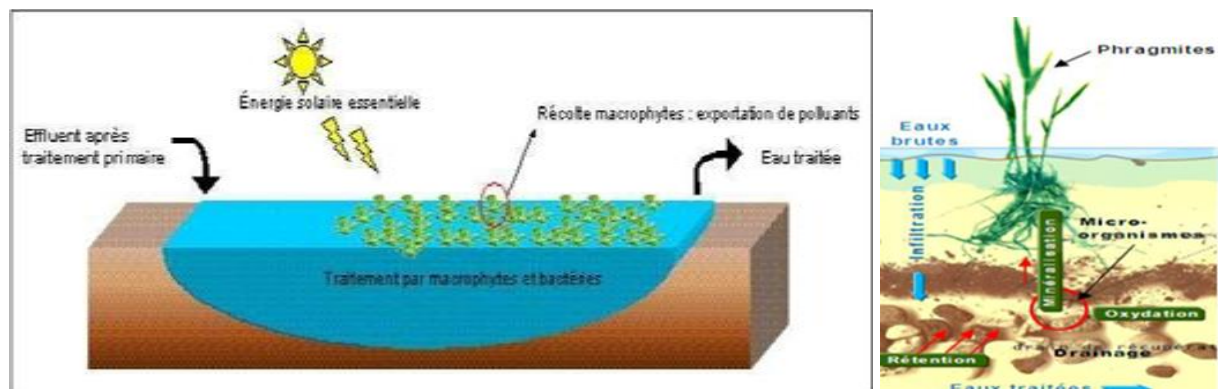


Figure I-10: Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes (Brouillet et al, 2008)

C. Lagunage aéré :

Composé de plusieurs bassins, dont les premiers sont équipés d'un dispositif d'aération artificiel. L'oxygénation est dans le cas du lagunage aéré apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. Le temps de séjour dans les bassins varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement affecte les rendements attendus (Himmi et al, 2005 ; Rassam et al, 2012).

Les eaux à traiter dans l'étage d'aération sont mélangées avec des micro-organismes qui vont décomposer les nutriments contenus dans la pollution. Les bactéries et les champignons jouent un rôle clé dans ce processus, similaire à celui observé dans les stations à boues activées.

Dans la zone de décantation, les matières en suspension se séparent pour former des boues, qui sont ensuite évacuées lorsque leur volume devient trop important. Cette zone peut consister en une simple lagune de décantation, mais il est préférable d'utiliser deux bassins distincts pour faciliter le nettoyage. (Berland et al, 2001).

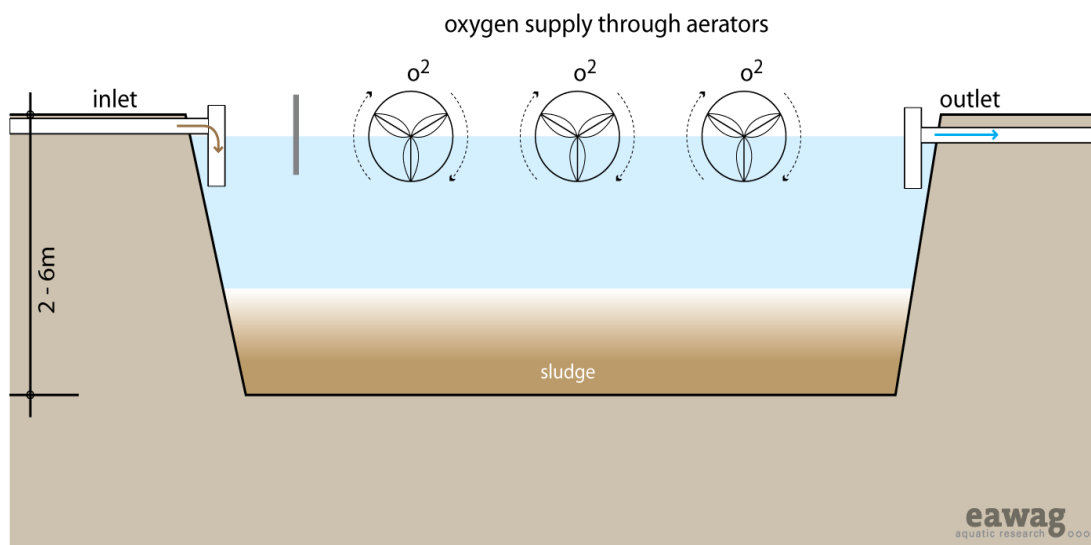


Figure I-11 : Lagunage aéré

Parallèlement au procédé intensif, les différents avantages et inconvénients d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage sont présentés dans le tableau (I-3) (<http://www.carteleau.org>).

Tableau I-3 : Avantages et inconvénients des filières extensifs (<http://www.carteleau.org>)

Filière	Avantages	Inconvénients
Language	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable. ➤ L'exploitation reste légère, mais si le curage global n'est pas réalisé à temps, les performances de la lagune chutent très sensiblement. ➤ Elimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été). ➤ Très bonne élimination des germes pathogènes en été (4-5 logs), bonne en hiver (3 logs). ➤ S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique. ➤ Pas de construction "en dur", le génie civil reste simple. ➤ Bonne intégration paysagère. ➤ Absence de nuisance sonore. Les boues de curages sont bien stabilisées (sauf celles présentes en tête du premier bassin) et faciles à épandre sur sol agricole. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Forte emprise au sol. ➤ Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune. ➤ Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui est moins néfaste qu'une matière organique dissoute pour l'oxygénation du milieu en aval. Ce rejet reste faible en été (évapotranspiration), période la plus défavorable pour les cours d'eau, ce qui permet un rendement excellent en flux rejeté. ➤ Qualité du rejet variable selon les saisons.

I.7.1.3.3. L'élimination de l'ammoniaque (la nitrification) :

L'élimination de l'ammoniaque nécessite la présence d'oxygène, ce qui n'est pas le cas pour la matière organique. Seules quelques espèces bactériennes strictement aérobies, appelées bactéries nitrifiantes, sont capables d'effectuer la réaction d'oxydation. Pour transformer l'ammoniac en nitrates, le processus se fait en deux étapes : les bactéries Nitrosomonas transforment d'abord le NH_3^+ en nitrite (NO_2^-), puis les nitrites sont oxydés en nitrates (NO_3^-) par les bactéries Nitrobacter. (Grosclaude, 1999).

I.7.1.3.4. L'élimination des nitrates (la dénitrification) :

Pour éliminer les nitrates en utilisant un traitement biologique, il faut procéder à une réaction de dénitrification qui implique l'oxydation simultanée d'une molécule organique ou minérale pour fournir l'énergie nécessaire à la réduction des nitrates en azote N_2 . (**Grosclaude, 1999**).

I.7.1.4. Les procédés d'épuration complémentaire (le traitement tertiaire) :

Dans ce type de traitements on vise principalement l'élimination du phosphore (la déphosphatation) et les germes pathogène (la désinfection).

I.7.1.4.1. La phosphatation :

La déphosphatation peut être réalisée par des traitements physico-chimiques ou biologiques. La méthode biologique est basée sur une alternance de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique, mais elle est moins performante que la déphosphatation physico-chimique, qui reste la méthode la plus courante. (**Rejsek, 2002**).

La déphosphatation peut être effectuée par une réaction physico-chimique de précipitation en présence de sels minéraux tels que le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique, soit simultanément avec les réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit lors du traitement final. (**Grosclaude, 1999**).

I.7.1.4.2. La désinfection :

Lorsque les eaux usées traitées doivent être rejetées dans un milieu aquatique destiné à la baignade ou aux activités touristiques, la désinfection est une étape essentielle. Plusieurs options sont possibles pour cette étape, notamment l'utilisation de chlore, d'ozone, de brome ou d'UV. De nos jours, les UV sont de plus en plus utilisés pour garantir une désinfection optimale des eaux usées urbaines. (**Amir, 2005**).

I.7.1.5. Traitement des boues :

Les boues générées par les STEP sont principalement constituées de matières organiques, minérales et microbiennes, ainsi que d'une forte proportion d'eau. Pour éviter leur décomposition

et leur réduire leur volume, elles sont traitées avant leur utilisation ou leur élimination. (**Menaceur et Saidj, 2013**).

- **Technique de traitement des boues :**

Quel que soit le mode d'épuration des eaux usées, les boues issues doivent subir des traitements qui visent à atteindre les objectifs suivants :

- Epaissement : minimiser le volume à évacuer en éliminant l'eau.
- Stabilisation : minimiser les nuisances olfactives et pathogéniques.
- Déshydratation (naturelle ou mécanique) : faciliter le transport manutention et le stockage en améliorant la texture de la boue. (**Dauvergin, 2007**).

A. Epaissement des boues :

L'épaissement est la première étape du traitement des boues pour réduire leur volume et augmenter leur concentration en vue de la déshydratation. Le concentrateur statique fonctionne en deux phases : la clarification pour obtenir un surnageant pauvre en matière en suspension, puis la décantation où la teneur des boues en matière en suspension augmente sous l'effet de la pesanteur. (**Cardot, 1999**).

B. Stabilisation des boues :

Pour éviter les odeurs nauséabondes, il est essentiel de stabiliser les boues en réduisant leur pouvoir fermentescible, notamment en empêchant la fermentation des matières organiques à évolution rapide. Cette stabilisation peut être effectuée en maintenant un pH élevé (supérieur à 12) grâce à l'ajout de chaux, qui inhibe la croissance microbienne. (**Molleta, 2006**).

C. La déshydratation :

Après avoir été épaissies et stabilisées, les boues sont soumises à une phase de déshydratation qui permet d'évacuer la majeure partie de l'eau résiduelle. Pour cela, on utilise généralement des procédés mécaniques ou thermiques.

Durant la phase de séchage, les boues ont un comportement plastique et collant lorsque leur taux de matières sèches est d'environ 50 %, ce qui exige des aménagements techniques et matériels particuliers. En outre, les boues sont riches en vapeur d'eau et contiennent des éléments

incondensables malodorants qui doivent être détruits par combustion, soit dans un générateur thermique, soit dans un incinérateur spécialement conçu à cet effet. (Grosclaude, 1999).

I.8. Normes de rejets des eaux usées :

Les normes de rejet sont des valeurs des paramètres polluants d'une eau usées à ne pas dépasser. On distingue :

I.8.1. Normes internationales :

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont présentées dans le tableau (I-4). (Kesbi, 2016).

Tableau I-4 : Normes de rejets internationaux.

Caractéristique	Unités	Normes utilisés (OMS)
PH	----	6,5-8,5
DBO ₅	mg/L	< 30
DCO	mg/L	< 90
MES	mg/L	< 20
NH ₄ ⁺	mg/L	< 0,5
NO ₂	mg /L	1
NO ₃	mg /L	< 1
P ₂ O ₅	mg/L	< 2
Température	°C	< 30
Couleur	----	Incolore
Odeur	----	Inodore

I.8.2. Normes de rejets Algérienne :

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau (I-5). (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

Tableau I-5 : Normes de rejets des Eaux usées appliquées en Algérie.

Paramètres	unités	Valeurs limites	Paramètres	unités	Valeurs limites
Température	°C	30	Aluminium	mg/L	0.3
PH	----	6.5 à 8.5	Cadmium	mg/L	0.2
MES	mg/L	35	Fer	mg/L	03
DBO ₅	mg/L	35	Manganèse	mg/L	01
DCO	mg/L	120	Mercure total	mg/L	0.01
Azote kjeldahl	mg/L	30	Nickel total	mg/L	0.5
Phosphates	mg/L	02	Plomb total	mg/L	0.5
Phosphore total	mg/L	10	Cuivre total	mg/L	0.5
Cyanures	mg/L	0.1	Zinc total	mg/L	03
Huiles et graisses	mg/L	20	(*)Chrome III+	mg/L	03
Hydrocarbures totaux	mg/L	10	(*)Chrome VI+	mg/L	0.1
indice Phénols	mg/L	0.3	(*) Solvants organiques	mg/L	20
Composés organiques chlorés	mg/L	05	(*)Chlore actif	mg/L	01
Chromes total	mg/L	0.5	(*)Détergents	mg/L	2

I.9. Conclusion:

Ce chapitre a pour objectif de décrire les différents types de procédés utilisés pour l'épuration des eaux usées et de présenter les normes de rejet. L'objectif est de souligner l'importance de préserver et de protéger l'environnement contre toute pratique nuisible. En outre, le chapitre montre que le traitement des eaux usées nécessite une grande attention et une grande précision pour s'adapter aux différentes filières de traitement en raison de la sensibilité des dosages.

Le rôle des stations d'épuration est de concentrer les polluants contenus dans les eaux usées. Les eaux usées proviennent généralement de quatre sources principales : les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles, les eaux usées urbaines et le ruissellement dans les zones agricoles. Cependant, certaines eaux usées sont plus difficiles à traiter que d'autres. Les eaux usées industrielles peuvent être difficiles à traiter, tandis que les eaux usées domestiques sont relativement faciles à traiter. Il existe différents types de stations d'épuration qui traitent les eaux usées, selon leur origine et leur composition.

Dans le cadre de leur fonctionnement, les stations d'épuration sont tenues de respecter des normes strictes de dépollution. Nous avons également présenté, dans ce chapitre, les normes de rejet en vigueur en Algérie ainsi que les normes internationales.

Chapitre II

Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

II.1. I introduction :

Avant de se lancer dans tout projet hydraulique dans une région donnée, une étude technique approfondie est nécessaire. Cette étude doit commencer par un état des lieux de la région, comprenant des informations sur sa situation géographique, démographique, climatique, hydrologique et hydrique. Dans ce chapitre, nous présenterons la ville de Sidi Aissa et les différents dispositifs de la station de boues activées. Nous vous fournirons une explication détaillée de leur fonctionnement, depuis l'arrivée de l'eau jusqu'au rejet des eaux traitées dans le milieu naturel.

II.2. La Situation Géographique de la Zone d'Etude de la ville de Sidi Aissa :

La commune de Sidi Aissa est située dans la partie Nord-Ouest à environ 90 Km du chef-lieu de la wilaya de M'sila. Elle se situe au Coordonnées $36^{\circ} 30' 00''$ nord, $4^{\circ} 17' 52''$ est ((voir figure II-1 ci-dessous) est située dans une région qui prolonge le bassin du Hodna vers le Nord-Ouest.

Cette région est principalement consacrée à l'agriculture et à l'élevage, avec environ 80% des terrains utilisés comme parcours. Elle fait partie des hautes plaines steppiques de la zone des hauts plateaux, à une altitude de 640 m.



Figure II-1 : Plan de situation de la Wilaya de M'SILA

II.3. Population :

La commune de Sidi Aissa est située dans la partie Nord-Ouest à environ 90 Km du chef-lieu de la Wilaya de M'SILA, et occupe une superficie de 635.3 km². La commune de Sidi Aissa est située au Nord-Ouest de la wilaya et pour une population estimée en 2018 à 86 207 habitants, soit une densité de 135.7 ha/Km².

La Commune de Sidi Aissa est constituée d'une agglomération chef-lieu nommée «Sidi Aissa», d'une agglomération secondaire appelée « Djaafra », et d'une zone éparsée. Sa délimitation est la suivante :

- Au Nord, la Commune de Sidi Aissa est bordée par la wilaya de Bouira, comprenant les communes de Takdit, El Hdjra zerka, El dira, El maamoura.
- A l'Est, par la Commune de Sidi Hadjres.
- A l'Ouest, par les Communes de Cheniguel et Ain Oukesir.
- Au Sud, par les Communes de Ain El Hadjel et BoutiSayeh.

II.4. Hydrographie :

La superficie du bassin versant du Hodna est d'environ 25 000 km² et il est traversé par plusieurs Oueds et de nombreux cours d'eau qui se jettent dans la sebkha et le chott. Le ruissellement moyen est évalué entre 2 et 10 pour cent des précipitations annuelles, tandis que les eaux des Oueds sont caractérisées par une salinité faible à moyenne, avec un résidu sec allant de 0,2 à 1,5 g/l.

En raison de sa situation géographique, la zone d'étude est traversée par d'importants Oueds qui prennent leur source dans les monts de l'Atlas tellien, situés au nord.

La région connaît actuellement une période de sécheresse qui rend les Oueds non pérennes et la plupart d'entre eux sont asséchés pendant la majeure partie de l'été (entre 6 et 10 mois). Toutefois, pendant la saison hivernale, ces mêmes Oueds peuvent connaître des crues soudaines et très violentes, entraînant de graves dégradations aussi bien pour l'agriculture que pour les zones

Chapitre II Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

urbaines. Les eaux s'infiltrant dans les larges vallées peu définies des Oueds et alimentent les nappes phréatiques.

Appartenant au bassin versant numéro 05, la région de Sidi Aissa est drainée par l'Oued El Ham et ses affluents, qui se déversent tous dans le chott El Hodna.

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est constitué par trois principaux oueds Savoir :

- Oued Guetrini,
- Oued El Gherak ; qui se déverse dans l'oued Guetrini,
- Oued Djenane ; collecteur principal des eaux superficielles de la commune.

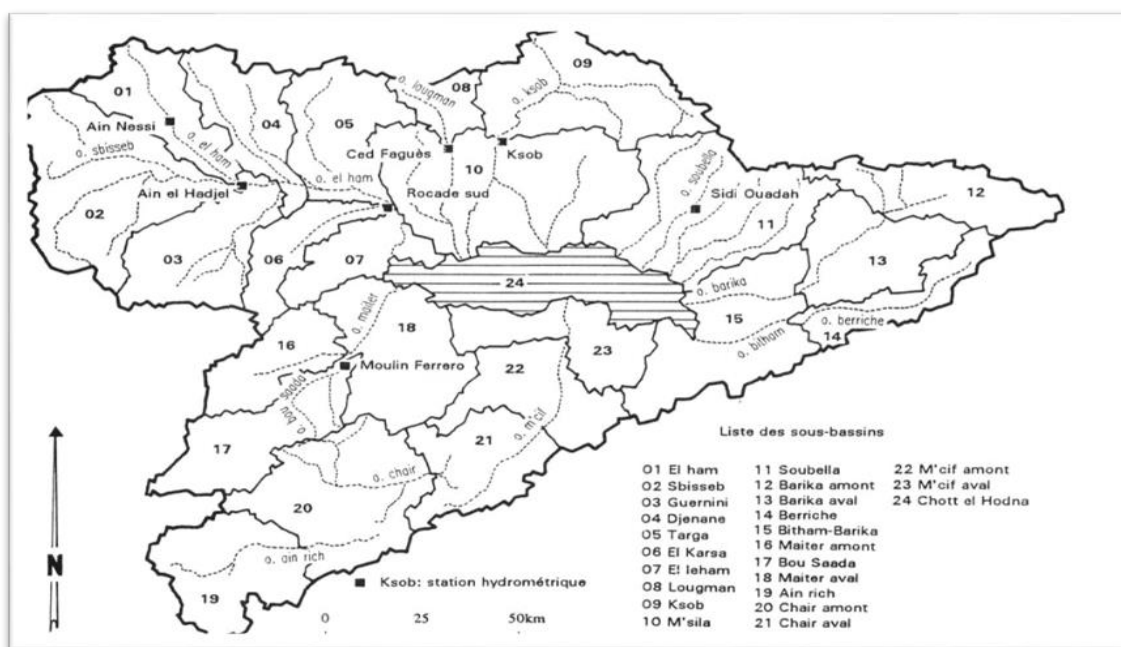


Figure II-2 : Réseau hydrographique du bassin d'El Hodna

II.5. Caractéristiques climatologiques :

Dans un projet de station d'épuration, il est primordial de tenir compte de l'aspect climatique, car il joue un rôle important dans le fonctionnement du procédé d'épuration et dans le choix du site.

Étant donné l'absence d'une station météorologique dans la région de Sidi Aissa, l'analyse des paramètres climatiques se fonde sur les données de la station la plus proche, celle de M'sila, qui présente des caractéristiques similaires à celles de la région de Sidi Aissa.

Chapitre II Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

Les informations géographiques de la station météorologique de M'sila sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-1: Caractéristique de la station météorologique de M'sila.

Caractéristique de la station de : M'sila	Longitude	Latitude	Altitude (m)
	04° 30'N	35° 40 N	441

Le climat de la région du Hodna, qui fait partie de la zone méditerranéenne et se trouve entre les climats tempérés et tropicaux, est fortement influencé par le climat tropico-équatorial. Cette région reçoit une faible quantité de précipitations, distribuées de façon très inégale dans le temps.

En ce qui concerne la classification climatique, la majeure partie du bassin du Hodna appartient à la catégorie de climat aride à hiver tempéré et froid.

Jusqu'à une altitude de 700 m, la plaine de la région est soumise à un climat aride, tandis que dans les piémonts (généralement situés au-dessus de 700 m), le climat est semi-aride.

Les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

II.5.1. La Température :

La température représente un facteur incontournable ayant un grand impact sur le climat. Le tableau suivant représente la répartition mensuelle de température enregistrées au niveau de la station météorologique de M'sila durant la période (2001-2005). (ONM : Office national de la Météorologie).

Tableau II-2: Répartition mensuelle de la température

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dés	Moyenne annuelle
T° moy max	13,78	15,92	20.3	23.74	29	35.72	39.38	37.96	31.64	27.38	18.54	14.04	25.62
T° moy min	2.96	3.9	8.1	11.28	15.9	21.9	25.36	24.5	21.12	15.44	8.28	4.66	13.62
T °moy	8.37	9.91	14.2	17.51	22.45	28.81	32.37	31.23	26.38	21.41	13.41	9.35	19.62

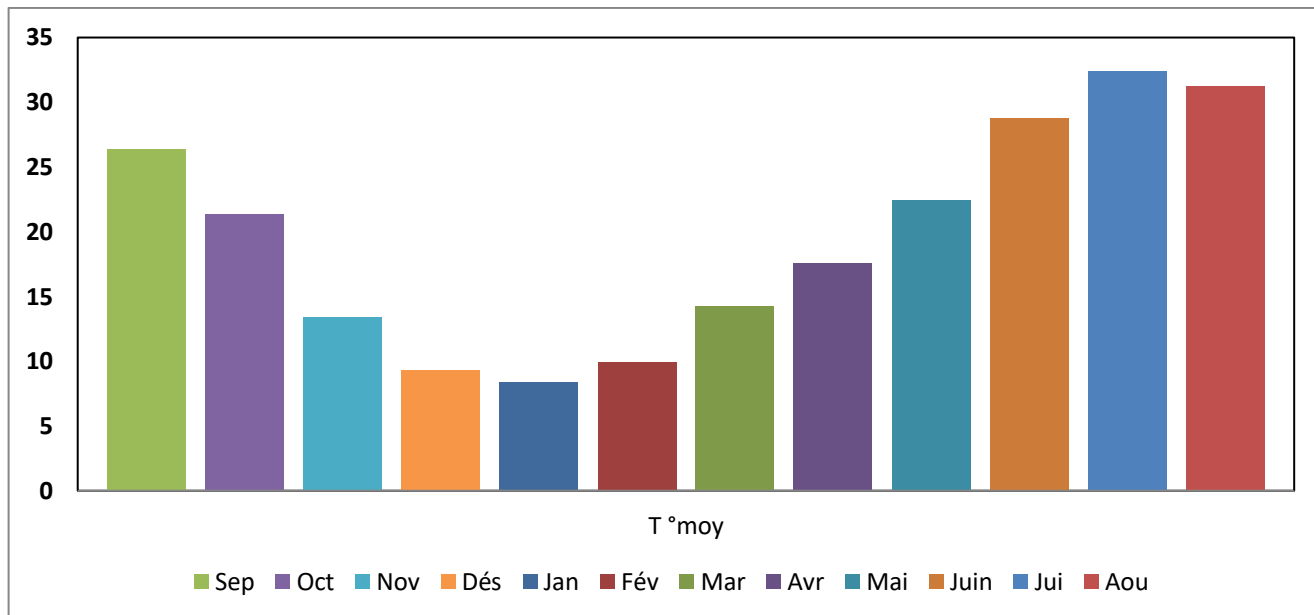


Figure II-3 : Histogramme des températures moyennes mensuelles

Selon le graphique présenté en figure II-3, les températures moyennes mensuelles montrent une baisse durant l'hiver (Décembre, Janvier, Février) atteignant un minimum de 8,37°C en Janvier, puis une augmentation durant l'été (Juin, Juillet, Août) avec un maximum de 32,37°C en Juillet. En moyenne, la température annuelle est de 19,62°C.

L'histogramme des températures moyennes maximales montre que, la température maximale la plus élevée est enregistrée en juillet avec 39,38 C°, et la température minimale moyenne la plus basse est enregistrée en janvier avec 13,78 C°. Pour les températures moyennes minimales, l'histogramme montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au mois de juillet avec 25,36 C°, tandis que les plus basses sont enregistrées en Décembre avec 2,96 C°.

II.5.2. Les Précipitations :

Les précipitations sont l'ensemble des eaux météoriques collectées dans un bassin versant, qu'elles soient liquides (pluie) ou solides (neige, grêle, etc.). Elles sont la principale source d'approvisionnement de l'oued, et le régime hydrologique du bassin est directement influencé par ces précipitations, qui sont principalement sous forme de pluie. Avant d'évaluer les précipitations dans le bassin, nous avons analysé les données disponibles à la station pluviométrique.

Chapitre II Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

Il est important de signaler que les précipitations constituent un facteur écologique d'une importance fondamentale dans le calcul et l'évaluation de la performance de n'importe quelle station de traitement des eaux usées. Le tableau suivant représente la Précipitation mensuelles moyennes en (mm) à la ville de Sidi Aissa. (ONM).

Tableau II-3: Répartition mensuelle du Précipitation mensuelles moyennes de la ville de Sidi Aissa en (mm)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dés	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	moyenne annuelle
Pmoy (mm)	19.57	29.55	20.88	27.45	35.41	19.24	28.85	24.91	25.3	24.03	8.25	7.61	271
Pmoy (%)	7.23	10.91	7.71	10.13	13.07	7.1	10.65	9.2	9.34	8.87	3.05	2.81	100

*

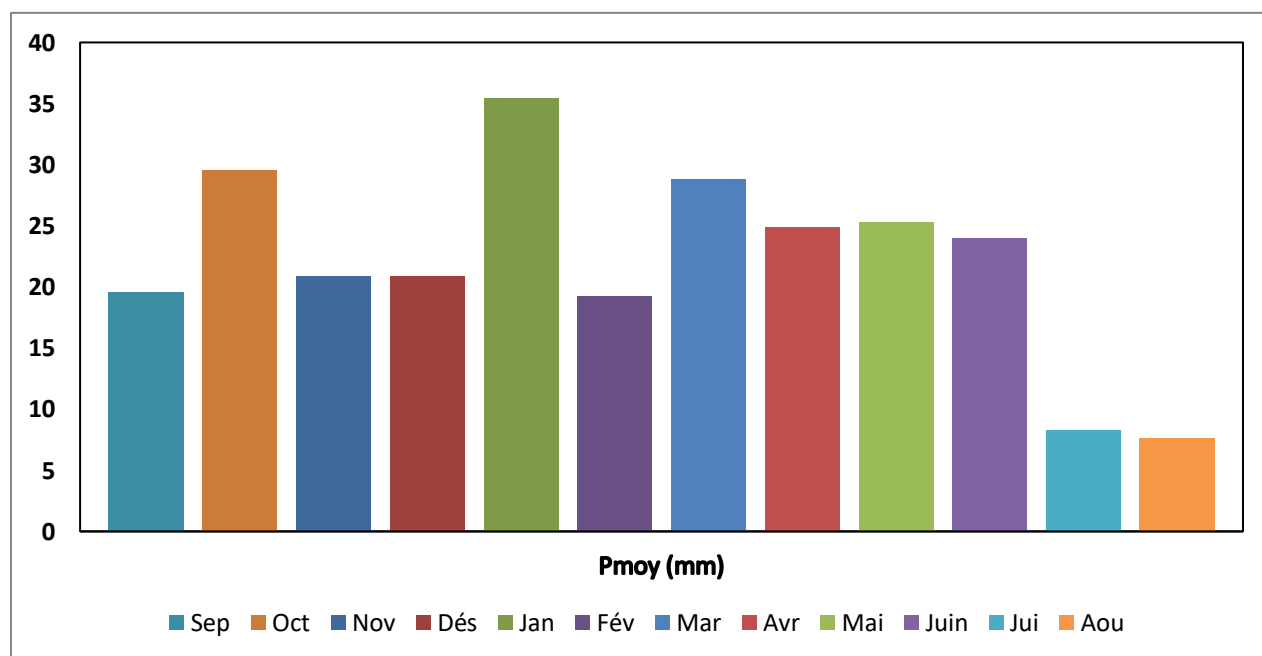


Figure II-4 : Histogramme des précipitations mensuelles moyennes de la ville de SIDI-AISSA

D'après l'analyse de la figure n° II-4, le régime saisonnier des précipitations à Sidi Aissa suit le schéma APHE (Automne, Printemps, Hiver, Eté), indiquant que les précipitations sont les plus abondantes en automne (l'automne est la saison la plus arrosée), tandis que l'été est la saison la plus sèche.

II.5.3. Indices d'aridité annuels de MARTONNE :

L'indice d'aridité de MARTONNE noté I, permet de déterminer le degré d'aridité d'une région pour. Pour le calculer on utilise la formule :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

D'où :

- P : désigne les précipitations totales annuelles.
- T : la température moyenne annuelle.
- I= **9.15**. C'est un résultat inférieur à 10 donc c'est une zone aride.

II.5.4. Climagramme d'EMBERGER :

Selon « **Amandier (2013)** », l'indice d'EMBERGER a été mis en point dans les années 60 pour caractériser les différents climats méditerranés à partir des données météorologiques plus couramment relevées. Ce qui fait de cette méthode une deuxième variante de calcul et de détermination des types de zones.

Grâce au quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique.

Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

$$Q = 200 \frac{p}{M - m}$$

- Q : Le quotient pluviométrique d'EMBERGER.
- P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm.
- M : Moyenne maximale du mois le plus chaud.
- m : Moyenne minimale du mois le plus froid

II.6. Situation géographique de la station d'épuration de la ville de Sidi-Aissa :

La station d'épuration est située à Sidi Aissa, au sud de la ville chef-lieu, à environ 3 km, dans la région de Djaafra, entre la route nationale 08 et Oued Djenane.

Chapitre II Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

Le choix du site était motivé par sa position alignée et dirigée vers la pente qui facilitait l'écoulement de l'eau, ainsi que par la disponibilité de terres cultivables à irriguer. En outre, la distance entre le site et les habitations voisines était considérée comme un avantage.



Figure II-5 : Situation géographique de la STEP de Sidi Aissa

II.7. Caractéristiques socio-économiques :

II.7.1. Le Système d'assainissement :

La ville de Sidi Aissa dispose d'un réseau d'assainissement de type unitaire qui couvre presque la totalité de la ville.

Le tableau ci-dessous présente les données sur le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Aissa, qui ont été fournies par les services Direction d'hydraulique de la willaya de Msila (**D.H.W de Msila**) (2022).

Tableau II-4 : Le réseau d'assainissement de la ville Sidi Aissa (D.H.W. 2022).

Population (2022)	105000 hab avec un taux d'accroissement de 2,8%
Taux de raccordement	> 80%
Longueur total	160 Km
Nombre de Collecteurs principaux	02 collecteurs
Le nombre de rejets	03 rejets
Le volume des eaux usées rejetées	14500 m ³ /j
Le volume épuré	7250 m ³ /j

II.7.2. Données concernant la station de traitement :

La station d'épuration a été dimensionnée sur les bases suivantes :

- **Création** : septembre 2020
- **Type de réseau** : Unitaire ;
- **Procédé d'épuration** : Boue activé à faible charge ;
- **Sources des eaux brutes** : industrielles et domestiques ;
- **Equivalent habitants actuel et à l'horizon** : 119100 à 152500 E.H ;
- **Débit moyen journalier (Entrée STEP)** : 15000 m³/j ;
- **Débit moyen journalier (Sortie STEP)** : 14200 m³/j ;
- **Débit moyen horaire** : 625 m³/h ;
- **DBO₅** : 6750 kg /j ;
- **DCO** : 10000 kg /j ;
- **MES** : 8750 kg /j ;
- **NTK** : 1600 kg /j ;
- **pH** : entre 6.5 et 8.5 ;

II.7.3. Activités industrielles :

Dans la commune de Sidi Aissa, l'activité industrielle est quasi-inexistante en raison de l'absence de grandes unités industrielles, qu'elles soient publiques ou privées. Seule la zone d'activité implantée à l'Est de la ville sur la RN 60 est partiellement exploitée.

Cette zone est constituée de :

- Unité de Menuiserie Générale
- Office National d'Aliments du Bétail
- Usine de Fabrication des Boissons Gazeuses
- Unité de Fabrication d'Eponge
- Briqueterie
- Unité de Fabrication de Fer Divers
- Entreprise Nationale des Travaux et Montage Electrique
- Entreprise Public des travaux Intercommunaux

II.8. Principe De Fonctionnement De la STEP De Sidi Aissa :

Le traitement des eaux usées à la station de Sidi Aissa repose sur la technique de "Boues activées", qui est une méthode classique et il représente jusqu'à ce jour une méthode courante et efficace pour l'épuration biologique des eaux usées. Le procédé à boues activées est actuellement le procédé le plus valable d'épuration biologique des eaux résiduaires. Cette technique offre plusieurs avantages, notamment :

- La Sécurité en ce qui concerne le degré d'épuration des eaux traitées, du fait que les facteurs d'influence les plus importants, par exemple apport d'eau résiduaire, et de masse bactérienne (boue activée), sont contrôlables,
- Une plus grande efficacité qu'avec les lits bactériens, du fait que ce procédé est beaucoup moins dépendant de la température,
- Une phase de démarrage plus courte (moins de deux semaines) par rapport aux lits bactériens (4 à 6 semaines),
- Absence totale d'odeurs et de mouches.

Chapitre II Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

Ce procédé permet de traiter les eaux résiduaires de 100 000 à 200 000 équivalents habitant. Cette opération se fait dans des bassins à sections rectangulaires. Leur taille est variable. Toutefois on peut dire que leur longueur reste inférieure à 150 m. La profondeur varie de 2,5 m à 5 m. Les rotors qui assurent l'aération du bassin mesurent entre 3 et 9 m et sont situés à 1 m sous la surface. Dans son fonctionnement, ce type de traitement est constitué des étapes de base suivantes :

- Un réacteur dans lequel les micro-organismes responsables de l'épuration sont maintenus en suspension et aérés.
- Une séparation solide-liquide réalisée par un décanteur secondaire (ou clarificateur) une membrane. Dans un procédé de type RBS, cette séparation se fait dans le réacteur principal.
- Un dispositif de recirculation des boues vers le réacteur.

Dans la plupart des cas, le procédé des boues activées est utilisé en association avec des procédés physiques ou chimiques, mis en œuvre pour le prétraitement et le traitement primaire de l'eau usée, et souvent pour un post-traitement comprenant désinfection et éventuellement filtration. On peut résumer ce procédé dans ce qui suit :

Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. La dégradation est un phénomène complexe générateur de l'énergie nécessaire à la vie des micro-organismes et ses manifestations, reproduction, croissance, déplacements, etc. De nombreux micro-organismes permettent la dégradation des matières organiques ainsi que leur stabilisation. Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mis en contact avec la masse bactérienne épuratrice,
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation des boues et de l'eau claire par gravitation,
- Un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérées dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) des micro-organismes nécessaires pour assurer le niveau d'épuration recherché, un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat.

- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération,
- Un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture, d'éviter les dépôts, de favoriser la diffusion de l'oxygène partout où il en est besoin.

II.8.1. Description des ouvrages de traitement de la filière Eaux

A l'instar de tous les stations de traitement des eaux usées, la STEP de la ville de Sidi Aissa étant une station qui fonctionne sur la base d'un procédé à boue activé, on y utilise une aération prolongée à l'aide d'aérateur de surface à vitesse lente. L'eau entrante à la station passe en premier lieu par le déversoir d'orage installé à l'amont de la STEP pour déverser le surplus de débit admissible dans le by-pass général de la STEP.

II.8.2. Les différentes phases de traitement à la STEP de la ville de Sidi Aissa :

Afin de purifier les eaux usées de la ville de Sidi Aissa, la station d'épuration utilise plusieurs méthodes de traitement. Le prétraitement inclut le dégrillage, le dessablage et le déshuilage. Le traitement primaire par décantation permet de séparer les matières en suspension. Les traitements biologiques secondaires par boues activées améliorent la qualité de l'eau en éliminant les polluants organiques. Enfin, le traitement tertiaire par chloration assure la désinfection de l'eau avant son rejet dans la nature.

II.8.2.1. Prétraitement:

Pour protéger les composants mécaniques et garantir la performance du processus de traitement des eaux usées, il est indispensable d'éliminer les particules solides de grande taille qui peuvent les endommager ou altérer leur efficacité. Les eaux brutes collectées sont acheminées vers un canal ouvert équipé de capteurs de niveau et de qualité d'eau (PH et conductivité) avant d'atteindre le dispositif de dégrillage.

A. Dégrillage Grossière :

Le dégrillage est une étape préalable importante dans le traitement de l'eau à la station de Sidi Aissa. Cette étape permet de filtrer les matières fines et volumineuses en faisant passer l'eau brute à travers des grilles à barreaux dont la taille varie de 10 à 100 mm. La vitesse moyenne de passage

Chapitre II Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

de l'eau entre les barreaux est régulée entre 0,6 et 1 m/s. Il est à noter que deux types de dégrilleurs sont utilisés à cette station.

Pour traiter les eaux usées, il est important d'utiliser des dégrilleurs qui peuvent retenir les matières solides grossières comme les branches, les feuilles, les plastiques et les canettes. Les eaux usées passent à travers ces grilles pour que les matières solides puissent être collectées et enlevées.

Le dégrillage grossière est constitué des dégrilleurs à grille droite, avec les données suivantes :

Tableau II-5 : Dimensions du dégrilleur grossier

Nombre des dégrilleurs	2
Largeur	1200 mm
Hauteur	3000 m
Angle d'installation	70 degrés
Espace libre entre les barreaux	50 mm



Photo II-1 : Dégrilleur grossier de la STEP de Sidi Aissa

B. La Station De Relevage :

Le système de pompage est responsable de l'élévation des eaux usées entrantes dans la station, en les acheminant vers le processus de traitement. Il est équipé de quatre pompes qui fonctionnent en alternance, selon le débit d'eau entrant. Le contrôle des quatre pompes est effectué par une sonde ultra-sonique installée en haut du bassin d'entrée, tandis que le passage de l'eau du bassin au prétraitement se fait par l'intermédiaire de ces pompes. L'eau circule ensuite par gravité vers les prochaines étapes de traitement.



Photo II-2: La station de relevage de la STEP de Sidi Aissa

C. Dégrillage fin:

Pour protéger les installations des débris susceptibles de les endommager, le système de traitement comporte trois dégrilleurs, dont deux sont automatisés et le troisième est manuel. Les dégrilleurs sont alignés sur un même axe pour capturer tous les petits corps étrangers qui ont échappé à la première étape de dégrillage. L'eau est ensuite dirigée vers le dessableur/déshuileur via un canal.

Tableau II-6 : Dimensions du dégrilleur fin

Nombre des dégrilleurs	3
Largeur	1000 mm
Hauteur	3000 m
Angle d'installation	70 degrés
Espace libre entre les barreaux	10 mm



Photo II-3: Dégrilleur fin de la STEP de Sidi Aissa

D. Le dessablage et le déshuilage :

Deux équipements, un dessableur et un déshuileur, ont été installés à côté l'un de l'autre. Chacun des équipements est équipé d'un système d'injection d'air à microbulles pour faciliter la remontée des huiles et graisses à la surface, tandis que les matériaux plus lourds se déposent au fond du bassin.

- Système l'air lift pour extraire les résidus après un raclage du bassin ils seront évacués par un égouttoir.
- Système de grattoir de surface pour accumuler les bacs de stockage Ces deux systèmes sont montés sur un pont avec un mouvement "rotatif".



Photo II-4 : Dessableur-dégraisseur de la STEP de Sidi Aissa

II.8.1.2.2. Traitement secondaires :

A. Traitement biologique :

À Sidi Aissa, la station d'épuration emploie le procédé des boues activées pour traiter les eaux usées. Ce procédé consiste à cultiver des colonies bactériennes en flocons (appelées boues activées) dans un bassin d'aération équipé de systèmes de brassage et d'aération. Le brassage permet de maintenir une suspension homogène des flocons bactériens dans l'eau usée, tandis que les aérateurs fournissent l'oxygène nécessaire à la croissance bactérienne.

Le procédé des boues activées est le traitement biologique le plus répandu pour les stations de traitement des eaux usées de taille moyenne à grande. Les boues activées sont une suspension boueuse en contact permanent avec des flocons bactériens épurateurs. Ces flocons sont constamment en contact avec les matières organiques et l'oxygène nécessaire à leur assimilation. Pour maintenir un niveau d'épuration suffisant, une grande partie des boues récupérées après la décantation est renvoyée dans le bassin d'aération pour maintenir une population bactérienne stable. Le reste des boues est envoyé aux unités de traitement des boues où elle constitue les boues en excès.

A.1. Bassin d'aération :

La station d'épuration est équipée de deux grands bassins, qui sont chacun divisés en trois compartiments identiques et communicants. Chaque petit bassin est doté d'un aérateur de surface pour oxygéner l'eau. Ainsi, plusieurs phénomènes biologiques se succèdent dans chaque compartiment. (Document de la STEP).



Photo II-5 : Bassin d'aération de la STEP de Sidi Aissa

B. Décanteurs secondaires :

La station est composée de deux décanteurs cylindro-coniques équipés de racleurs de fond on l'appelle clarificateurs.

L'étape de clarification des effluents est fondamentale dans le processus de traitement biologique des eaux usées. En effet, la qualité de la séparation entre la boue concentrée et l'eau traitée est essentielle pour assurer le bon fonctionnement du système d'épuration et pour obtenir un rendement satisfaisant.

Chapitre II Description Générale de la station d'épuration de la Ville de Sidi Aissa

La décantation secondaire joue un rôle essentiel dans le processus de traitement biologique des eaux usées, en permettant une séparation plus efficace de la biomasse de l'eau traitée, tout en favorisant un premier épaissement des boues biologiques décantées.

C'est à la sortie de cet ouvrage que l'on réalise, soit le retour des boues pour « en semence » les bassins d'aération, soit le pompage vers l'épaisseur.



Photo II-6 : Décanteurs secondaires de la STEP de Sidi Aissa

II.8.1.2.3. Traitement tertiaire :

A. La désinfection :

L'eau épurée provenant des décanteurs secondaires est acheminée vers un bassin contact rectangulaire en béton équipé de chicanes, qui permettent un bon mélange entre l'eau épurée et la solution d'hypochlorite de sodium.

Dans le but de répondre aux normes en vigueur et de protéger l'environnement, la désinfection des effluents épurés à la station d'épuration se fait soit par injection d'hypochlorite de sodium, soit

par introduction de chlore gazeux dans le bassin de chloration. Cette étape est cruciale pour éliminer les germes pathogènes et assurer la qualité bactériologique de l'eau épurée.



Photo II-7 : Bassin de chloration de la STEP de Sidi Aissa

B. Traitement des boues :

B.1. Poste de pompage des boues de recirculation et d'excès :

Pour assurer un traitement biologique efficace, il faut maintenir une concentration constante (voisine de 5 g/l) dans le bassin d'aération. Pour cela, il est nécessaire de recycler une partie des boues qui sont extraites du décanteur secondaire vers le rentré du bassin d'aération (boues recyclées).

Le débit des boues recyclées est tributaire du débit journalier arrivant sur la station. En règle générale, le volume recycle ne dépasse pas deux fois le volume des eaux usées à traiter.

En pratique l'exploitation aura réglé sa recirculation de manière à ce que le débit recycle présent de 100 à 200% du débit journalière des eaux usées réellement admis et il peut même atteindre le débit de pointe au temps sec.

Les boues activées extrait du décanteur secondaire sont refoulées vers la tête des bassins aérés par trois pompes centrifuges émergées.



Photo II-8: Poste de recirculation de la STEP de Sidi Aissa

B.2. Epaisseur:

L'épaisseur a pour fonction principale de réduire le volume des boues, ce qui permet de diminuer la charge de traitement. Cette étape concerne les boues en excès, c'est-à-dire les boues qui ne sont pas recyclées. Après avoir été pompées à une concentration de 10 g/l à la sortie du décanteur secondaire, les boues sont acheminées vers l'épaisseur, où elles sont épaissies sous l'action de la pesanteur et du raclage. Selon l'expérience locale, la concentration à la sortie de l'épaisseur est de 30 à 35 g/l.

Les boues épaissies sont ramenées au centre de l'ouvrage par alimenter les unités de déshydratation (naturelle et mécanique).



Photo II-9 : Epaisseur de la STEP de Sidi Aissa

B.3. Déshydratation des boues :

L'opération de déshydratation a pour but d'augmenter considérablement la siccité des boues, modifiant ainsi leur état physique de liquide à pâteux ou solide. Cette opération est essentielle pour réduire le volume de boues et faciliter leur traitement ultérieur. La station utilise deux méthodes de déshydratation différentes.

B.3.1. La déshydratation naturelle :

Il existe lits de séchage naturel sous forme rectangulaire où les boues sont déversées directement après arrivages de l'épaississeur, elle comporte deux principes principaux :

La filtration naturelle par gravité et le séchage à l'air au temps sec.



Photo II-10 : Lits de séchage de la STEP de Sidi Aissa

B.3.2. La déshydratation mécanique:

L'objectif de cette étape est de sécher les boues pendant la saison des pluies en utilisant un polymère cationique. Les boues sont ensuite pressées dans des machines (filtres à bandes) pour les séparer de l'eau. Le résultat est une boue parfaitement floculée, c'est-à-dire une augmentation significative de la teneur en matières sèches (environ 24 %).



Photo II-11 : déshydratation mécanique de la STEP de Sidi Aissa

II.9. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons débuté par une description complète de la ville de Sidi Aissa, y compris sa situation géographique, sa géologie, son climat et son hydrographie. Nous avons ensuite abordé la présentation de la station d'épuration située dans la région de Djaafra, au sud de la ville et à 3 kilomètres de la capitale. Nous avons détaillé les différents paramètres, caractéristiques de fonctionnement et les étapes de traitement de l'eau et des boues avant d'annoncer que les analyses des eaux usées seront présentées dans le prochain chapitre.

Chapitre III

Matériel et méthode

III.1. Introduction :

L'analyse de l'eau brute à l'entrée et à la sortie de la station c'est une étape cruciale dans toute station d'épuration des eaux usées. Elle permet de mesurer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques, évaluant ainsi le niveau de pollution à chaque phase de traitement et estimer le rendement d'élimination des pollutions. Dans ce chapitre, nous allons décrire les principales méthodes de dosage qui permettent de déterminer, les caractéristiques physico chimiques des eaux usées de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (W de M'sila).

III.2. Prélèvement et échantillonnage :

Selon le type et l'objectif des analyses, des prises d'échantillons sont effectuées à plusieurs points à l'entrée du lagunage d'aération (après dessableur) et à la sortie de la station (lagunage de finition).

Pour la réalisation des analyses physico chimiques, l'échantillonnage a été effectué d'une part, à l'aide d'un préleveur qui assure pour une période de 24 heures un mélange représentatif de la journée pour l'entrée (eau brute) et la sortie (eau épurée) de la station.

D'autre part, le prélèvement des échantillons s'est fait manuellement à l'aide d'une perche spéciale. Chaque jour, un certain volume d'eau usée est prélevé à l'entrée et à la sortie de la station, une fois par jour, après les traitements primaires, secondaire et tertiaire. Les échantillons doivent être analysés dans un délai maximum de 24 heures et conservés à une température de 4°C pour éviter toute modification des concentrations. **(Rodier 2009)**

L'échantillonnage peut être effectué de deux manières différentes :

- Echantillonnage automatique
- Echantillonnage manuelle

III.3. Méthodes de dosage des paramètres physico chimiques

Malgré le problème d'insuffisance des réactifs, et de manque des moyens (équipements) on a essayé de réaliser le nombre maximum des analyses physico-chimiques au niveau du laboratoire de la station d'épuration de Sidi Aissa (W de M'sila).

Il est important de signaler que l'échantillonnage a été étalée sur une période allant du mois

de Janvier jusqu'au la première semaine du mois d'avril pendant l'année 2023. Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par **Rodier (2009)**, ou bien sont citées dans les catalogues de l'appareillage utilisé. Les paramètres suivants ont été analysés.

Le potentiel hydrogène (**pH**), Température (**T**), oxygène dissous (**O₂**), la demande chimique en oxygène (**DCO**), la demande biochimique en oxygène (**DBO₅**), le Nitrates (**NO₃⁻**), La conductivité électrique (**CE**).

III.3.1. Paramètres physiques ;

A. Le pH:

Le pH a un impact important sur l'activité des microorganismes responsables de l'épuration biologique. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre étalonné. Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H⁺] présents dans l'eau. La valeur du pH est lue directement sur l'écran de l'appareil de pH mètre de type **pH 510 Tetracon**, après calibrage de l'appareil avec trois solutions tampons de pH (pH= 4, 7 et 9).

B. Température :

La valeur de la température est lue directement sur l'écran du pH-mètre **pH 510** qui permet, en même temps, la mesure de la température de l'eau (multi-paramètres). La température de l'échantillon est déterminée simultanément avec une sonde de température.

C. La Conductivité (CE) et Salinité :

La conductivité électrique d'une eau est étroitement liée à sa teneur en sels électrolytables dissous, qui peut être déterminée par la lecture directe de la valeur de la CE sur l'écran du conductimètre, la valeur de la (CE) est lue directement sur l'écran du **conductimètre Terminal 740**. La conductivité électrique s'exprime en microsiemens par centimètre (**µS/cm**). Pour la mesure de la salinité, nous avons suivi la méthode électrochimique de résistance à l'aide du conductimètre.

III.3.2. Paramètres chimiques ;

A. Oxygène dissous(O₂) :

La méthode électrochimique est actuellement considérée comme la méthode de référence pour mesurer la concentration en oxygène dans l'eau (WTW, 2006), la teneur de l'eau en O₂ mesurée par l'Oxy-mètre, et en utilisant un oxymètre de type (l'Oxy-mètre Oxi 730) pour mesurer la teneur en eau. Cette méthode est reconnue par différentes normes.



Photos III-1 : Conductivimètre et pH mètre

B. La Matière en suspension (MES) :

Déterminer la teneur en matière en suspension d'une eau brute et de l'eau traitée

Principe :

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

➤ **La méthode par centrifugation :**

Equipement et Matériel nécessaire

- Creuset en porcelain
- Etuve (103 à 105 °C)
- Balance de précision (jusqu'à 0.1 mg)
- Dessiccateur
- Pipettes
- Centrifuge (2500 rpm)
- Filtration sous vide se compose d'une pompe et de 3 dispositifs de filtrations et une fiole de 1 litre. (Filtration sous vide (papier filtres)).
- Eprouvette de 100 ml.
- Capsules.
- Pince.

Mode opératoire:

Faire sécher le creuset pendant 2 heures à 105 °C, jusqu'à ce qu'il ait un poids constant. Le laisser refroidir dans le dessiccateur et mesurer ensuite sa masse (X_1 , g).

Injecter un volume V d'échantillon dans un tube centrifuge à l'aide d'une pipette (normalement 20 mL) et le centrifuger pendant 15 minutes à 2500 rpm. Jeter le supernageant et ajouter 20 mL d'eau déminéralisée. Mélanger l'échantillon et le centrifuger à nouveau pendant 15 minutes. Jeter le supernageant et verser le culot dans le creuset.

Faire sécher le creuset dans l'étuve à 105 °C jusqu'à ce qu'il ait un poids constant (minimum 12 heures). Faire sécher dans le dessiccateur et peser (X_2 g).

Calculer la concentration des boues comme suit:

$$\text{MES (g/l)} = \frac{(X_2 - X_1)}{V} \times 1000$$



Photos III-2:- Centrifuge



Photos III-3 : Etuve et Four

➤ **La méthode par filtration sous vide :**

Equipement :

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

Mode opératoire:

Sécher le papier filtre (fibre de verre) durant une heure dans l'étuve à une température de 105 °C. Après refroidissement dans un dessiccateur, peser le filtre précisément sur la balance de précision. (X_1 , en g).

Placer le papier sur le filtre Büchner. Prendre avec une éprouvette graduée une quantité fixe (V , 50- 250 ml) d'un échantillon bien mélangé et vider lentement l'éprouvette sur le filtre. La suspension est filtrée sur le filtre à l'aide de la pompe à vide. Rincer le filtre 3 ou 4 fois avec de l'eau distillée afin de diluer les sels dissous.

Sécher le filtre durant une heure au moins dans l'étuve à une température de 105 °C. Après

refroidissement, peser le filtre précisément sur la balance de précision (X_2 , en g). Calculer la concentration des boues (MES ou MLSS) de la même façon que ci-dessus.



Photos III4- : méthode par filtration sous vide

Méthode d'analyse

De façon générale la méthode d'analyse passe par les étapes suivantes :

1. Rincer un papier filtre vide avec l'eau distillée le poser dans une capsule à l'étuve de 105°C.
2. Après séchage sortir la capsule contenant le filtre de l'étuve et le mettre dans un dessiccateur.
3. On vérifie que la bille de la balance est au milieu.
4. On Pèse la capsule contenant le filtre et on note tare vide g.
5. On met le papier filtre vide dans dispositif du filtre sous vide.
6. Passer un volume V de l'échantillon à analyser à travers ce filtre ; V=.....ml pour l'eau épurée, V=..... ml pour l'eau brute.
7. Placer le filtre dans sa capsule à l'aide d'une pince, mettre la capsule à l'étuve à 105°C pendant 2 heures, après fait sortir la capsule de l'étuve et la mettre dans un dessiccateur.
8. On Pèse la capsule contenant le filtre et on note tare séché g.
9. On calcule le **MES** par l'équation suivante :

$$MES = \frac{\text{tare séché} - \text{tare vide}}{\text{Volume}} * 1000$$

C. Demande chimique d'oxygène (DCO) :

La mesure de la demande chimique en oxygène (**DCO**) des eaux épurées nous renseignant sur la bonne marche des bassins biologiques et nous permettant d'estimer la DBO (demande biologique en oxygène).

Principe :

Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium sulfurique, en présence de sulfate d'argent. Le chlorure est masqué avec du sulfate de mercure, la diminution de la coloration jaune du Cr^{6+} est mesurée par photométrie.

En vue d'évaluer la quantité d'oxygène consommée par les réactions d'oxydation, on mesure le résidu de réactifs après 2 heures. Cette oxydation se déroule à chaud, en milieu acide et avec un excès d'oxydant, selon la norme **NFT 90-101**.

Equipement :

- Bloc de destruction (réacteur DCO)
- Spectrophotomètre
- Tube de digestion DCO (gammes de mesure souhaité)
- Kits de réactif LCK 114 et LCK 314 - 2 béchers
- Micropipette de 5ml
- Thermo réacteur 148°C

Mode opératoire :

Suivre les consignes du fabricant de matériel.

Dans le cas le plus général les tubes disponibles contiennent 2,50 mL ($\pm 0,01$ mL) de la solution d'acide sulfurique (avec sulfate d'argent) et 0,5 mL ($\pm 0,01$ mL) de la solution de dichromate de potassium.

Le volume d'échantillon ajouté dans ces tubes est alors de 2,00 mL ($\pm 0,02$ mL). On procédera comme suit :

- Ouvrir le tube contenant les réactifs. L'agiter avec précaution puis introduire 2,00 mL ($\pm 0,02$ mL) d'échantillon.
- Refermer le bouchon fermement
- Essuyer soigneusement l'extérieur du tube
- Placer le tube dans le bloc chauffant et porter à ébullition (148 °C) pendant 2 heures (± 10 minutes)
- Enlever les tubes du bloc chauffant et les mettre à refroidir,
- Mélanger le contenu avec précautions
- Effectuer la mesure d'absorbance au spectromètre à 600 nm.



- *Photos III-5: Spectrophotomètre*



Photos III-6: plaque chauffante



Photos III-7: Tube de digestion DCO

D. Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

La demande biochimique en oxygène (**DBO**) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. La mesure de la **DBO₅** est faite selon la méthode manométrique (par mesure de pression dans un système fermé) basée sur le principe du respiromètre de **WARBURG** au cours duquel la respiration de la biomasse est directement mesurée par un appareil. Un volume d'échantillon est placé dans des flacons à bouchon rodé.

La mesure de la demande biologique en oxygène (**DBO₅**) est un paramètre essentiel pour le traitement des effluents liquides. Pour la **DBO₅**, les échantillons ont été incubés dans un incubateur (**Oxitop BOX**) **DBO-mètre** qui donne la quantité d'oxygène consommée par les bactéries durant **5 jours** à **20°C** et à l'obscurité.

La détermination de l'oxydation biologique de l'eau brute, nous permettant d'estimer la quantité d'oxygène dans le bassin d'aération et la qualité de l'eau traitée. La mesure de la **DBO₅** dépendra de l'activité des micro-organismes présents dans l'eau à analyser. La présence d'une pastille de soude dans l'éprouvette permettra d'absorber le **CO₂**, produit pendant les réactions d'oxydation des matières organiques par les bactéries.

Principe :

La méthode de mesure de la Demande Biologique en Oxygène (DBO) utilise un DBO mètre de marque DBO Sensor à affichage numérique, qui se fixe directement sur le flacon DBO. Ce dispositif permet de mesurer la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour dégrader la matière organique contenue dans l'eau. Le système de mesure est composé de plates-formes d'agitation, de flacons à échantillon et d'une tête de mesure (testeur). Les résultats sont exprimés en mg/l.

Equipement :

- Têtes mesureurs (DBO senseurs)
- Bouteille de mesures marronnes (Bouteille pour DBO₅).
- Agitateurs magnétiques (Un agitateur magnétique par bouteille).
- Pince

- Lentilles de NaOH
- Incubateur à une température de 20°C. (Armoire thermostatique de température constante à 20°C)
- Inhibiteur de la nitrification
- Récipients et pipettes de plusieurs mesures.
- Eau distillée
- Oxitop.
- Pastilles d'hydroxyde de potassium.
- Fioles jaugées, cylindres gradués.
- Cupule.
- Extracteur magnétique.

Mode opératoire :

- Nettoyer les ampoules et éclaircir avec de l'eau distillée.
- Eclaircir la bouteille de mesure marron avec l'eau résiduaire d'échantillon.
- Ajouter une quantité de l'échantillon homogénéisée.
- Ajouter pour chaque ampoule avec échantillon un agitateur magnétique.
- Ajouter un inhibiteur de nitrification selon le rapport suivant : On dissout 200 mg de N-Alytiourea (C₄H₈N₂S) en eau, on dilue à 200 ml et il se mélange. La solution est conservée à 4°C. La solution est stable pendant au moins deux semaines. L'équivalence de 1 goutte/50ml s'ajoutera à la solution
- Poser sur le goulot de la bouteille une carcasse de gomme. Dans son intérieur, ajouter avec la pince des lentilles de NaOH et remplir le bouchon jusqu'à la limite sans se dépasser. Si une lentille tombe dans l'échantillon il faudra vider bouteille et recommencer la procédure.
- Fermer l'ampoule de mesure avec la tête du senseur DBO.
- Mettre les bouteilles dans l'agitateur.
- Introduire l'équipement d'agitation dans l'incubateur avec la température choisie par l'échantillon de DBO (20°C). Connecter le câble du réseau à la prise intérieure de l'incubateur et appuyer sur l'interrupteur de courant interne.
- Cette méthode n'a pas besoin de calcul, le résultat est donné ce forme directe (voir le manuel de l'appareil).

- Après chaque mesure, il faut toujours nettoyer à fond, la carcasse de gomme, les bouteilles d'échantillon et l'agitateur magnétique. Eviter le savon et utiliser seulement eau chaude ou distillée.



Photos III-8: Bouteille de mesures marronnes. DBO senseurs et Armoire thermostatique

E. Azote Total (N_T) :

Principe :

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrate. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acides sulfurique et phosphorique avec du diméthylphénol-2.6 en formant du nitrophénol

Equipement :

- Kit de réactif N_T
- Plaque chauffante
- Cuves carrées, 10 ml, 1-puce, pariées
- Pipette graduée 10 ml, 1/10 verre classe A
- Aspirateur pipettes 10 ml
- Spectrophotomètre

Mode opératoire :

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



Photos III-9: Kit de réactif N_T

F. Azote ammoniacal (NH_4^+) :**Principe :**

En présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12.6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol

Equipement :

- Kit de réactif NH_4^+
- Eau distillée
- Cuves carrées, 10 mL, 1-puce, pariées
- Pipette graduée 10 mL., 1/10 verre classe A
- Aspirateur pipettes 10 ml

Mode opératoire :

- Enlevez délicatement la feuille de protection détachable du tube.
- Dévissez le bouchon du tube.
- Pipetter 0.2 ml d'échantillon a analysé.
- Vissez immédiatement le bouchon du tube.
- Secouer énergiquement é à 3 fois le tube.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur du tube et mesurer



Photos III-10 : Kit de réactif NH_4^+

G. Nitrite (NO_2^-) :**Principe :**

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des composés aromatiques, contenant un amino-groupe ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense.

Equipement :

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

Mode opératoire :

- Enlevez délicatement la feuille de protection détachable du tube.
- Dévissez le bouchon.
- Pipetter 2.0 ml d'échantillon.
- Vissez immédiatement le bouchon dirigeant l'anneau vers le haut.
- Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur du tube et mesurer.



Photos III-11 : Kit de réactif NO_2^-

H. Nitrate (NO_3^-) :

Ils sont mesurés selon la méthode de **test en tubes N5/25 (WTW)** et à l'aide d'un Spectrophotomètre **DR 4000** nécessitant des réactifs propres à chacun d'entre eux.

Principe :

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2.6-dimethylphenol pour donner du 4-nitro-2.6-dimethylphenol.

Equipement :

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

Mode opératoire :

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



Photos III-12 : Kit de réactif NO_3^-

I. Ortho phosphates et phosphore total (PO_4^{3-}) :**Principe :**

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

Equipement :

- Spectrophotomètre
- Bloc de destruction (370 °C)
- Kit de réactif phosphates et phosphore
- Pipette graduée 10 ml, 1/10 verre classe A
- Aspirateur pipettes 10 ml

Mode opératoire :

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



Photos III-13 : Kit de réactif PT et PO_4^{3-}

III.4. Conclusion :

Dans ce présent chapitre, nous avons décrit les différentes méthodes expérimentales utilisées pour évaluer les paramètres physiques et chimiques de l'eau au laboratoire de la station de Sidi-Aissa.

Les données fournies par la station indiquent que l'évaluation de la qualité de l'eau avant et après traitement respecte les normes applicables, qui incluent les aspects physiques et chimiques. Les paramètres chimiques sont évalués à l'aide de méthodes de dosage volumétrique et colorimétrique.

Il est important de dire que dans le prochain chapitre suivant, nous appliquerons ces méthodes pour évaluer la qualité de l'eau de la station de Sidi-Aissa avant et après traitement pendant notre période de formation.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Introduction :

La performance d'une station d'épuration est déterminée en évaluant l'efficacité d'épuration de chaque paramètre de pollution de cette eau. Ils sont étroitement liés à la technologie de traitement choisie, à l'état des installations et de l'équipement de l'usine et à la méthode d'analyse. Ce chapitre comprendra une évaluation des performances d'épuration de la station d'épuration de **Sidi Aissa** durant la période de notre stage qui a été allant de puis mois de Janvier jusqu'au la premièresemaine du mois d'avril en 2023.

Cette étude se base sur des paramètres physico-chimiques tels que : le pH, la température, la conductivité, l'oxygène dissous, la demande biologique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote totale (N_T), l'azote ammoniacal (NH_4^+), le Nitrates (NO_3^-) et le phosphate totale (P_T).

IV.2. Paramètres physiques :

IV.2.1. Le Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH du milieu joue un rôle clé dans l'activité bactérienne, la solubilité des gaz et les réactions chimiques. Le pH c'est un paramètre indispensable pour la vitalité de la masse bactérienne dans le bassin biologique et qui doit être proche de la neutralité (6.5, 8.5) pour la bonne dégradation des matières polluantes des eaux usée (**ONA, 2006**). Il varie suite à la nature des effluents basiques (cuisson, lavage de résine : NaOH, Na_2S_2) ou acide (bioxyde, lavage de la résine : H_2S_4) (**Maiga, 2006**). En 2022, le suivi de l'évolution du pH environnemental à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration a été mis en place.

Le tableau suivant (IV-1) représente les valeurs moyennes mensuelles du pH de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) (2022).

Il est important de signaler que durant les mois de novembre et décembre on n'est pas de mesure de pH.

Tableau IV-1 : Valeurs moyennes mensuelles du pH (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Moyenne annuelle
Entrée STEP (Eau brute)	8.71	8.75	Absence de résultat	Absence de résultat	8.09	7.97	7.79	7.56	7.76	8.15	8.55	8.61	8.19
Nombre d'analyses	16	12			18	20	21	10	15	19	17	21	
Sortie STEP (Eau épurée)	8.58	8.48	///	///	8.44	8.20	8.20	7.65	7.82	8.05	8.36	8.48	8.22
Nombre d'analyses	16	12			18	20	21	10	15	19	17	21	

Remarque : Pour tous les tableaux suivants la **Moyenne annuelle** s'exprime en MA

La figure (VI -1) montre l'évolution du pH de l'eau entrant et sortant de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) au fil du temps.

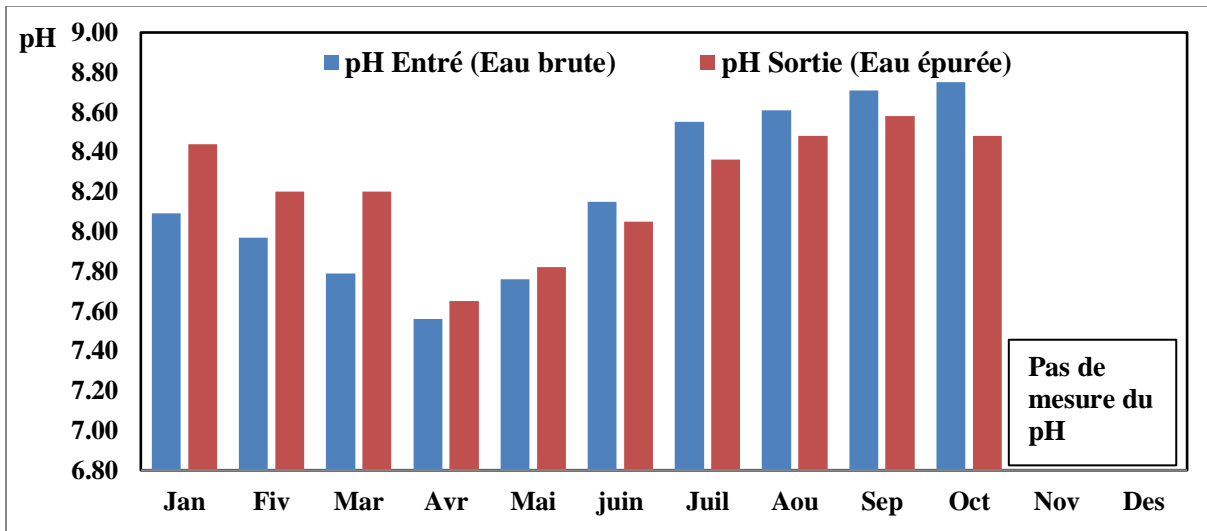


Figure IV-1 : Valeurs moyenne du pH des eaux usées avant et après traitement (2022)

Selon notre résultat obtenu, et dont ils ont représentés sur les histogrammes de la figure IV-1, ces résultats montrent qu'à l'entrée de la STEP de Sidi Aissa le pH moyenne est situé entre 7,56 à 8,75. Tandis que à la sortie de 7,65 à 8,58. De même, nous avons remarqué qu'il y'a une légère augmentation dans les valeurs de pH des eaux sortantes cela pourrait être attribué à la réaction de nitrification qui dégage des cations H⁺.

Les micro-organismes des eaux usées peuvent se développer dans une plage de pH comprise entre 6,5 et 8,5. Les valeurs de pH en dehors de cette plage peuvent affecter la croissance et la survie de ces micro-organismes aquatiques. Cet intervalle représente la limite de rejet direct (Jora, 2006). Les valeurs de pH à l'entrée et à la sortie du STEP indiquent que le milieu est neutre. Ils varient de 7,5 à 8,75 à l'entrée et de 7,55 à 8,48 à la sortie. Ces valeurs se situent dans la plage standard de pH autorisée (6,5 à 8,5). De même, nous avons remarqué qu'il y'a une légère augmentation dans les valeurs de pH des eaux sortantes cela pourrait être attribué à la réaction de nitrification qui dégage des cations H^+ .

De façon générale, et d'après ces résultats nous pouvons dire que, ces pH restent compris entre 7.56 et 8.75, ce qui ne représente pas d'incidence écologique forte sur les organismes aquatiques.

IV.2.2. La Température (°C) :

A l'instar tous les facteurs physicochimiques la température est un paramètre clé dans toutes les réactions physicochimiques. Les changements de température ont un effet important car ils affectent le développement des colonies microbiennes. (Liss et Allen, 1992).

Le tableau suivant (IV-2) représente les valeurs obtenues de la température moyenne mensuelle de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) (2022).

Tableau IV-2: Variation mensuelle de la température (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	23,21	22,37	19,69	17,91	15,63	15,26	16,95	11,04	17,54	///	23,00	23,61	18.74
Nombre d'analyses	16	12	21	20	18	20	21	10	15		17	21	
Sortie STEP (Eau épurée)	22,04	20,33	18,30	20,00	14,45	14,23	16,24	14,97	17,79	///	21,43	22,24	18.36
Nombre d'analyses	16	12	21	20	18	20	21	10	15		17	21	

La figure (VI-2) représente la variation de température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps.

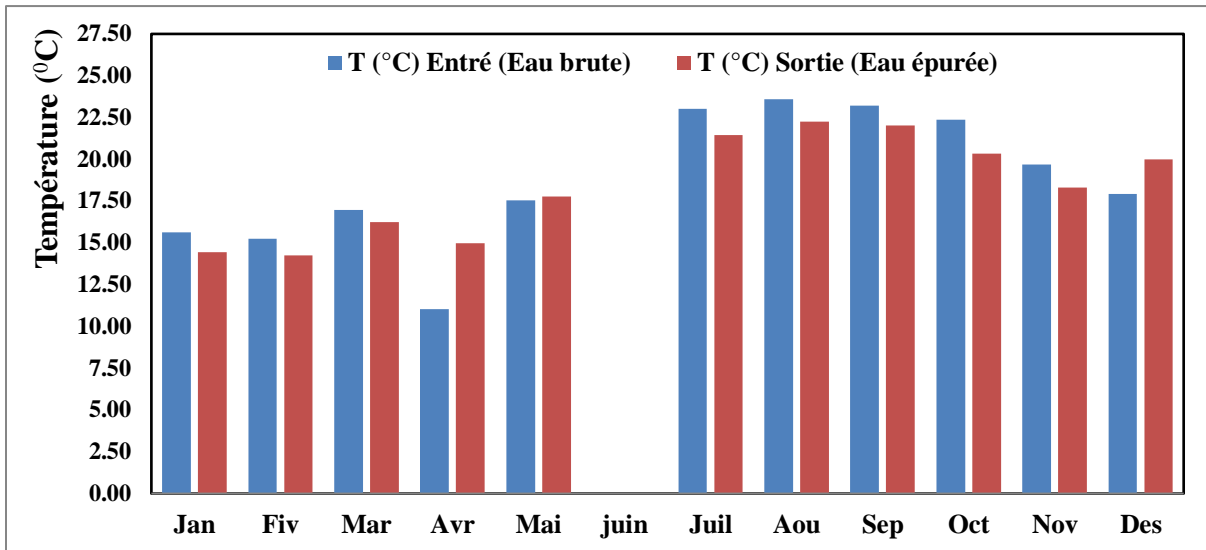


Figure IV-2 : Variation mensuelle de la température (2022)

A l'entrée de la station d'épuration de Sidi Aissa, les températures des eaux brutes en moyennes varient entre **11,04 et 23,61**. A la sortie de la station, les températures des eaux traitées en moyennes sont variées entre **14,23 et 22,24** 12°C.

La température est un facteur important pour l'activité bactérienne et les réactions chimiques, comme on peut le voir sur la figure (IV-2), la température de l'eau varie entre la valeur maximale de 23,61°C qui a été enregistrée en mois d'août 2022 et la valeur minimale à l'entrée de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en Avril (2022) a été égale à 11,04°C. Tandis que à la sortie de la station, les températures des eaux traitées en moyennes sont variées entre 14,23 et 22,24 12°C. la valeur minimale à l a sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en Avril (2022) a été égale à 14,23°C à 22,24°C ont été enregistrés à la sortie de de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP). D'autre part la valeur maximale à la sortie de de la station d'épuration est de 23,61°C.

En Algérie, les normes acceptables de rejet des eaux usées se situent autour de 30°C (**Jora, 2006**). A noter que les valeurs de température sont toutes inférieures à la valeur standard (30°C), elles sont relativement basses mais pas assez élevées pour déstabiliser l'activité bactérienne.

Ces valeurs de température ne constituent aucun risque de pollution thermique pour le milieu récepteur (procédé d'épuration), mais ces sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées et des boues, car elles contribuent fortement à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organiques.

IV.2.3. La Conductivité :

La mesure de conductivité permet d'évaluer la concentration d'éléments minéraux dans l'eau. Lors de notre étude, la conductivité mesurée était assez moyenne et acceptable pour les eaux usées. Cette conductivité pourrait être pour origine la forte salinité de l'eau potable de la zone d'étude.

Le tableau ci-dessous (IV-3) représente la Variations moyennes mensuelles de la conductivité de l'eau brute et de l'eau traitée de la station de la ville de Sidi Aissa (2022).

Tableau IV-3: Variation mensuelle de la Conductivité (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	MA
Entrée STEP (Eau brute)	3,18	3,77	3,56	3,54	3,54	3,92	3,88	3,21	3,37	3,08	3,59	3,36	3.50
Nombre d'analyses	16	12	21	20	18	20	21	10	15	19	17	21	
Sortie STEP (Eau épurée)	3,06	3,26	3,15	3,16	3,16	3,77	3,77	2,82	2,99	3,02	3,19	3,11	3.20
Nombre d'analyses	16	12	21	20	18	20	21	10	15	19	17	21	

La figure (VI .3) représente la variation de Conductivité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps.

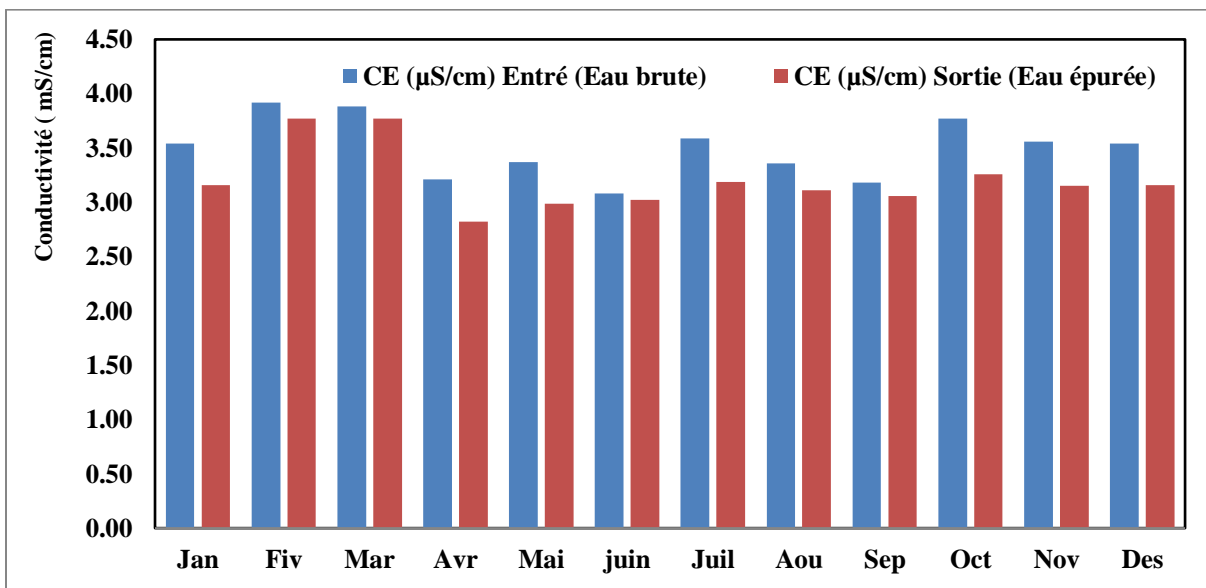


Figure IV-3 : Variation mensuelle de la Conductivité (2022)

Il est important de signaler que nos résultats (**Figure IV-3**) montrent à l'entrée de la station, les valeurs de la conductivité se situent entre 3,08 mS/cm à 3,92 mS/cm. Cependant à la sortie de la station nous avons enregistré qu'il y'a un baissement qui varie entre 0,06 à 0,51 mS/cm, le long de toutes les données.

Cette perturbation (augmentation/ baissement) selon la littérature (**Abissy et Mandi ,1999**), est probablement liée à des processus comme le lessivage des minéraux du sol, la minéralisation de la matière organique ou le phénomène d'évapotranspiration des algues.

La conductivité est peut-être l'une des mesures les plus simples et les plus importantes dans le contrôle de la qualité des eaux usées. Il reflète la salinité globale de l'eau et fournit des informations sur la salinité de l'eau brute entrant dans la station d'épuration. Selon la figure (IV-3), on peut voir que la valeur mensuelle de l'eau brute varie entre 3,08 et 3,92 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et que la valeur de l'eau traitée dépassant la norme varie entre 2,82 et 3,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette variation est due aux changements de concentration des sels dissous dans l'eau arrivant à la station d'épuration.

IV.3. Paramètres chimiques :

IV.3.1. Oxygène dissous (O_2) :

Les fluctuations des niveaux d'oxygène dissous dans l'eau sont liées aux changements saisonniers de la température et de la salinité de l'eau, qui ont un impact direct sur le processus de dissolution de l'oxygène.

Le tableau (IV-4) ci-dessous présente l'évolution mensuelle moyenne de l'oxygène dissous dans les eaux brutes et traitées de la station urbaine de Sidi Aissa (2022).

Tableau IV-4: Variations moyennes mensuelles de l'oxygène dissous (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	0,25	0,32	0,73	0,67	0,77	1,00	0,56	1,80	0,37	0,29	0,31	0,31	0,61
Nombre d'analyses	16	12	21	20	18	20	21	10	15	19	17	21	
Sortie STEP (Eau épurée)	5,58	6,09	5,76	5,35	4,94	5,16	4,92	7,29	6,20	5,31	5,46	5,72	5,64
Nombre d'analyses	16	12	21	20	18	20	21	10	15	19	17	21	

La figure (VI-4) représente les variations des concentrations moyennes mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps

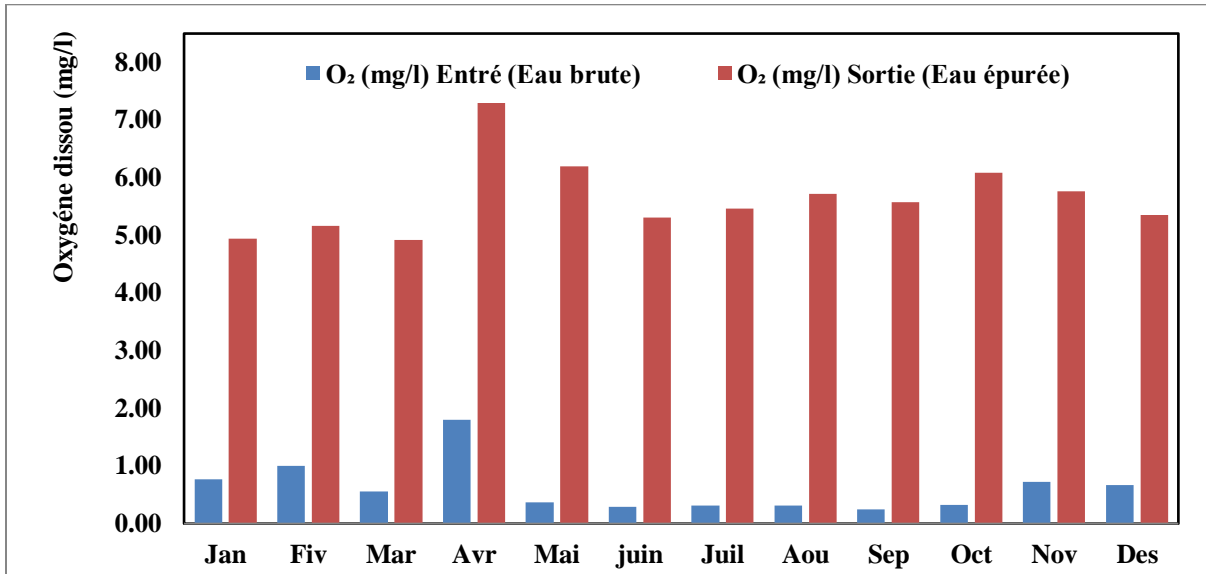


Figure IV-4 : Variations moyennes mensuelles de l'oxygène dissous (2022)

Pour l'oxygène dissous (O₂), les valeurs obtenues montrent une plage de fluctuation de 0,29 mg/l à 1,8 mg/l pour l'eau brute et de 4,92 mg/l à 7,29 mg/l pour l'eau traitée. En raison de l'aération effectuée lors du traitement biologique, notamment dans les bioréacteurs, les eaux usées traitées ont une teneur en oxygène plus élevée que l'eau brute.

D'après le graphique, la teneur en oxygène dissous (O₂) relevée en sortie est nettement supérieure à celle à l'entrée, du fait de la bonne aération de l'eau au niveau du bassin d'aération, nécessaire au développement des microorganismes aérobies, ce qui assure l'oxydation de la matière organique et donc l'eau usée subit une bonne épuration biologique.

IV.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

La DBO₅ est associée à la fraction biodégradable des eaux usées, c'est-à-dire oxydée par les bactéries (Koné et al, 2012). DBO₅ est une expression de la quantité d'oxygène utilisée pour détruire la matière organique décomposable dans un processus biochimique (Chaouki et al, 2014).

Le tableau ci-dessous (IV-5) regroupe Les résultats des variations de la teneur en DBO₅ dans les eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) (2022).

Tableau IV-5: Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO₅) (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	404,45	453,00	399,29	285,30	362,00	354,22	356,67	474,92	579,13	386,67	484,18	429,22	414,09
Nombre d'analyses	01	01	01	01	01	01	01	03	02	05	02	01	
Sortie STEP (Eau épurée)	5,53	8,08	7,13	9,24	7,01	6,94	13,28	7,08	6,63	6,13	5,99	6,41	7,45
Nombre d'analyses	01	01	01	01	01	01	01	03	02	05	02	01	

La figure (VI-5) représente la variation de DBO₅ de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps.

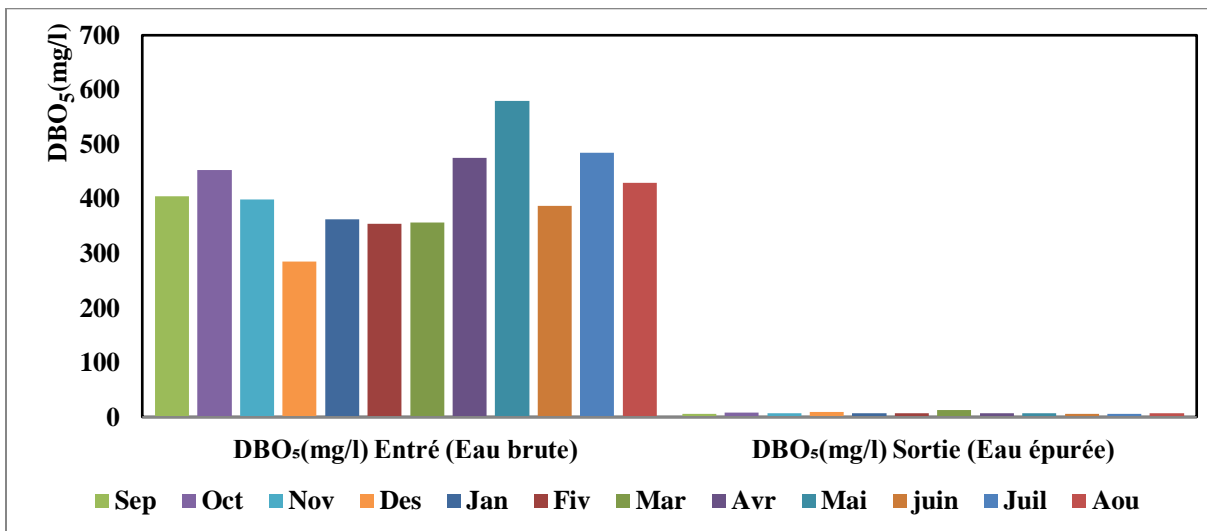


Figure IV-5: Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO₅) (2022)

A noter que la DBO₅ de l'eau brute à l'entrée de la station est comprise entre 285,3 et 579,13 mg/l. En revanche, pour les eaux traitées, où la concentration varie entre 5,53 et 13,28 mg/l, la valeur de DBO₅ est inférieure à la norme de rejet (25 mg O₂/l). L'efficacité d'élimination de la DBO₅ était comprise entre 68,92 % et 98,66 %.

Après traitement les valeurs enregistrées de la DBO₅ sont largement inférieures à celle de des eaux avant traitement. Cette diminution est située entre 82.60 à 90%. Donc, le maximum de la pollution organique biodégradable est éliminé par la station.

IV.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO) :

D'après (**Koné, 2002**), la DCO évolue en sens inverse avec l'oxygène dissous, ce qui traduit une probable utilisation de l'oxygène pour la dégradation de la matière carbonée.

La DCO peut être utilisée pour estimer la concentration de matières organiques ou de minéraux dissous ou en suspension dans l'eau par la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique totale. (**Fathalla et al, 2014**).

Le tableau ci-dessous (IV-6) regroupe Les résultats de la variation de la teneur en DCO dans les eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) (2022).

Tableau IV-6: Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène(DCO) (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	978,38	1130	1050,5	558,56	778,00	778,00	871,50	1097	1331,5	844,50	1159,5	1002	964,95
Nombre d'analyses	01	02	01	01	01	01	01	02	02	02	01	01	
Sortie STEP (Eau épurée)	56,39	60,75	66,13	56,50	56,41	56,41	91,86	74,30	62,27	49,28	53,03	51,12	61,20
Nombre d'analyses	01	02	01	01	01	01	01	02	02	02	01	01	

La figure (VI -6) représente la variation de DCO de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps.

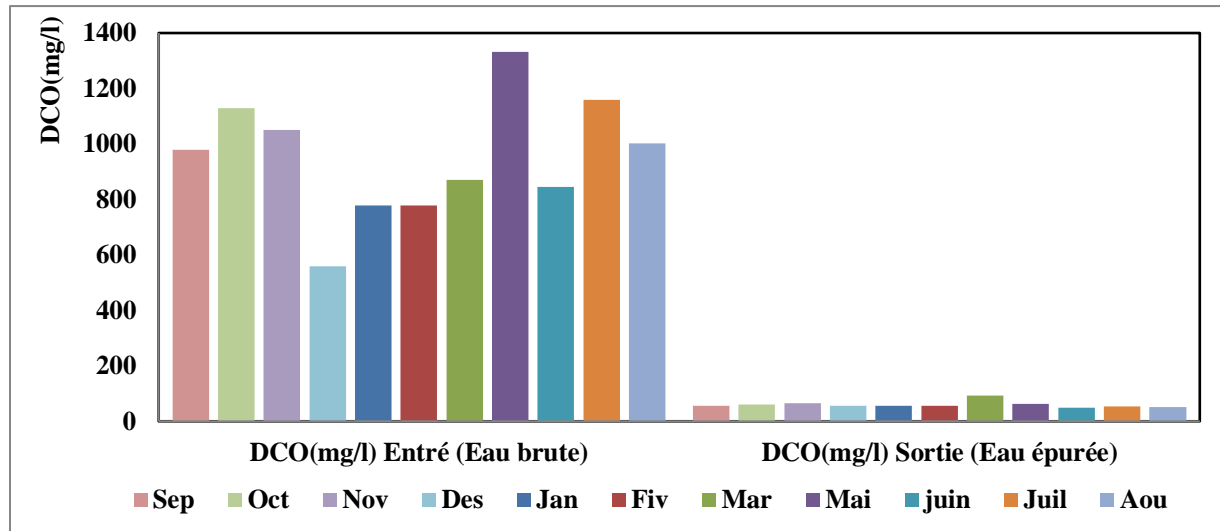


Figure IV-6: Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène(DCO) (2022)

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de DCO varient entre 558 mg/l et 1332 mg/l à l'entrée de la STEP et entre 49 mg/l et 92 mg/l à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP).

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de concentration de la DCO des eaux brutes de la station d'épuration de Sidi Aissa varient entre un minimum de 558,56 mg/l et un maximum de 1331,5 mg/l à l'entrée de la station d'épuration STEP. Après le traitement nous avons enregistré un rendement d'élimination acceptable de ce paramètre qui varie entre 88,88% à 95,42%, et toutes les valeurs de DCO sont conformes à l'émission étalons (<125 mg/l). Pour les efficacités d'élimination de la DCO nous remarquons qu'il y a un bon abattement de DCO.

IV.3.4. Rapport de biodégradabilité (DCO /DBO₅) :

Le rapport **DCO/DBO₅** a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent (rapport DCO/DBO₅ inférieur à 3) (**Onep et Gtz.1998 ; Fathalla et al. 2014**).

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 physico-chimique.

On pourra considérer selon le rapport DCO/DBO₅ que l'aptitude à la biodégradation est plus ou moins favorable à un traitement biologique, les règles suivantes étant généralement retenues :

- DCO/DBO₅ < 3 effluent facilement biodégradable
- 3 < DCO/DBO₅ < 5 effluent moyennement biodégradable
- DCO/DBO₅ > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable

Cet indice de biodégradabilité (DCO/DBO₅) s'avère également très utile pour le suivi de l'efficacité de traitements biologiques, le rapport augmentant d'autant plus que le traitement biologique est plus poussé. (Rodier.2009).

Pour la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa, nous avons constaté que le rapport DCO/DBO₅ était compris entre 1,96 et 2,63 < 3, ce qui signifie que l'eau brute est facilement biodégradable.

IV.3.5. Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension (MES) dans leur majeure partie ces sont de nature biodégradable (FAO, 2003). Selon (Rodier .2005), les matériaux participent à la composition de l'eau par leur échange d'ions ou leur adsorption d'éléments chimiques traces et de microorganismes.

Pour la mesure des matières en suspension (MES), on filtre 20 ml (0.02 l) des échantillons avec un filtre à 0.45 µm, on place le filtre dans une coupelle que l'on laisse sécher pendant 24 heures dans une étuve à 105 °C.

La concentration des matières en suspension (MES) s'exprime par : $MES (g/l) = \frac{(M_2 - M_1)}{V}$

Avec :

M₁ : la masse de l'ensemble de la coupelle et du filtre propre (en g)

M₂ : correspond à la masse de la coupelle du filtre et des matières en suspension après séchage. Les filtres et les coupelles sont placés à l'étuve 24 h avant leur utilisation de sorte que le poids **M₁** corresponde bien au poids sec.

V : le volume de l'échantillon à analyser **V=20 ml**

Le tableau ci-dessous (IV-7) représente la Variations moyennes mensuelles de la matière en suspension (MES) de l'eau brute et de l'eau traitée de la station de la ville de Sidi Aissa (2022).

Tableau IV-7: Variation mensuelle de la matière en suspension (MES) (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	644,58	888,00	616,86	291,25	346,00	351,07	368,25	418,00	571,20	368,36	490,55	421,82	481,32
Nombre d'analyses	07	06	10	10	08	03	03	10	11	19	09	09	
Sortie STEP (Eau épurée)	9,17	14,40	19,29	16,63	14,91	31,11	29,83	18,75	5,83	8,64	7,64	6,91	15.26
Nombre d'analyses	07	06	10	10	08	03	03	10	11	19	09	09	

La figure (VI-7) représente la variation de MES de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps.

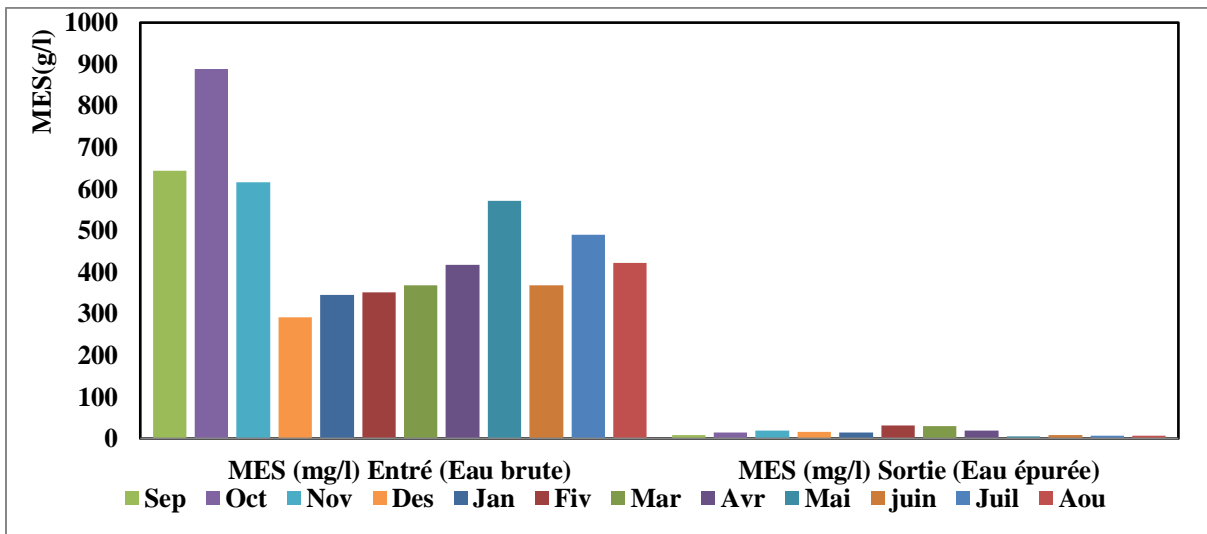


Figure IV-7: Variation mensuelle de la matière en suspension (MES) (2022)

A la lumière des résultats que nous avons obtenus sur les histogrammes de figure (IV-7), nous avons remarqué qu'à l'entrée du STEP, les valeurs de MES variaient entre un minimum de 291,25 mg/l et un maximum de 888 mg/l. Cette variation pouvait être attribué à la qualité instable de l'eau à l'entrée. La valeur de MES à la sortie de la station d'épuration (eau traitée) est comprise

entre un minimum de **5,83** mg/l et un maximum de **31,11** mg/l. Les rendements épuratoires de l'élimination de MES sont très importants et dépassent totalement 94% (supérieur de 94%).

IV.3.6. Azote total (N_T) :

L'azote présent dans l'eau peut être de caractère organique ou minéral.

L'azote organique est principalement composé de protéines, de polypeptides, d'acides aminés, d'urée et d'autres composés, et d'azote inorganique (ammoniaque, nitrate, nitrite). (Rodier 2009).

Le tableau ci-dessous (IV-8) représente la Variations moyennes mensuelles de l'azote total de l'eau brute et de l'eau traitée de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) (2022).

Tableau IV-8: Variation mensuelle de l'azote total (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	150,00	147,50	114,68	84,83	98,30	98,30	92,19	89,06	104,93	95,48	124,33	118,29	109,82
Nombre d'analyses	01	01	01	01	01	01	01	02	02	03	01	01	
Sortie STEP (Eau épurée)	55,46	39,88	47,75	20,38	22,65	32,81	39,50	15,88	10,64	13,55	24,10	30,90	29,45
Nombre d'analyses	01	01	01	01	01	01	01	02	02	03	01	01	

La figure (VI-8) représente la variation de N_T de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps.

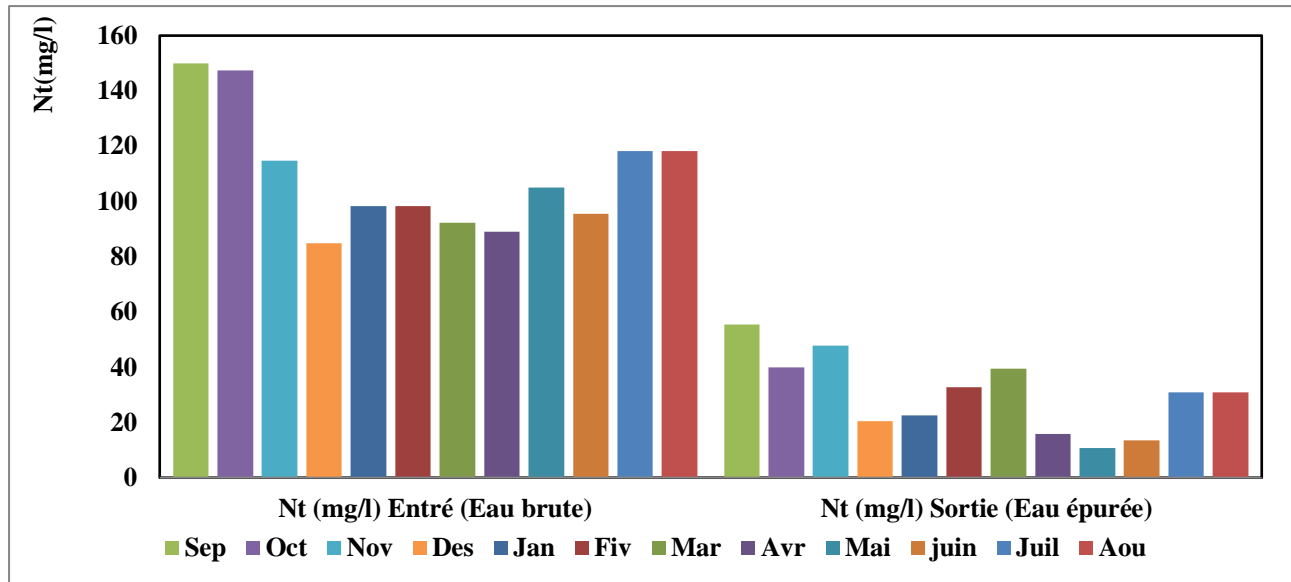


Figure IV-8: Variation mensuelle de l'azote total (2022)

D'après le graphique (VI-8), les valeurs d'azote total à l'entrée de la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) sont comprises entre 84,83 mg/l et 150 mg/l. Tandis que à la sortie elles sont varient entre 10,64 et **55,46** mg/l. L'eau traitée a une valeur inférieure à 50 mg/l et est donc conforme à la norme.

L'élimination biologique de l'azote se fait en deux étapes consécutives, la nitrification et la dénitrification, antagonistes du point de vue de l'oxygène.

IV.3.7. Azote ammoniacal (NH_4^+) :

La présence anormale d'azote ammoniacal rencontrée dans les eaux usées reflète généralement le processus de dégradation incomplet de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. (Nisbet et Vernaux.1970).

Le tableau ci-dessous (IV-9) représente la Variations moyennes mensuelles de l'azote ammoniacal de l'eau brute et de l'eau traitée de la station de la ville de Sidi Aissa (2022).

Tableau IV-9: Variation mensuelle de l'azote ammoniacal (NH_4^+) (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	40,20	0,43	53,20	10,24	76,70	80,90	56,50	57,94	62,70	91,70	///	76,60	55.19
Nombre d'analyses	01	01	01	01	01	01	02	02	02	02		01	
Sortie STEP (Eau épurée)	11,62	0,26	11,10	9,94	51,00	60,00	0,04	15,10	13,30	0,03	///	15,38	17.07
Nombre d'analyses	01	01	01	01	01	01	02	02	02	02		01	

La figure (VI-9) représente la variation de NH_4^+ de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station de la ville de Sidi Aissa STEP en fonction de temps.

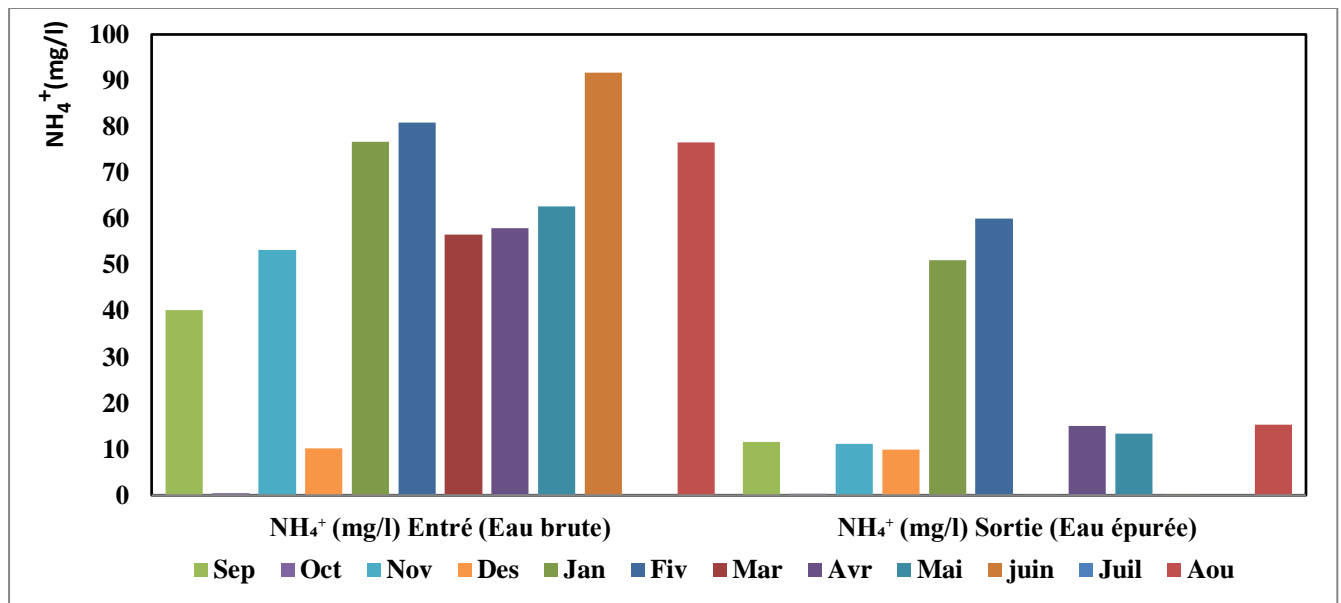


Figure IV-9: Variation mensuelle de l'azote ammoniacal NH_4^+ (2022)

D'après les résultats obtenus, on peut voir que la concentration de NH_4^+ dans l'eau brute varie entre 0,43 et 91,70 (mg/l) à l'entrée de la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) avec une valeur moyenne de 55,19 mg/l. Cependant à la sortie du station la concentration de NH_4^+ dans l'eau épurée varie entre 0,03 et 60 mg/l, et la valeur moyenne était égale à 17,07 mg/l, ces résultats sont en hors des normes algériennes de rejetées des eaux usées. (2 mg/l).

IV.3.8. Nitrates (NO_3^-) :

Le nitrate (ou nitrate d'azote) représente la forme d'azote que l'on trouve généralement le plus souvent dans les eaux naturelles. Le nitrate est le composant principal de l'azote inorganique (N inorganique) ou azote minéral, qui lui-même est principalement contenu dans l'azote global (NGL) ou l'azote total (N_T) avec un autre composant, (**Rodier 2009**).

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l et leurs teneurs dans les eaux usées non traitées sont faibles (**UNEP/MAP/MEDPOL, 2004**).

Le tableau ci-dessous (IV-10) représente la Variations moyennes mensuelles de NO_3^- de l'eau brute et de l'eau traitée de la station de la ville de Sidi Aissa (2022).

Tableau IV-10: Variation mensuelle des nitrates (NO_3^-) (2022)

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	1,81	2,61	2,27	///	///	1,27	2,63	1,25	1,88	2,71	2,19	2,13	2,20
Nombre d'analyses	01	01	01			01	02	02	02	02	01	01	
Sortie STEP (Eau épurée)	3,07	7,63	9,21	///	///	1,14	3,96	5,01	1,76	6,97	8,92	3,12	8,04
Nombre d'analyses	01	01	01			01	02	02	02	02	01	01	

La figure (VI-10) représente la variation de NO_3^- de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration (STEP) de Sidi Aissa en fonction de temps.

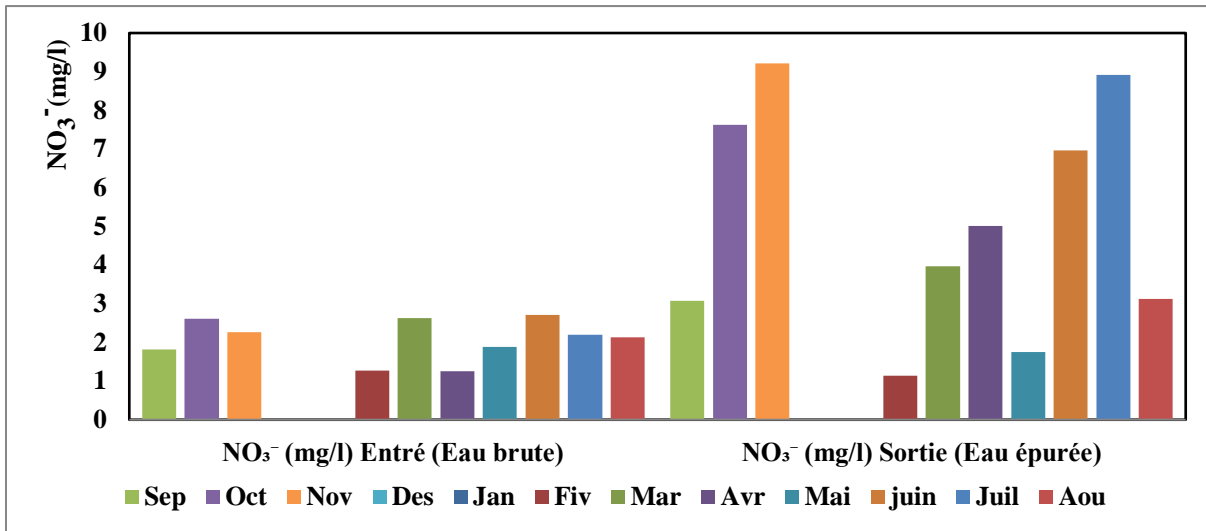


Figure IV-10: Variation mensuelle de Nitrates NO_3^- (2022).

D'après les résultats présentés sur la figure (VI-10), nous avons observé que les valeurs de nitrate obtenues à partir de l'analyse variaient entre 1,25 mg/l et 2,71 mg/l à l'entrée de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa, et entre de 1,14 mg/l et 9,21 mg /l à la sortie. En outre nous avons constaté une augmentation des nitrates en sortie de la station d'épuration qui pourrait être s'expliquer par la nitrification de l'azote organique dans la matière organique. Cependant, la valeur des nitrates est toujours inférieure à la norme d'émission de 10 mg/l.

IV.3.9. Phosphate total :

Le phosphate favorise la prolifération d'algues, conduisant à l'eutrophisation des rivières et des lacs (Degremont, 2005).

Le tableau ci-dessous (IV-11) représente la Variations moyennes mensuelles de phosphate total de l'eau brute et de l'eau traitée de la station de la ville de Sidi Aissa (2022).

Tableau IV-11: Variation mensuelle de phosphate total (2022).

Mois	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	M A
Entrée STEP (Eau brute)	14,43	12,80	9,65	6,18	///	///	7,53	9,88	13,84	11,30	12,30	10,97	10,88
Nombre d'analyses	01	01	01	01			01	02	02	02	01	01	
Sortie STEP (Eau épurée)	6,82	7,11	5,32	2,97	///	///	7,69	4,02	2,52	2,29	4,20	5,03	4,79
Nombre d'analyses	01	01	01	01			01	02	02	02	01	01	

La figure (VI-11) représente la variation de phosphate total de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP) en fonction de temps.

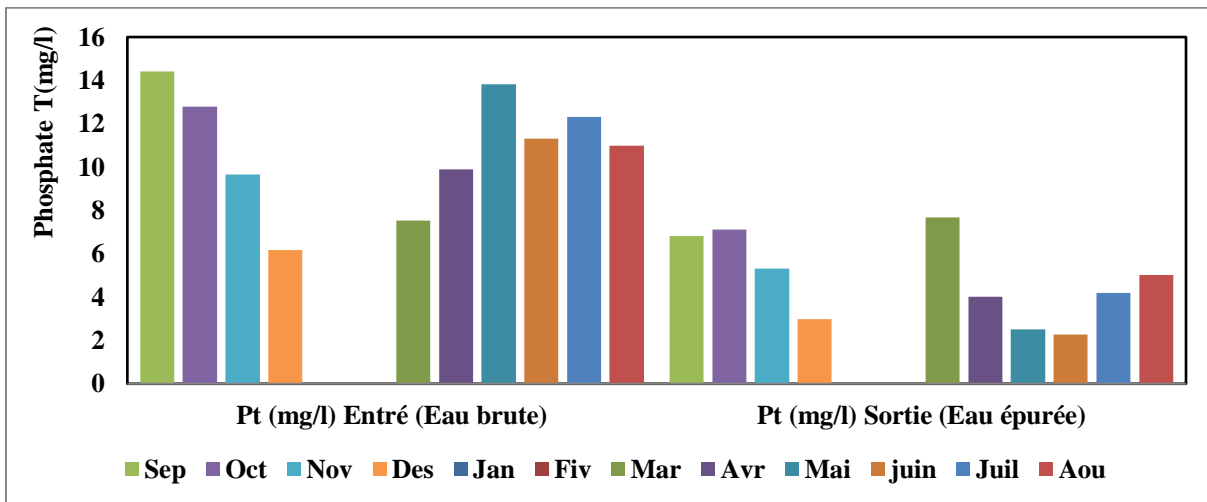


Figure IV-11: Variation mensuelle de phosphate total (2022).

A la lumière des résultats que nous avons obtenus sur les histogrammes de figure IV-11, nous avons remarqué qu'à l'entrée de la station d'épuration de la ville de Sidi Aissa (STEP), les valeurs de **Phosphate total (Pt)** variaient entre un minimum de **6,18 mg/l** et un maximum de **14,43 mg/l**. D'autre part la valeur de **Phosphate total (Pt)** à la sortie de la station d'épuration (eau traitée) est comprise entre un minimum de **2,29 mg/l** et un maximum de **7,69 mg/l**. Ces résultats traduire l'efficacité du procédé utilisé dans l'élimination du Phosphate total (Pt). Néanmoins les résultats obtenus ne sont pas conformes aux normes Algérienne de rejetées des eaux usées (<2mg/l)

IV.4. Conclusion :

D'après l'analyse de l'ensemble des résultats obtenus des eaux usées entrantes et sortantes au niveau de la station d'épuration de Sidi Aissa. Nous pouvons conclure que :

Les eaux usées de la ville de Sidi Aissa sont caractérisées par une pollution importante qui dépasse largement les normes de rejet des eaux usées algérienne ou nous avons enregistré des valeurs extrêmes a été atteindre à 484,18 mgO₂/l de DBO₅, 1331,5 mg/l de DCO, 888 mg/l de MES. En outre l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites. La station d'épuration de Sidi Aissa est de type boues activées à faible charge dont les performances épuratoires semblent très satisfaisantes avec un rendement d'élimination de MES de 94%, pour la DBO₅ il est compris entre 69 et 99%, alors que pour la DCO, il varie entre 89 et 96%. L'azote ammoniacal des eaux usées traitées dépassent la norme de rejet avec 17.07 mg/l. La même remarque est soulevée pour les nitrates qui augmentent à la sortie de la STEP. Finalement on peut dire que :

- ✓ Pour l'ensemble des paramètres testés, les concentrations dans les eaux épurées sont conformes avec les normes des rejets des eaux usées après épuration.
- ✓ Le rendement épurateur de la station de Sidi Aissa est important.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Aujourd'hui, la fonction de base des stations d'épuration est de dépolluer les eaux usées et de rendre l'eau propre qui peut être rejetée dans les cours d'eau ou dans l'océan sans nuire à l'environnement naturel ou à la santé publique. Par conséquent, l'objectif principal des stations d'épuration urbaines est de maintenir la qualité de la ressource face à l'augmentation des activités humaines.

Des études diagnostiques visant à identifier d'éventuelles pannes, ou dégradations matérielles ou de production, pour guider les décideurs dans les interventions afin qu'elles soient précises et efficaces dans notre étude de cas, au-delà de notre immense importance pour le fonctionnement des équipements de la station d'épuration de Sidi Aissa, nous pensons plus important est l'analyse des produits (eau et boue) qui ont un impact direct sur l'environnement, et la priorité de tout (santé personnelle), sans laquelle toute action ou traitement sera vain si nous ne pouvons pas prouver que la qualité de l'eau sortant de la station d'eau est saine et inutile.

Le processus de traitement des eaux usées est un processus complet car il comprend de nombreuses opérations telles que le processus que nous avons recherché et analysé pour la station de Sidi Aissa, il est divisé en deux parties : propriétés physiques et chimiques, la station de Sidi Aissa a prouvé sa grandeur à travers les chiffres et les résultats présentées dans le chapitre pour améliorer l'efficacité. Indique qu'il est conforme aux normes nationales.

De ces résultats, on peut déduire qu'il n'y a pas de signalement de dysfonctionnements à la station de Sidi Aissa. La qualité de l'eau après traitement est bonne, et elle peut être utilisée pour l'irrigation sans risque après traitement tertiaire.

Afin de maintenir le bon fonctionnement de la station d'épuration de Sidi Aissa sur le long terme, nous recommandons :

- ✓ ✓ Veiller à ce qu'il n'y ait pas de pannes dans le réseau d'assainissement de la ville de Sidi Aissa, afin d'assurer un meilleur résultat.

Conclusion générale

✓ Concevoir un bassin de désinfection UV (ultra-violets) près de la station d'épuration où l'eau traitée est rejetée, afin que l'eau puisse être réutilisée pour l'irrigation ou l'industrie, en protégeant l'environnement naturel.

✓ Application stricte de la réglementation obligeant les industriels à traiter leurs effluents avant de les rejeter dans les réseaux d'assainissement des eaux usées domestiques ou dans les réseaux naturels.

Références bibliographiques

Référence bibliographiques

- ❖ **Amir. S, (2005)** : contribution à la valorisation de boue de station d'épuration par compostage (thèse de doctorat à l'institut polytechnique Toulouse).
- ❖ **Amy G., Debroux J-F., Arnold R. et Wilson L-G. (1996)**: Preozonation for enhancing the biodegradability of wastewater effluent in a potable-recovery soil aquifer treatment (SAT) system. Rev. Sci. Eau, 9:365-380p.
- ❖ **Berland,J.M.. , Bouti, c., Molle, P.,Cooper,P.,(2001,2010)** : Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000eqhab).
- ❖ **Bontoux. (1993)** : Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson : Edition Technique et Documentation Lavoisier. 166p.
- ❖ **Bouguern.Y (2013)** : Conception de la station d'épuration à boues activée de la VILLE DE Sidi Aissa (W.M'sila).Master dissertation, Ecole nationale supérieure de l'hydraulique ARBAOUI Abdellah de Blida.
- ❖ **Boumedienne, M. E. A. (2013)** : Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées: cas de la step ain el houtz (Doctoral dissertation).
- ❖ **Bouziati M.(2000)** : L'eau dans tous ses états : Edition dar el Gharb.260p.
- ❖ **Brouillet J.L, Picot B, SambucO J.P, Gaillard L, Soteras G, Valarie I, (2008)** : Eco techniques d'assainissement des Eaux usées domestiques : Evolution et perspectives, XIIIe Congrès mondial de l'Eau, Montpellier, France, 17p.
- ❖ **Cardot, C. (1999)** : Génie de l'environnement, les traitements de l'eau : procédés physicochimies et bactériologique, édition Ellipses, Paris, 247p.
- ❖ **Commission Européenne avec la Collaboration de l'Agence de l'Eau Française., (1991)** : Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab). Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. 44p
- ❖ **Dauvergne. G, (2007)** : Mise en place d'indicateur de suivi et d'exploitation de station d'épuration. Mémoire de fin d'étude pour obtention du certificat d'étude supérieur).
- ❖ **Degrement T. (2005)** : Mémento technique de l'eau .10ème édition .Paris : Lavoisier technique et documentation .1718p.

Référence bibliographiques

- ❖ **Desjardin S R, (1997)** : Le traitement des eaux, 2ème édition, Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, pp 303.
- ❖ **Djermakoye M-M. (2005)** : Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physicochimiques, bactériologique, et impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines. Thèse de doctorat .Université de Bamako. Mali.119p.
- ❖ **Faby J.A., Brissaud F. (1997)** : La réutilisation des eaux usées épurées dans les schémas directeurs d'assainissement et dans certains cas, pour économiser l'eau. Environnement et techniques / infos – déchets Juillet- Août 1997. N° 168.
- ❖ **F.A.O., (2003)** : Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord. 73 p.
- ❖ **Fathallah. Z ., Elkharrim. K., Fathallah. R., Hbaiz E. M., Hamid. C., Ayyach. A., Elkhadmaoui. A., Belghyti. D., (2014)** : étude physico-chimique des eaux usées de l'unité industrielle papetière (cdm) a sidi Yahia El Gharb (Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre 2014, pp. 57-69.
- ❖ **Gaujous , D ,(1999)** : la pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et documentation La voisir, 220 p.
- ❖ **Gounane, Ighiles, S. Haddad, and Hamza Djaroun. (2015)** : Dimensionnement hydraulique de la station d'épuration de Ssidi Aich wilaya de Béjaia. Diss. université Abderahmane Mira,.
- ❖ **Grosclaude G., (1999)**. « L'eau : usage et polluants ». Edition INRA, 210p.
- ❖ **Harremoes, P. (1997)**: Integrated water and waste management. Water Science and Technology, 35(9):11-20p.
- ❖ **Himmi. N., Hasnaoui. M., Fekhaoui. M., et Foutlane. A., (2005)** : Variabilité des descripteurs physiques, chimiques et biologiques d'un réservoir de stockage (Lagunage mixte, Ben Slimane-Maroc). Rev.Sci. Eau 18/spécial 91-107.
- ❖ **JORA.(2006)** : journal officiel de la république algérienne . Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1 article3.
- ❖ **Kesbi, R. (2016)** : Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'ouest Algérien Cas de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent (Doctoral dissertation).

Référence bibliographiques

- ❖ **Khattabi H, (2002)** : Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydro biologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France) ; Thèse doctorat, 173p
- ❖ **Kone D, (2002)** : Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'ouest et du centre: état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement, Thèse de doctorat, LAUSANNE, 170 P.
- ❖ **Lartiges B, (1994)** : Déstabilisation d'une suspension de silice colloïdale par un sel d'aluminium. Relation entre les phénomènes de surface, la structure et la granulométrie des floes, Docteur de l'INPL, Institut National Polytechnique de Lorraine.
- ❖ **Liss. S.N., Allen D.G. (1992)**: Microbiological Study of Bleached Kraft Pulp Mill Aerated Lagoon.
- ❖ **Maiga.F., (2006)** : Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien : cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. Sud Sciences & Technologies, 14, 1-9.
- ❖ **Menaceur. R et Saidj. K, (2013)** : caractérisation des paramètres physico-chimiques et quantification des nutriments des eaux usées de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou, Mémoire d'Ingénieur d'état en agronomie, université-UMMTO.
- ❖ **Merlet P. (2004)** : Dictionnaire le petit Larousse illustré.1ère édition. Larousse. Paris.p.1818.
- ❖ **Molleta, R. (2007)** : Gestion des problèmes environnementaux, 2ème édition, Paris, 720,441p.
- ❖ **Moussa, M. (2005)** : Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries: caractéristiques physicochimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat Présentée et soutenue publiquement le 01/07/2005 devant le jury de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto stomatologie (FMPOS) du Mali. 135p).
- ❖ **Nisbet M., Verneaux J. (1970)** : Composants chimiques des eaux courantes. Anales de limnologie, 6 fasc. 161-190p.

Référence bibliographiques

- ❖ **Rahou Kada Boubakeur. (2014)** : Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El-kerma ORAN, mémoire de master, département de génie chimie, université d'Oran, Algérie.
- ❖ **Rassam. A, Chaouch A, Bourkhiss B et Bourkhiss M., (2012)** : Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oujda (Maroc oriental), Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 81 2012, p. 121 – 125.
- ❖ **Rejsek F. (2002)** : Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. CRDP d'Aquitaine, Bordeaux (2002).
- ❖ **Rodier, J (2005)** : L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- ❖ **Rodier J. Legube B. Merlet N. (2005)** : L'analyse de l'eau ; eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. Dunod, Paris.1824p.
- ❖ **Rodier J., (2009)** : Analyse de l'eau, 9 ème édition DUNOD. p: 965 à 1073,et p1600
- ❖ **Salghi R, (2004)** : Différents filières de traitement des eaux ; université IBN ZOHR, Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir (ENSA Agadir) Maroc, 22P
- ❖ **Satin. M; Belmi. S (1999)** : Agence de l'eau seine-normandie, Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre.
- ❖ **Smith, O. B., Moustier, P., Mougeot, L. J., & Fall, A. (2004)** : Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone: enjeux, concepts et méthodes. CRDI, Ottawa, ON, CA, p173
- ❖ **Tardat-Henry, M., & Beaudry, J. P. (1984)** : Chimie des eaux, Edition le Griffon d'argile. INC, Canada
- ❖ **U.N.E.S.C.O (Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture), (2008)** : Traitement des eaux usées par lagunage fiche technique. Bureau de l'UNESCO à Rabat, Bureau Multi-pays pour le Maghreb. 8p.
- ❖ **UNEP/MAP/MED POL/WHO (2004)**: Guidelines on sewage treatment and disposal for the Mediterranean region. MAP Technical Reports Series No. 152, UNEP/MAP, Athens,
- ❖ **Vaillant J R, (1974)** : Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris.

Référence bibliographiques

- ❖ **Yamashita Y, Maie N, Briceño H, et al (2010)** : Optical characterization of dissolved organic matter in tropical rivers of the Guayana Shield, Venezuela. Journal of Geophysical Research: Bio geosciences; p115.
- ❖ (www.carteleau.org).