

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2020



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع/2020

Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique urbaine

Thème

**Diagnostic et évaluation des performances épuratoires
la station d'épuration de Timgad (wilaya de Batna)**

Nom et Prénom de l'étudiant :
Rahlaoui Yasmina

Encadreur : Dr Ounoki Samira

Année universitaire : 2019 - 2020

Remerciements

Un grand merci à mon encadreur « Mme. Ounoki Samira » pour sa disponibilité, sa rigueur, son soutien qu'elle n'a cessé de me prodiguer et ses encouragements dans les moments clés, pour les précieuses remarques qu'elle m'a apporté lors des différents suivis, qui m'ont permis de présenter mon travail dans sa forme finale

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

A tout les responsables et les agents qui travaillent dans la station d'épuration de Timgad wilaya de Batna.

J'adresse mes remerciements aussi à tous les enseignants du département de génie civil et d'hydraulique

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, sans oublier mes collègues de promotion.

Rahloui Yassmina

Dedicace

Je dédie ce travail à :

Mon Père

Ma Mère

Mes Frères (Djalal et Djamal)

Mes Sœurs (Amel et Naziha).

Mon Mari Yassine

Ma très Chère Nassira

A tous les amis de près ou de loin.



Yasmina

Résumé

La ville de Timgad dispose d'une station d'épuration des eaux usées depuis 2009, elle traite ces effluents par le procédé des boues activées à faible charge. Cette station produit un volume d'eau très important de qualité conforme aux normes de rejet. L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration de Timgad. Le suivi de l'ensemble des paramètres physico-chimiques sur une série de données d'une année d'exploitation (2018-2019) a montré que les rendements épuratoires sont satisfaisants de 99.99% pour les matières en suspension (MES). Le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅) sont respectivement de 99.47% et de 96.89%. Cependant, l'élimination des nitrates, nitrites et phosphates est très faible.

Mot clé: Eaux usées, STEP de Timgad, rendement épuratoire, DCO, MES, DBO₅, boues activées.

المخلص

يوجد في مدينة تيمقاد محطة لتنقية مياه الصرف الصحي منذ 2009 و تعالج هذه المخلفات بتقنية الحمأة المنشطة ذات حمولة ضعيفة، وتنتج هذه المحطة كمية كبيرة جداً من المياه التي تتوافق و معايير التصريف. يهدف هذا العمل إلى تقييم أداء التنقية و عوائد محطة معالجة مياه الصرف الصحي في تيمقاد. أظهرت جميع العوامل الفيزيائية والكيميائية على سلسلة من البيانات من سنة واحدة من الاستغلال (2018-2019) مردود إزالة جد مرضي بنسبة 99.99% من المواد الصلبة العالقة (MES)، أما مردود الطلب الكيميائي على الأكسجين (DCO) و الطلب البيولوجي على الأكسجين لمدة 5 أيام (DBO₅) فكان على التوالي 99.47%، 96.89%. غير أ، إزالة النترات، النتريت والفوسفات فكانت منخفضة.

الكلمات المفتاحية : مياه الصرف الصحي، محطة تنقية المياه بتيقاد، مردود التنقية، الطلب الكيميائي على الأكسجين، الطلب البيولوجي على الأكسجين لمدة 5 أيام، الحمأة المنشطة

Sommaire

Liste des figures
Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre 01 : Eaux usées (Qualité et traitement)

1.1	Introduction	3
1.2	Définition des eaux usées.....	3
1.3	Origine des eaux usées.....	3
1.3.1	Les eaux usées domestiques	3
1.3.2	Les eaux usées ruissellement.....	3
1.3.3	Les eaux usées industrielles.....	4
1.3.4	Les eaux usées urbaines	4
1.3.5	Les eaux agricoles	4
1.4	Les paramètres de pollution des eaux usées.....	5
1.4.1	Les paramètres physiques.....	5
1.4.1.1	La température.....	5
1.4.1.2	Matières en suspension (MES).....	5
A)	Matières volatiles en suspension (MVS).....	5
B)	Matières minérales (MMS).....	5
1.4.2.3	Turbidité	6
1.4.3	Les paramètres chimiques.....	6
1.4.3.1	Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	6
1.4.3.2	La conductivité électrique (CE).....	6
1.4.3.3	Oxygène dissous.....	6
1.4.3.4	Demande biochimique en oxygène (DBO).....	7
1.4.3.5	La demande chimique en oxygène (DCO).....	7
1.4.3.6	La biodégradabilité.....	8
1.4.3.7	Matières azotées	8
1.4.3.8	Matières phosphorées... ..	9
1.4.3.9	Autres matières.....	9
1.4.4	Paramètres bactériologiques.....	9

1.5 Équivalent-Habitant (EH).....	10
1.6 Les normes de rejet.....	10
1.7 station d'épuration des eaux usées	11
1.7.1 Nécessité de l'épuration de l'eau	11
1.7.2 Emplacement de la station d'épuration	11
1.7.3 Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées...	12
1.8 Techniques d'épuration des eaux usées	12
1.8.1 Les procédés biologiques intensifs	12
1.8.1.1 Lit bactérien.....	13
1.8.1.2 Disque biologique.....	14
1.8.1.3 Traitement par boues activées	15
1.8.2 Les procédés biologiques extensifs (lagunage)	17
1.8.2.1 Lagunage naturel	17
1.8.2.2 Lagunage à macrophytes.....	18
1.8.2.3 Lagunage aéré	19
1.8.3 Le traitement tertiaire	19
1.9 Traitement des boues.....	20
1.9.1 Définition de Boue	20
1.9.2 Objectifs du traitement des boues	20
1.9.3 Les types des boues	21
1.9.3.1 Les boues primaires	21
1.9.3.2 Les boues secondaires	21
1.9.3.3 Les boues mixtes	21
1.9.3.4 Les boues physico-chimiques.....	21
1.9.4 Les différentes filières de traitement des boues	21
1.9.4.1 Epaissement	21
1.9.4.2 La stabilisation	23
1.9.4.3 La déshydratation.....	24
1.9.5 Caractéristique des boues	25
1.9.5.1 la siccité.....	25
1.9.5.2 Matières volatiles (MV)	26
1.9.5.3 Indice de boue (IB).....	26
1.9.5.4 Les éléments nutritifs	27
1.9.6 Les caractéristiques physiques des boues.....	28

1.9.6.1	La viscosité.....	28
1.9.6.2	Masse volumique.....	28
1.9.6.3	Le pouvoir calorifique	28
1.9.6.4	Le pouvoir calorifique inferieur	28
1.10	Conclusion.....	29

Chapitre 02 : Données de base sur la région d'étude

2.1	Introduction.....	30
2.2	Situation géographique de la zone d'étude.....	30
2.3	Données climatiques.....	31
2.3.1	Précipitations.....	31
2.3.2	Température	32
2.3.3	Humidité.....	32
2.4	L'hydrologie de la région d'étude	32
2.5	Les ressources hydrauliques	34
2.5.1	Les eaux superficielles	34
2.5.2	Les eaux souterraines	35
2.6	Réseaux d'assainissement	35
2.7	Conclusion.....	35

Chapitre 03 : Diagnostic de la station d'épuration de Timgad

3.1	Introduction	36
3.2	Présentation du site de la station d'épuration	36
3.3.	Historique de la STEP de Timgad	37
3.4	Caractéristiques de la STEP	37
3.5	Description et fonctionnement de la station... ..	38
3.5.1	Filière eau.....	39
3.5.1.1	Station de relevage	39
3.5.1.2	Les prétraitement.....	40
3.5.1.3	Traitement secondaire (par boues activées)	44
	a. Réacteur biologique	44
	b. Clarificateurs	47
	c. Bassin de désinfection	48
3.5.2	Filière boue.....	49
3.5.2.1	Recirculation et extraction des boues.....	49

3.5.2.2 Traitement des boues.....	50
3.6 Prélèvement et échantillonnage.....	53
3.6.1 Types d'échantillons.....	53
3.6.2. Techniques de prélèvement.....	54
3.7 La supervision.....	55
3.8 Le laboratoire de la station.....	55
3.9 Conclusion.....	56

Chapitre 04 : Evaluation des performances épuratoires

4.1 Introduction.....	57
4.2.1 Résultats et discussions.....	57
4.2.1 Filière eau.....	57
4.2.1.1 Température.....	57
4.2.1.2 Potentiel hydrique (pH).....	58
4.2.1.3 Oxygène dissous (O ₂).....	59
4.2.1.4 Conductivité.....	59
4.2.1.5 Matière en suspension (MES).....	60
4.2.1.6 Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	62
4.2.1.7 Demande chimique en oxygène (DCO).....	63
4.2.1.8 Pollution phosphorée.....	64
4.2.1.9 Matières azotées.....	65
4.2 Filières de Boue.....	66
4.2.2.1 Concentration en Matières Sèches (M.S).....	66
a) Bassin biologiques.....	66
b) Bassin de clarification.....	67
4.2.2.2 Indice de boue (IB).....	68
4.3 Conclusion.....	69
Conclusion générale.....	70
Référence bibliographiques.....	71

Chapitre 1 : Eaux usées (Qualité et traitement)

Figure 1.1 :	Lit bactérien	13
Figure 1.2 :	Schéma du traitement biologique par disque biologique	15
Figure 1.3 :	Schéma de principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constitué de trois bassins	18
Figure 1.4 :	Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes	19
Figure 1.5 :	Coupe longitudinal d'un épaisseur gravitaire	22
Figure 1.6 :	Schéma de la composition principale du lit de séchage	25

Chapitre 2 : Données de base sur la région

Figure 2.1 :	Les limites administratives de la wilaya de Batna	30
Figure 2.2 :	Carte des réseaux hydrauliques et hydrographiques à Batna	33
Figure 2.3 :	Localisation du Barrage de Koudiet M'douar (Timgad, Batna)	34

Chapitre 3

Diagnostic de la station d'épuration de Timgad

Figure 3.1 :	Photo aérienne de situation de la ville de Timgad et barrage K.M	36
Figure 3.2 :	Schéma général de la station d'épuration de Timgad	39
Figure 3.3 :	Dégrilleur mécanique grossier	41
Figure 3.4 :	Dégrillage mécanisé fin	42
Figure 3.5 :	Les refus de dégrillage	42
Figure 3.6 :	Déssableur / déshuileur	43
Figure 3.7 :	Réacteur biologique	45
Figure 3.8 :	Clarificateur	48
Figure 3.9 :	Pompage des boues	50
Figure 3.10 :	Bassin de stabilisation des boues	52
Figure 3.11 :	déshydratation mécanique à filtre presse à bande	53
Figure 3.12 :	Schéma général des points de prélèvement	54
Figure 3.13 :	La supervision	55

Chapitre 4 :Evaluation des performances épuratoires

Figure 4.1 :	Variation Mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP(en 2018 et 2019).....	57
Figure 4.2 :	Variation Mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP	58
Figure 4.3 :	Variation journalière de l' O ₂ à l'entrée et à la sortie de la STEP(en 2018 et 2019).....	59
Figure 4.4 :	variation Mensuelle de la conductivité à l'entré et à la sortie de la STEP(en 2018 et 2019)	60
Figure 4.5 :	variation mensuelle de la matière en suspension MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (En 2018 et 2019)	61
Figure 4.6 :	Variation mensuelle des rendements de la matière en suspension MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (En 2018 et 2019).....	61
Figure 4.7 :	variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)	62
Figure 4.8 :	Variation de rendements d'élimination de la DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)	62
Figure 4.9 :	Variation mensuelle de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)	63
Figure 4.10 :	Rendement de la demande chimique en oxygène (DCO)à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)	64
Figure 4.11 :	Variation mensuelle des orthophosphates à l'entré et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)	64
Figure 4.12 :	Variation mensuelle des Nitrates à l'entré et à la sortie de la STEP	65
Figure 4.13 :	variation mensuelle du Nitrites à l'entré et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)	66
Figure 4.14 :	Variation mensuelle de concentration en matières sèche dans le bassin biologique(en 2018 et 2019)	67
Figure 4.15 :	Variation mensuelle de concentration en matières sèche dans le bassin de clarification (en 2018 et 2019)	67
Figure 4.16 :	Variation mensuelle d'indice de boue dans le bassin biologique (en 2018 au et 2019)	68

Chapitre 1 : Eaux usées (Qualité et traitement)

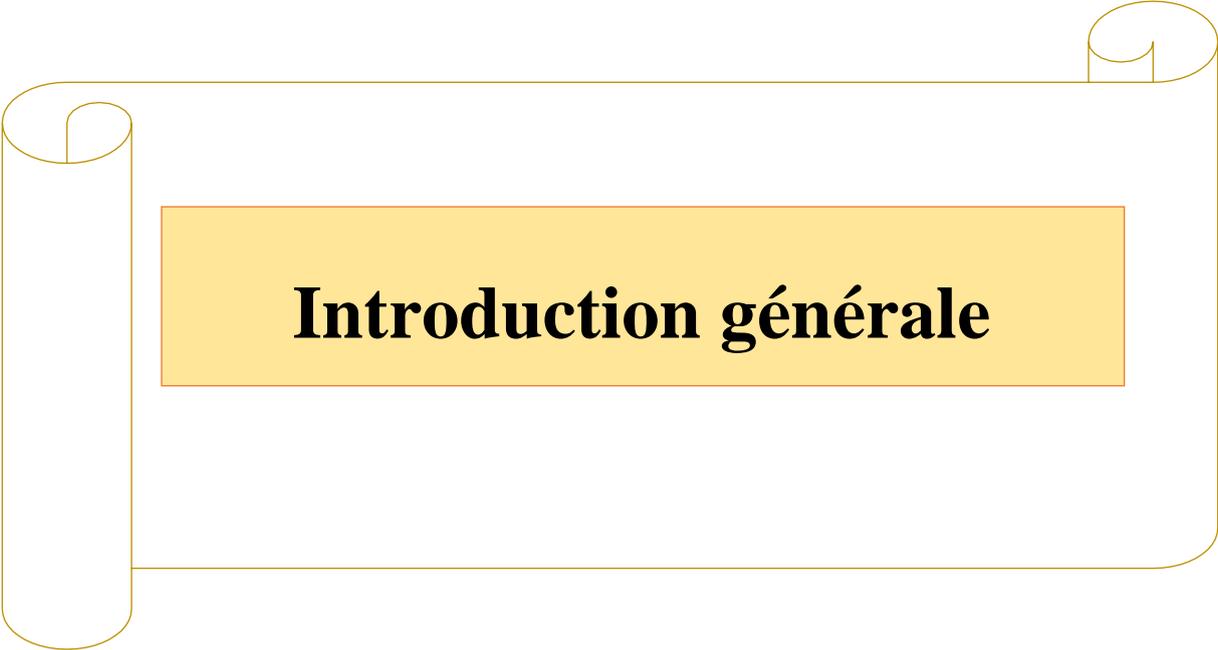
Tableau 1.1 :	Caractéristiques des eaux usées urbaines de la ville de Ouargla comparées aux normes de rejet de l'OMS	11
Tableau 1.2 :	Consistance de boue en fonction de la siccité	26

Chapitre 2 : Données de base sur la région d'étude

Tableau 2.1 :	Répartition des précipitations moyennes annuelles (1972-2014)	31
Tableau 2.2 :	Variation des températures moyennes mensuelles	32
Tableau 2.3 :	Variation mensuelle de l'humidité relative en 2014	32

Chapitre 3 : Diagnostic de la station d'épuration de Timgad

Tableau 3.1 :	Les charges polluantes à l'entrée et à la sortie de STEP	37
Tableau 3.2 :	les ouvrages installés au niveau de la STEP de Timgad	38
Tableau 3.3 :	Les caractéristiques de la station de relevage	40
Tableau 3.4 :	Caractéristiques de dégrillage mécanisé grossier	40
Tableau 3.5 :	Caractéristiques de dégrillage mécanisé fin	41
Tableau 3.6 :	Caractéristiques de dessableur	43
Tableau 3.7 :	Caractéristiques de Pompe à sables	44
Tableau 3.8 :	Caractéristique du bassin biologique de la STEP de Timgad	45
Tableau 3.9 :	Caractéristique du bassin aéré (aérobie et anoxie)	46
Tableau 3.10 :	Caractéristiques du clarificateur	47
Tableau 3.11 :	Le dimensionnement du bassin de désinfection	49
Tableau 3.12 :	Les caractéristiques de l'épaississeur	50
Tableau 3.13 :	Les caractéristiques du bassin de stabilisation des boues	51



Introduction générale

Introduction générale

L'eau est l'élément le plus réparti sur le globe terrestre. Sa disponibilité en quantité importante n'implique pas son abondance en qualité en raison des ressources superficielles salées (mers, océans) ou souterraines difficilement exploitables. La qualité des ressources en eau réellement exploitables se dégrade de jour en jour suite aux rejets domestiques, industriels et agricoles qui ne cessent d'augmenter en raison du développement industriel et de la croissance démographique.

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves nuisances pour la santé publique et l'environnement. Par conséquent, elles doivent être traitées aux niveaux des stations d'épuration qui ont pour rôle de réduire la pollution carbonique, azotée, et biologique de ces eaux et produire une eau traitée répondant aux normes de rejet, et cela via des procédés physico-chimiques et biologiques (**Desjardin, 1996**).

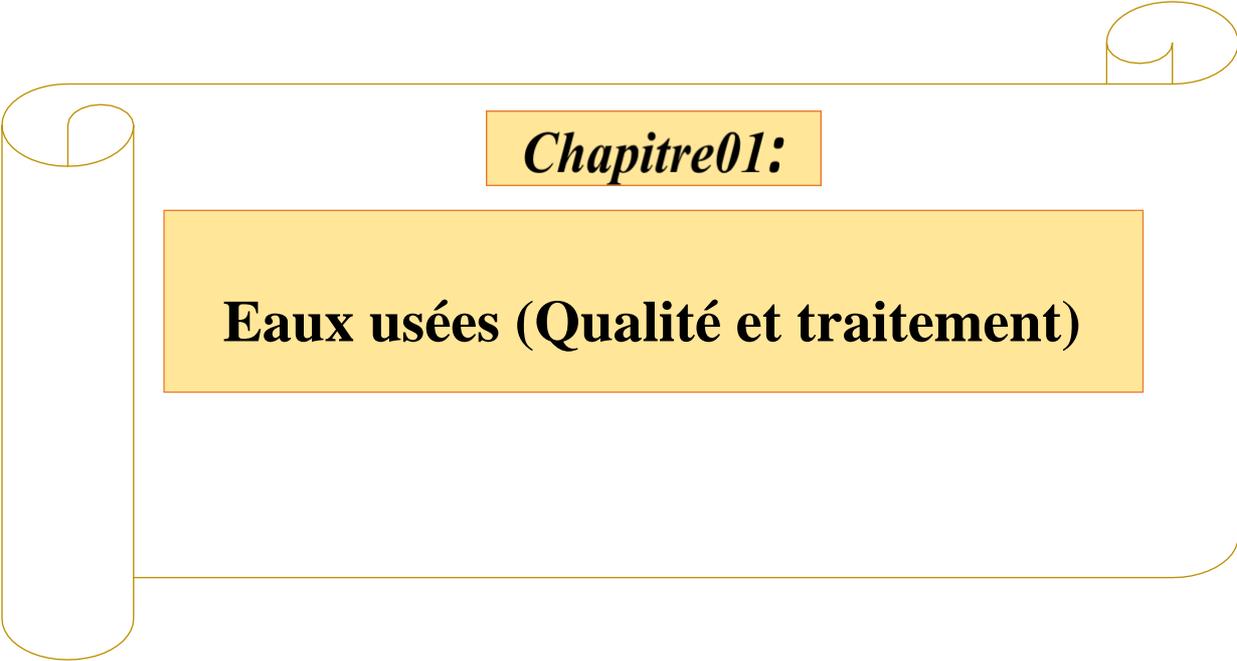
En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration (**Hartani, 2004**). En effet, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 % (**Medkour, 2003**). En 2015, d'après l'Office national d'Assainissement (ONA), l'Algérie compte 120 stations d'épuration qui produisent un volume de 14,6 millions m³ par mois d'eaux usées épurées (**ONA, 2015**). Cependant, cette quantité demeure très réduite par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours déversées dans les différents milieux naturels (**Dafri, 2008**).

Notre travail consiste de diagnostiquer et d'évaluer les performances épuratoires de la station d'épuration de la ville de Timgad. Pour ce faire, le manuscrit débutera par une introduction générale puis subdivisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre évoquera des généralités sur les eaux usées (Qualité et traitement) ;
- Le deuxième chapitre sera consacré à l'exposition des données de base sur la région d'étude côté hydrologique et hydraulique ;
- Le troisième chapitre discutera la description de la station d'épuration de Timgad filière eau et filière boues.
- Le dernier chapitre comportera l'étude des performances épuratoires de la step pour les différents paramètres de pollution.

Introduction générale

Une conclusion générale s'avère nécessaire afin de récapituler l'ensemble des résultats obtenus et discutés.

A decorative border resembling a scroll, with a light beige background and a thin brown outline. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curling upwards and downwards respectively. The text is centered within this scroll.

Chapitre01:

Eaux usées (Qualité et traitement)

1.1. Introduction

Les eaux usées sont des eaux polluées, souillées par une activité humaine quelconque (domestique, industrielle, ou agricole). Ces eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants et de ce fait, elles doivent subir un traitement avant d'être déversées dans les milieux naturels. Au cours de ce chapitre,

1.2. Définition des eaux usées

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée (**Salghi, 2010**). Elles sont des eaux chargées des résidus de matière organique ou minérale, solubles ou non. Ce sont les eaux évacuées résultant de toutes les activités humaines journalières.

Les problèmes liés aux eaux usées sont aussi anciens que ces eaux elles même et ils s'aggravent suivant (**Salghi, 2010**) :

- la croissance démographique,
- l'amélioration de la qualité de vie des populations,
- le développement des activités industrielles ou agricoles

1.3. Origine des eaux usées

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

1.3.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (les eaux de Lessive, de cuisine) et les eaux vannes (eaux de toilette). Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières Organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières Organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de Carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels Que soufre, phosphore, fer, etc.) (**Vaillant, 1974**).

1.3.2. Les eaux usées ruissellement

Elles comprennent les eaux de pluies, eaux de lavages et eaux de drainage. Ces eaux sont polluées par les matières qu'elles entraînent en provenance des trottoirs et des chaussées (huiles, mazoutes, graisse, sables ...etc.). Elles contiennent également de zinc, plomb, et cuivre. Les

eaux de drainage peuvent provenir de la montée d'une nappe phréatique dans le sol. Elles sont généralement peu polluées (**Boutoux ,1983**).

1.3.3. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures, «etc. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte, elles peuvent perturber le fonctionnement des usines de dépollution (**Lartiges, 1994**)

1.3.4. Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des silts, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toute sortes de micropolluants hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules. Plomb venant du plomb tétra éthyle contenu dans l'essence, retombées diverses de l'atmosphère, provenant notamment des cheminées domestiques et des cheminées d'usines (**Desjardins, 1997**).

1.3.5. Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terre cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (**METAHRI, 2012**)

1.4. Les paramètres de pollution des eaux usées

1.4.1. Les paramètres physiques :

1.4.1.1. La température

La température est un paramètre physique principal pour différents phénomènes chimiques tels que : la solubilité des gaz, et des sels. L'augmentation de la température diminue la solubilité des gaz, ce phénomène est important lorsque l'oxygène diminue, ceci implique une insuffisance de la réserve en oxygène qui influe sur la multiplication des micro-organismes ainsi que l'épuration biologique. (GAID, 1984)

1.4.1.2 Matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante :

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

A) Matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau ;

B) Matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc. L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène (Duguet et al, 2006).

1.4.2.3 Turbidité

C'est un paramètre indiquant la réduction de la limpidité de l'eau. Cela est dû à la présence des matières en suspension non dissoutes (MES) provenant de l'érosion et du lessivage des sol, ou des matières particulaires issues de la dégradation de la matière animale et végétale (Hammou, 2012)

1.4.3. Les paramètre chimiques :

1.4.3.1 Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Généralement, le pH des eaux usées domestiques est compris entre 6.5 et 8.0 . Il joue un rôle capital dans la croissance des micro-organismes qui ont un pH optimum variant entre 6.5 et 7.5. Les valeurs inférieures à 5 ou supérieures à 9 affectent la variabilité et la croissance des micro-organismes. Les substances qui modifient le pH peuvent rendre inefficace le traitement des eaux usées (GAUJOUS ,1999).

1.4.3.2. La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est reliée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique et colloïdale. Par conséquent, dans le cas des eaux usées fortement chargées en matière organique, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2015).

1.4.3.3. Oxygène dissous

C'est une grandeur importante de l'écologie des milieux étudiés. Elle est essentielle pour la respiration des organismes vivants hétérotrophes. La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans l'eau est exprimée en mg/l. Le dioxygène dissous provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg /l à 20°C) (Hood Et al,2009). 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).

1.4.3.4. Demande biochimique en oxygène (DBO)

Elle est définie comme la concentration en O₂ consommée par les μorganismes pour détruire (dégrader) les composés non azotés dans des conditions bien précises (Température= 20°C, l'obscurité et pendant un temps donnée). En présence d'O₂, les bactéries aérobies transforment ou dégradent les matières organiques (MO). Si la quantité d'O₂ est suffisante l'oxydation des MO s'effectue en 2 étapes (**Gaid, 1984**) :

- Oxydations des composés carbonés (glucides, lipides, protéines) qui se termine en 20 jours à 20°C.
- Oxydation des composés azotés, cette réaction commence au bout d'une dizaine de jours.

Très souvent, c'est la première étape seulement qui est prise comme test de la pollution. En effet, l'oxydation biologique nécessite un temps de 20 à 28 jours, on mesure dans ce cas le DBO ultime, DBO₂₁ ou DBO₂₈. Puisque cette période est longue, alors on choisi par convention une mesure après 5 jours appelée DBO₅. La DBO représente seulement la pollution organique carboné biodégradable. Généralement, la DCO est de 1,5 à 2 fois la DBO₅ pour les eaux usées urbaines et de 1 à 10 fois pour l'ensemble des eaux usées industrielles.

$$MO = (2DBO_5 + DCO)/3$$

1.4.3.5. La demande chimique en oxygène (DCO)

Elle représente la teneur en oxygène consommée par les matières oxydables (réductrices) dans des conditions bien définies. Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quelle que soit leur origine organique ou minérale, biodégradable ou non biodégradable. La DCO est exprimée par la quantité d'O₂ fournie par du bichromate de potassium K₂Cr₂O₇, nécessaire à l'oxydation des substances réductrices pendant 2h à l'ébullition (140 – 150°C) en milieu acide et en présence d'un catalyseur (H₂SO₄ + HgSO₄) (**Suschka et Ferreira, 1986**).

1.4.3.6. La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que, $K = DCO / DBO_5$:

Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ;

Si $1,5 < K < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables. Si

$2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables

Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures ... etc. La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, si non on applique un traitement physico-chimique (**Metahri, 2012**).

1.4.3.7. Matières azotées

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes (**SALGHI, 2004**).

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- L'azote ammoniacal (NH_4^+) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des 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.
- L'azote nitrique (NO_3^-) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

Dans les eaux usées urbaines, l'azote se trouve principalement sous la forme ammoniacale (Les formes oxydées sont de très faibles concentrations) (**SALGHI, 2004**).

1.4.3.8 Matières phosphorées

Dans les eaux usées urbaines, le phosphore se trouve sous formes d'ions ortho phosphates isolés, ou sous forme d'ions phosphates condensés avec des molécules organiques. Les ions ortho phosphates correspondent au groupement PO_4^{3-} , ils sont facilement fixés par le sol et peuvent se trouver dans les eaux souterraines (**REJSEK ,2002**).

1.4.3.9 Autres matières

En plus ces caractéristiques, les EU urbaines peuvent contenir également les métaux lourds toxiques, les sels, les huiles et les graisses et les matières colorées. A titre d'exemple, on cite le chrome, le zinc, mercure, phénols, hydrocarbures, pesticides,ect (**Rodier, 2005**).

1.4.4. Paramètres bactériologiques

1.4.4.1. Les virus

Les virus sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement.

L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (**BAUMONT et al, 2005**). Leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel (**AULICINO et al, 1996**).

1.4.4.2. Les bactéries

Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments, et une température relativement élevée (37°C). Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est donc limité. Par ailleurs, les bactéries pathogènes vont se trouver en compétition avec les bactéries indigènes, ce qui limitera leur développement. Les eaux usées urbaines contiennent en moyenne 10^7 à 10^8 bactéries/l. dont 10^6 entérocoques et entérobactéries, 10^4 à 10^5 streptocoques fécaux et 10^3 à 10^4 Clostridium. La majorité de ces organismes ne présentent pas un danger pour la santé et la concentration en bactéries pathogènes peut atteindre de l'ordre de $10^4/\text{L}$ (**FABY et BRISSAUD, 1997**).

1.4.4.3. Les protozoaires

Les espèces de protozoaires intestinaux humains qui considérés comme pathogènes et fréquemment rencontrés dans les eaux usées sont : Entamoebahistolytica ,Balantidium coli , Giardaintestinalis ,Crystosporidiumparvum (**Rodier,2005**).

1.4.4.4 Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées urbaines est de l'ordre de 10 à 103œufs/l (**FABY et BRISSAUD, 1997**). Beaucoup d'helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel (**CAMPOS, 2008**).

1.5. Équivalent-Habitant (EH) :

C'est une unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour. La directive européenne du 21 mai 1991 définit qu'un équivalent-habitant rejette (**Benlala, 2012**):

* **DBO₅ = 60 g/hab/j**

* **DCO = 120 g/hab/j**

* **MES= 70 g/hab/j**

* **Matières azotées = 14 g/hab/j**

* **Matières phosphorées = 4 g/hab/j pour Q = 150 à 200 l/hab/j**

1.6. Les normes de rejet

Les normes sont des concentrations limites à ne pas dépasser. Il existe différents types de normes tels que : Normes de potabilisation, normes de rejet et normes de réutilisation, qui sont liées à la qualité d'eau concernée. On peut également avoir d'autres genres de normes qui sont liés à l'organisme ou au pays concerné telles que : normes de l'OMS, normes européennes, normes françaises, canadiennes; ...ect. Les teneurs maximales en matières polluantes qui pourront être rejetées dans un milieu récepteur, sont appelées normes de rejets. Elles répondent à des lois ou directives nationales ou internationales qui peuvent être adoptées localement par arrêté préfectoral. Le tableau 1.1 présente les normes de rejet de l'OMS ainsi que les normes algériennes pour les rejets industriels liquides

Tableau 1.1 : Caractéristiques des eaux usées urbaines de la ville de Ouargla comparées aux normes de rejet de l'OMS

Paramètre	Normes de rejet de l'OMS	Normes algériennes des rejets industriels
<i>Ph</i>	6,9 – 9	5,5 – 8,5
<i>Température (°C)</i>	25 – 30	30
<i>MES (mg/l)</i>	30	30
<i>DBO₅ (mgO₂/l)</i>	30	40
<i>DCO (mgO₂/l)</i>	90	120
<i>Azote total (mg/l)</i>	50	40
<i>Phosphore total (mg/l)</i>	2	2
<i>Huiles et graisses (mg/l)</i>	20	20
<i>Coliformes totaux</i>	5000	-
<i>Coliformes fécaux</i>	2000	-
<i>Streptocoques</i>	1000	-

1.7. station d'épuration des eaux usées

1.7.1. Nécessité de l'épuration de l'eau:

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour réutiliser les eaux traitées dans d'autres secteurs.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives) (Zeghoud,2014).

1.7.2 Emplacement de la station d'épuration

une station d'épuration est généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées, et limiter l'apport en excès de matière organique et dans certains cas, de substances minérales telles les nitrates et les phosphates dans le milieu récepteur.

Les étapes du traitement sont regroupées en trois catégories :

- La chaîne de traitement de l'eau
- La chaîne de traitement des boues
- Les procédés annexes : ce sont les procédés qui ne traitent ni l'eau, ni les boues mais qui ajoutent une qualité de service à l'usine d'épuration (IFE, 2007)

1.7.3. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur
- Des caractéristiques des eaux usées
- Des conditions climatiques
- De la disponibilité du site
- Des conditions économiques
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien (DAHOU ET BREK, 2003).

1.8. Techniques d'épuration des eaux usées

L'épuration des eaux usées peut être intensive ou bien extensive :

1.8.1 Les procédés biologiques intensifs

Le traitement biologique, destiné à éliminer la pollution organique biodégradable grâce aux micro-organismes (biomasse), est constitué par un ou plusieurs réacteurs en série (les grands articles, 2015).

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Office International de l'Eau, 2001). L'épuration biologique des eaux usées peut être mise en œuvre par les micro-organismes se développant en suspension dans l'eau (boues activées), ou encore dans des réacteurs à biomasse fixée dans lesquelles les micro-organismes se développent sur un support grossier ou sur garnissage plastique (lit bactérien), sur un disque (disques biologiques) (DEKHIL et ZAIBET, 2013)

1.8.1.1. Lit bactérien

Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. L'épuration de la phase liquide repose sur l'activité biochimique de micro-organismes qui dégradent la

matière organique en présence d'oxygène. Cette oxydation transforme une partie de la matière organique en eau, gaz carbonique et énergie. Le reste est transformé en biomasse, concentrée sous forme de boues. Dans le lit bactérien, les micro-organismes sont retenus sur un support, appelé garnissage, sous la forme d'un biofilm. Il s'agit d'une couche dense de bactéries, qui ont la capacité de produire des polymères leur permettant de former un film et d'adhérer à un support. Le garnissage est arrosé avec l'eau usée à traiter, après une décantation primaire ou un simple tamisage fin.

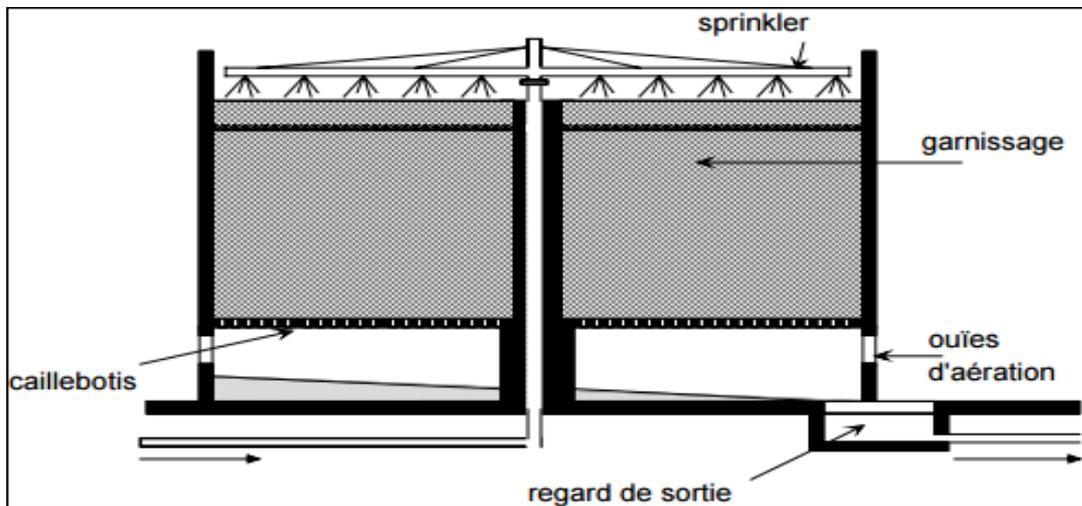


Figure 1.1 : Lit bactérien (Racault et Seguret, 2004)

Le temps de passage de l'eau au sein du système est très court, de l'ordre de quelques minutes. Les effluents contiennent de la matière assimilable sous forme dissoute et particulaire. Dans la partie dissoute se trouve, la plupart du temps, une fraction immédiatement assimilable par les micro-organismes et une autre plus difficilement biodégradable. Ces différentes fractions n'ont pas le même devenir au sein du lit

bactérien.

La matière organique facilement biodégradable ainsi que les substrats minéraux nécessaires à l'activité des bactéries sont transportés au sein du biofilm par diffusion. Ce phénomène de transport est particulièrement important. Les performances du système sont plus souvent limitées par la vitesse de diffusion au sein du biofilm, que par la cinétique de transformation des substrats par les micro-organismes. (Racault et Seguret, 2004).

1.8.1.2 Disque biologique

Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques sont semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. L'effluent est préalablement décanté pour éviter le colmatage du matériau support. Les boues qui se décrochent sont séparées de l'eau traitée par clarification.

L'unité de disques biologiques est constituée de disques en plastique rotatifs montés sur un arbre dans un bassin ouvert rempli d'eaux usées. Les disques tournent lentement dans le bassin et lorsqu'ils passent dans les eaux usées, les matières organiques sont absorbées par le biofilm fixé sur le disque rotatif. L'accumulation de matières biologique sur les disques en augmente l'épaisseur et forme une couche de boues. Lorsque les disques passent à l'air libre, l'oxygène est absorbé, ce qui favorise la croissance de cette biomasse. Quand cette dernière est suffisamment épaisse (environ 5 mm) une certaine quantité se détache et se dépose au fond de l'unité.

L'alternance de phases de contact avec l'air et l'effluent à traiter, consécutive à la rotation du support permet l'oxygénation du système et le développement de la culture bactérienne.

Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique de la phase émergée. Les matériaux utilisés sont de plus en plus légers (en général du polystyrène expansé) et la surface réelle développée de plus en plus grande (disque plat ou alvéolaire). (Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM, 2007).

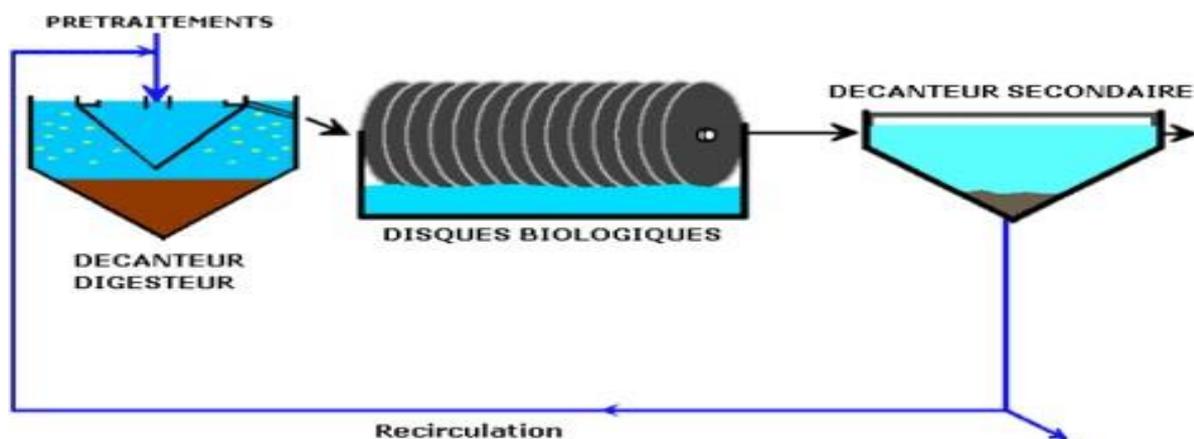


Figure 1.2 : Schéma du traitement biologique par disque biologique (BERNARD ET AL, 2001)

1.8.1.3. Traitement par boues activées

C'est le processus le plus utilisé dans le monde. Il s'agit d'une biomasse libre qui élimine la pollution en mode aérobie, il faut par la suite séparer l'eau claire de la boue biologique. La boue activée est considérée comme un organisme vivant qui se nourrit, respire, se développe et meurt (Cardot, 2010).

1- Appareillage du traitement par boues activées

Le procédé de traitement par boues activées comprend les ouvrages suivants (Cardot, 2010):

- Un bassin d'aération ou réacteur aérobie ;
- Un décanteur secondaire ou clarificateur ;
- Un dispositif d'aération et d'agitation ;
- Un dispositif de recirculation des boues.

2- Description du procédé

La boue activée se compose de toute sorte de matières (MES minérales, MES organiques non biodégradables, MES organiques biodégradables, MO biodégradable). Les composés biodégradables seront assimilés par la boue activée par contre les composés non biodégradables seront adsorbés à sa surface. On peut avoir également une auto-oxydation (respiration endogène) qui consiste à la dégradation d'une partie des bactéries mortes. Ce cas se présente lorsque la MO de l'eau usée est insuffisante et le temps de séjour est important.

Pour obtenir le haut rendement recherché, la quantité de biomasse doit rester constante dans le bassin d'aération. Il faut donc une recirculation de la biomasse à partir du clarificateur vers le bassin d'aération (Cardot, 2010).

3- Paramètres caractérisant le procédé par boues activées

a)- Charge massique

C'est le rapport entre la DBO₅ entrant et la biomasse présente dans le bassin d'aération mesurée en MVS ((Cardot, 2010).

$$C_m = \text{DBO}_5 \text{ (kg/j) / masse de boues (kg/j) } = Q_0 \cdot [\text{DBO}_5] / V_{BA} \cdot [\text{MVS}]$$

b)- charge volumique

C'est le rapport entre la quantité de DBO₅ entrant et le volume du bassin (Cardot, 2010).

$$C_v = \text{DBO}_5 \text{ (kg/j) / volume du bassin (m}^3\text{) } = Q_0 [\text{DBO}_5] / V_{BA} [\text{MVS}]$$

Q_0 : débit d'eau usée brute journalier en m^3/j ;

$[DBO_5]$: concentration de l'effluent brute en kg/m^3 ;

V_{BA} : volume du bassin d'aération en m^3 ;

$[MVS]_{BA}$: concentration des boues dans le bassin d'aération kg/m^3 .

Ces deux paramètres définissent le type de charge des stations d'épuration. Si le bassin d'aération est de faible charge et reçoit beaucoup de pollution, la step est de forte charge. Elle est de faible charge dans le cas contraire.

c)- Rendement épuratoire

Le rendement global de la station est fonction :

- Du rendement du réacteur : **$R\% = [(L_0 - L_t)/L_0]. 100$**
- De la qualité de la décantation qui est mesurée par l'indice de Mohlman (I_m). Cet indice définit le volume de boue décantée en 30min (en ml) par rapport à la masse des boues. (en g).

$$I_m = V_b/M$$

V_b : volume de boue (ml) ;*

M : concentration des MES de la boue.

Un rendement adéquat, $50 < I_m < 125$, sinon la décantation est médiocre.

d)- Temps de séjour du bassin d'aération

le t_s se calcule par la formule suivante :

$$L_t/L_0 = 1/(1+k.X.t_s)$$

L_t : La DBO_5 à la sortie du réacteur (kg/j) ;

L_0 : La DBO_5 à l'entrée du réacteur (kg/j) ;

X : concentration des boues activées (g/l) ;

t_s : le temps de séjour du bassin (h) :

1.8.2 .Les procédés biologiques extensifs (lagunage)

Le lagunage est une technique extensive de traitement des eaux usées constituée de plusieurs bassins étanches en série où se développent bactéries, algues et zooplancton. L'épuration de la matière organique repose sur l'activité de bactéries libres, essentiellement aérobies qui utilisent l'oxygène provenant de la photosynthèse algale, et sur de longs temps de séjour de l'eau dans les bassins. Le lagunage s'appuyant sur des processus naturels d'autoépuration très dépendants des conditions climatiques locales (ensoleillement, température) s'est développé de façon très diverses selon les pays (BROUILLET et al, 2008)

1.8.2.1 Lagunage naturel

Le lagunage naturel est souvent défini par plusieurs termes: "les étangs de stabilisation", "les étangs d'oxydation des eaux usées", "lagunes de eaux usées", "les étangs de stabilisation des eaux usées", "étang de mâturation", "étang de stabilisation". C'est un procédé biologique de traitement des eaux usées. Il consiste à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts peu profonds de 1 à 5 m de profondeur pendant une durée variant de 30 à 60 jours. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu.

Le lagunage naturel repose sur une décantation directe au fond des bassins des matières en suspension, et indirecte des substances solubles introduites ou remises en solution par les sédiments après leur absorption par les microphytes. Ce procédé est proche de l'auto-épuration. Il est basé sur un cycle biologique, où les bactéries assurent l'élimination des matières organiques en présence d'O₂ fourni par les algues (KHATTABI,2002)

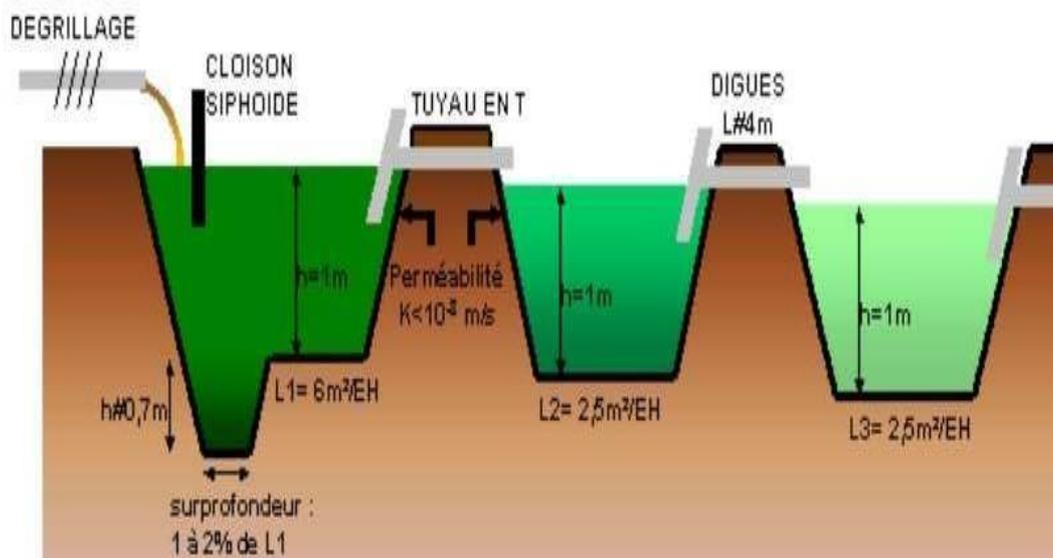


Figure 1.3: Schéma de principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constitué de trois bassins (**BROUILLET et al, 2008**).

1.8.2.2 Lagunage à macrophytes

Le lagunage à macrophytes est effectué dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau (*Pistiastratiotes*). Les bassins sont en général totalement couverts de plantes qui maintiennent ainsi des conditions anaérobies de dégradation de la matière organique initiée dans le décanteur-digesteur. Les boues qui remontent sont piégées par les racines des plantes où se développe une intense activité bactérienne. La fourniture d'oxygène au milieu se fait par l'intermédiaire des racines des plantes.

Le retour progressif aux conditions aérobies se fait dans le dernier tiers des bassins où on maintient seulement 20 % de surface couverte par la laitue d'eau. Les deux premiers tiers sont totalement couverts et destinés à la dégradation de la matière carbonée.

La profondeur optimale est de 0,7 m, et la largeur conseillée est de 3-4 m pour faciliter l'accès et l'exploitation des bassins. Pour atteindre les performances des traitements classiques, l'auteur estime qu'une superficie minimale de 1,3 m² par équivalent habitant est nécessaire, la durée de traitement des eaux usées est fixée à 8 jours pour atteindre une qualité minimale de l'effluent de 70 mg/l de DCO, 20 mg/l de DBO₅, 10 mg/l de MES et une concentration de 8 mg O₂/l en oxygène dissous (**KONE, 2002**).

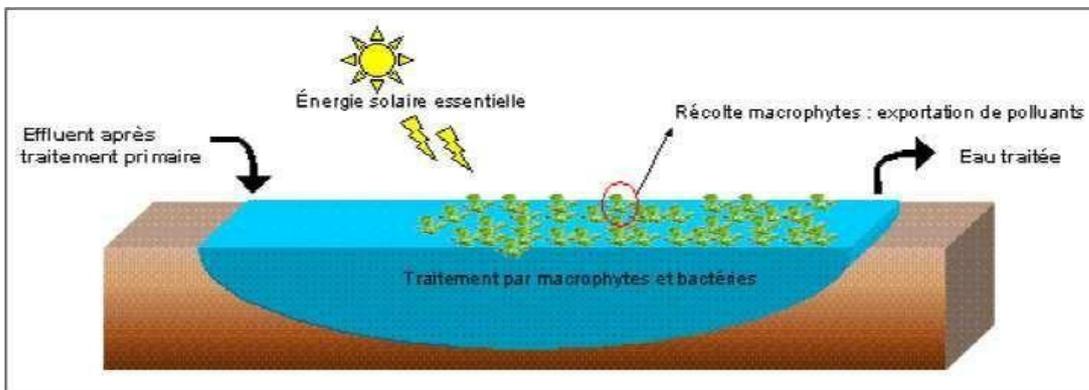


Figure1.4 : Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes (**BROUILLET et al, 2008**)

1.8.2.3 Lagunage aéré

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. La

consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO₅éliminée).

Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

Dans l'étage de décantation, les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire, ce qui est préférable, de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément pour procéder à leur curage (BERLAND et al, 2001).

1.8.3. Le traitement tertiaire :

Appelés aussi traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée, ainsi que la pollution biologique des eaux usées, ayant déjà subi des traitements primaires et secondaires, afin d'améliorer la qualité générale de l'eau. Les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie (Metahri, 2012). Parmi les traitements existants, nous pouvons citer (Degrement, 1989) :

- *La désinfection*

Elle est nécessaire lorsque les eaux usées traitées sont rejetées dans un milieu aquatique à usage balnéaire (plages, zones d'activités nautiques ou touristiques).

- *Les traitements de finition*

Pour certains usages, il est conseillé d'atteindre des concentrations très basses en MES, DCO, DBO, azote et phosphore.

- *Le traitement sur charbon actif*

Le traitement sur charbon actif peut être intéressant pour certaines molécules résistantes aux traitements biologiques, bien souvent lorsque la STEP accueille des eaux industrielles. Ils permettent par exemple d'enlever la couleur de l'effluent.

1.9 Traitement des boues

1.9.1 définition de Boue

Les boues d'épurations sont les principaux déchets issus du traitement biologique des eaux usées et sont constituées de matière organique plus ou moins minéralisée, de matière minérale issue de l'effluent, de bactéries et de leurs résidus.

On distingue les boues primaires issues d'une décantation primaire et les boues dites biologiques issues de la décantation secondaire (**Dagot et Laurent, 2014**).

1.9.2 Objectifs du traitement des boues

Les traitements spécifiques des eaux usées engendrent une matière organique hautement fermentescible (**Guy, 2003**). Trois principaux objectifs de traitements des boues seront distingués :

1. Des traitements d'épaississement et \ou déshydratation et le séchage, des traitements de réduction de la teneur en eau pour améliorer leurs caractéristiques physiques, et de concentrer et diminuer le volume des boues à stocker et à épandre. (**Emillian, 2004**)

2. Des traitements de stabilisation (réduction de nuisance olfactive) pour réduire la fermentescibilité des boues afin de limiter ou d'annuler les mauvaises odeurs (**Guy, 2003 .Emillian, 2004**).

3. Des traitements d'hygiénisation qui visent à éliminer la charge des microorganismes pathogènes (**Guy, 2003 ; Emillian, 2004**).

1.9.3 Les types des boues :

Lors de l'épuration des eaux usées, en fonction des différentes étapes du prétraitement, différents types de boues sont produites.

1.9.3.1 Les boues primaires :

Elles sont issues du traitement primaire et sont produites par simple décantation, en tête de station d'épuration (**Degrémont, 1989**). Ces boues sont fraîches, c'est-à-dire non stabilisées (forte teneur en matière organique) et fortement fermentescibles (**Degrémont, 1989**).

1.9.3.2 Les boues secondaires (autrement appelées boues activées) :

Issues du traitement secondaire et récupérées après le décanteur secondaire (clarificateur), elles sont des boues fraîches biologiques, essentiellement sous forme de floccs de bactéries (**Degrémont, 1989, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 2012**)..

Leur pouvoir fermentescible dépend du temps de séjour dans le bassin d'aération
(.Degrémont, 1989)

1.9.3.3 Les boues mixtes :

Le mélange de boues primaires et secondaires conduit à l'obtention des boues mixtes, dont la composition est dépendante de la quantité de boues primaires et secondaires produites. Très fermentescibles, ces boues subissent un traitement de stabilisation (Degrémont, 1989 ; Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 2012).

1.9.3.4 Les boues physico-chimiques:

Ces boues sont issues d'un traitement utilisant des flocculants minéraux (sel de fer ou d'aluminium). Le traitement physico-chimique est principalement utilisé sur des boues industrielles ou pour l'élimination du phosphore en complément au traitement biologique (Degrémont, 1989)

1.9.4. Les différentes filières de traitement des boues

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale sans nuisance.

1.9.4.1 Epaississement

L'objectif de cette étape est de réduire la quantité d'eau pour diminuer le volume des boues pour les étapes suivantes de traitement. Très souvent l'épaississement est réalisé par des moyens physiques tels la flottation, la centrifugation ou la mise dans des bassins pour une simple sédimentation (BOEGLIN, 2000). Il existe deux types d'épaississement : l'épaississement gravitaire et l'épaississement dynamique.

a) Epaississement gravitaire (décantation) :

Cette technique est la plus utilisée pour la concentration des boues, elle est très répandue dans les grandes stations (10000 - 100000 EH). Une hauteur de 3,5 à 4m est préconisée pour le bassin de décantation, en tenant compte du volume de stockage, afin de faciliter le tassement de la boue. La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées. Ce procédé est peu coûteux (consommation énergétique de l'ordre de 1 à 7 kWh/t MS). Son exploitation est simple mais de faible performance sur les boues biologiques (boues très fermentescibles) avec une siccité seulement de 1,5 – 2,5%. De plus, la mise en place de l'ouvrage nécessite une surface et un volume très importants. Le temps de séjour des boues dans l'épaississeur est d'environ 48 h. la performance est variable selon la nature des boues pour les

boues primaire, 40-80 kg de MS/m/jour, et pour les boues biologiques : 25kg de MS/m/jour (FAVREAU ,2011). La figure 2 représente une coupe longitudinale d'un épaisseur gravitaire

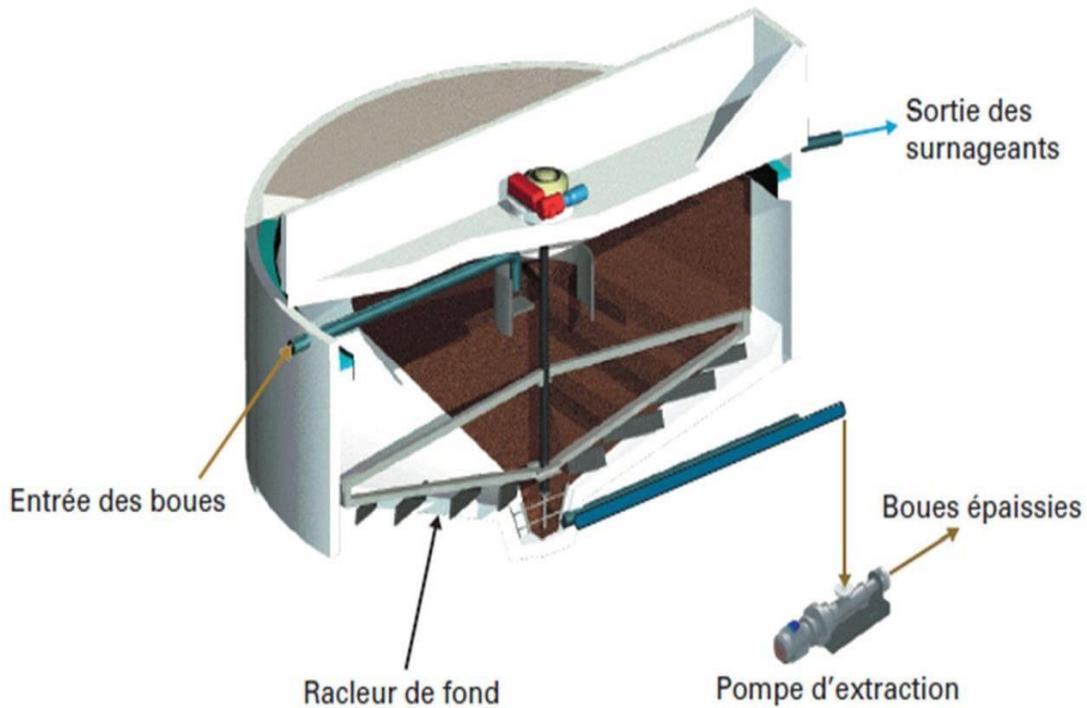


Figure 1.5: Coupe longitudinale d'un épaisseur gravitaire

b) Epaissement dynamique

Depuis quelques années, trois techniques d'épaissement dynamiques qui en particulier avec les boues légères, permettent d'obtenir des meilleurs taux d'épaissement au prix. Il est vrai d'une forte dépense d'énergie électrique et éventuellement de réactifs flocculant. Il s'agit de la flottation, de la décantation et centrifuge, plus récemment, des grilles et tamis d'égouttage (BOEGLIN, (2000)).

1.9.4.2. La stabilisation

Visa la neutralisation des matières organiques susceptibles de subir des phénomènes de fermentation. Quand la composition des boues reste constante au cours du temps, celle-ci sont alors dites stabilisées. La stabilisation peut être biologique aérobie ou anaérobie ou par stabilisation chimique (OIE, 2001). La stabilisation elle permet d'éliminer 20 à 50% de la matière organique. Elle peut se faire par :

- ❖ **digestion anaérobie** : celle-ci a lieu dans le digesteur où les matières organiques subissent une transformation en dioxyde de carbone et méthane avec également production d'ammoniac (MERCIECCA., 1984).



- ❖ **digestion aérobie**: C'est une transformation de la matière organique par oxydation en milieu aérobie avec dégagement de chaleur et production des dioxydes de carbone, pour cela les boues séjournent dans des bassins dites stabilisation (MERCIECCA M., 1984).



- ❖ **par stabilisation chimique** : c'est une méthode peu onéreuse, qui permet une diminution du pouvoir fermentescible de la boue, au moins temporairement, par ajout de la chaux à la boue, à des doses bactériostatiques. Une stabilisation chimique efficace passe par un mélange intime de la chaux et des boues (FAYOUX, 1995).

1.9.4.3. La déshydratation

La déshydratation est une étape du traitement des boues faisant passer les boues de l'état liquide à un état solide. Elle permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en en sortie une siccité allant de 15 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues et la technique de déshydratation utilisée. Elle s'opère sur un mélange de boues primaire, secondaire voire tertiaire. Il existe deux types de déshydratation des boues (ANTONINI, 2000) la déshydratation mécanique et la déshydratation naturelle :

❖ La déshydratation mécanique

Dans les stations d'épuration, l'étape de traitement finale des boues est leur déshydratation afin d'éliminer un maximum d'eau. Une teneur en matière sèches située entre 15 et 35% est obtenue. Les boues contiennent encore jusqu'à 85% d'eau. Il est donc impératif d'optimiser cette étape afin d'assurer la plus grande élimination possible d'eau. Les procédés de déshydratation généralement utilisés sont le filtre à bandes presseuses, le filtre presse et la centrifugeuse.

a - Filtre à bandes presseuses : c'est la filtration sous pression progressive, de 0,3 à 1 bar: comprime la boue au moyen de rouleaux entre une bande filtrante et une bande presse. Le processus comporte les étapes suivantes : la floculation avec des poly-électrolytes, l'égouttage sur un support filtrant de l'eau interstitielle libéré et le pressage de la boue drainée, entre deux toiles qui la compriment progressivement.

b- Filtre presse : c'est un appareil qui permet de filtrer des boues en chambre étanche sous des pressions de l'ordre de 5 à 15 bars il fonctionne en discontinu.

C- la centrifugeuse: peut être assimilée à une sédimentation accélérée. La centrifugation est précédée d'un conditionnement à l'aide de polymères de synthèse aboutissant à une boue floculé (AMORCE, 2012).

❖ Déshydratation naturelle

Le système consiste à sécher les boues à l'air libre sur lits de séchage drainés.

1.Lit de séchage : Utilise les lits de séchage pour des boues très minéralisées issues d'une station d'épuration totale ou d'un dispositif de digestion des boues (JAMONTE,2010).introduit la boue dans des bassins peu profonds contenant des graviers et du sable munis d'un système de drainage, la déshydratation naturelle des boues s'opère en faits de deux façons (LADJEL et al ,2014). La filtration naturelle à travers le lit qui permet la perte

jusqu'à 80% de la teneur en eau et l'évaporation naturelle (séchage atmosphérique).

Le lit de séchage est composé de plusieurs couches (Figure 3) à s'avoir:

- une couche supérieure de sable de 5 à 10 cm. (calibre 0,5 à 15 mm).
- une couche intermédiaire de gravier fin de 10 cm (calibre 5 à 15 mm).
- une couche inférieure de gros gravier de 20 cm (calibre 10 à 40 mm).
- les matériaux reposant sur un sol imperméabilisé et nivelé.
- des grains en ciment ou en plastique sont disposés avec une légère pente sur la couche de base. La figure 3 représenté la composition principale du lit de séchage

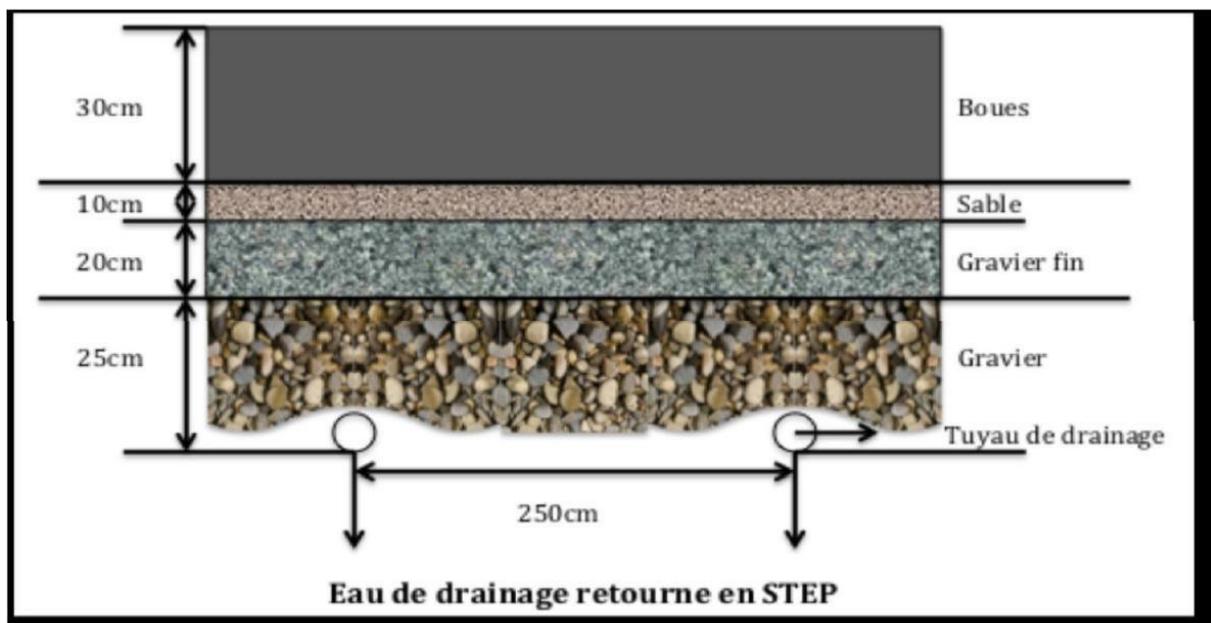


Figure 1.6: Schéma de la composition principale du lit de séchage

1.9.5. Caractéristique des boues

1.9.5.1. la siccité

Elle exprime le taux de matières sèches dans la boue. Elle est l'inverse du taux de l'humidité. La concentration des matières sèches (MS) est exprimée en g de MS/ litre de boues ou par le % de la siccité. Selon la siccité, on peut distinguer la consistance de la boue. Le tableau 1.2 présente la relation entre la siccité et la forme des boues.

Tableau 1.2 : Consistance de boue en fonction de la siccité

Siccité en %	Consistance
De 0 à 10	liquide
De 10 à 25	Pâteuse
>25	Solide
>85	Sèche

La siccité est déterminée en séchant un volume connu de boues et à déterminer après évaporation totale de l'eau, la masse de matière sèche restante.

$$MS = MES + M \text{ dissoute}$$

- Pour des boues diluées : $[MES] \neq [MS]$. Les matières dissoutes sont en quantités importantes. On utilise les MES pour caractériser les boues < 10g/l.
- Pour des boues concentrées (après déshydratation), les matières dissoutes sont négligeables. Ce qui implique que $[MES] = [MS]$. On utilise MS pour caractériser les boues.

$$\text{Boue} = \text{eau} + MS = \text{humidité \%} + \% \text{ Siccité}$$

1.9.5.2 Matières volatiles (MV)

Elles permettent d'évaluer le degré de stabilisation des boues et leur aptitude à subir les différents traitements (digestion aérobie, anaérobie ou incinération). Elle s'exprime en % du poids du MV.

$$\text{Boue} = \text{eau} + MES, \text{MES} = MVS + MMS.$$

Déterminer le pouvoir fermentescible d'une boue consiste à déterminer la concentration en MO (MVS). Ces dernières sont déterminées par calcination à 550 °C et par pesée du résidu (cendre) qui représente les éléments minéraux. $MVS = MS_{\text{initiale}} - MM_{\text{restante}}$

$$\text{Taux de MVS} = (M_{MVS}/M_{MES}) \times 100$$

1.9.5.3 Indice de boue (IB) :

L'indice de boue est défini à partir de tests de décantation permettant d'obtenir des volumes de boues compris entre 100 et 250 m (**RODIER ,2009**).

Si:

IB < 100 : correspondent à des boues qui sédimentent facilement.

100 < IB < 200 : décantation difficile (quelques filament).

IB > 200 : mauvaise décantation (boue riche en filament) (**AMADOU , 2007**)

1.9.5.4 Les éléments nutritifs :

a) Teneur en azote (N)

L'azote est un élément auquel le rendement de la production végétale est le plus sensible tant par excès que par défaut, ce qui fait qu'il est l'un des éléments qui permet de valoriser le plus de boue (**DEBBA, 1998**). L'azote se trouve dans des boues sous différentes formes plus ou moins rapidement assimilables par la plante. L'azote de la matière en suspension est essentiellement organique, celui contenu dans la phase liquide est souvent sous forme minérale représentée par l'ammonium (10 % de l'azote total) ou nitrate (**GLEMAS, 1980 ; VADE MECUM, 1990**).

Selon GLEMAS (1980), en moyenne une tonne de matière sèche contient de 40 à 60 Kg d'azote dont la moitié peut être minéralisée la première année et donc utilisée par les plantes le reste diminuée de la quantité d'azote volatilisée minéralise les années suivantes. Donc les doses d'apport seront définies en tenant compte de l'indice d'efficacité de la boue, c'est adire de son aptitude à libérer l'azote de la première année.

b) Teneur en phosphore (P)

Le phosphore des boues représente de 3 à 8 % de matière sèche. Il se trouve pour l'essentiel dans la phase solide des boues sous forme minérale et peut donc être assimilé rapidement par les plantes, le taux d'assimilabilité est donc de l'ordre de 60 à 80 % (**GLEMAS, 1980., POMMEL, 1979 et VADE MECUM, 1990**).

Le phosphore qui n'est pas utilisé immédiatement le sera ultérieurement, car il est bien fixé par le sol.

c) Teneur en potassium (K)

En règle général, les boues sont pauvres en potassium (en valeurs moyennes de 0,5 % des matières sèches) qui n'est pas retenu lors du traitement des eaux résiduaires et même l'épandage de fortes doses de boues ne dispenses pas l'agriculteur d'apporter un engrais minéral potassique.

d) Teneur en calcium et magnésium (Ca, Mg)

Les boues contiennent du calcium en quantité appréciables : 0,2 à 1,5 % de CaO de la matière sèche dans les boues liquides et de 2 à 20 % de CaO de la matière sèche dans les boues solides (ANRED, 1982., DEBBA, 1998., VADE MECUM, 1990).

Les boues contiennent aussi du magnésium mais à un degré moindre de 0,4 à 1 % de la matière sèche.

e) Teneur en sodium (Na)

Selon GUICHERD (1982) in DEBBA (1998), le sodium est présent dans les boues à des quantités faibles (0,4 % de la matière sèche en moyenne). Cependant, les teneurs apportés en cet élément ne seraient pas de nature à entraîner des effets préjudiciables au niveau de la structure des sols fragiles en cas d'épandages raisonnés (MOREL et al, 1978 in DEBBA, 1998).

f) Teneur en métaux lourds

Les métaux lourds tels que le plomb, le mercure, cadmium, chrome et nickel apportés par les eaux usées industrielles, par les eaux pluviales et dans une moindre mesure les eaux usées domestiques (BECHAC et al, 1984, in DEBBA, 1998) ne sont pas utiles dans les sols et leur concentration ne doit pas dépasser certaines limites, car ils contamineraient alors les sols et les plantes (DEBBA, 1998).

1.9.6 Les caractéristiques physiques des boues

1.9.6.1 La viscosité

Les boues ne sont pas des liquides newtoniens, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, cette viscosité permet de définir leur caractères thixotropiques qui est important pour leur transport (SEDKI, 1995).

1.9.6.2 Masse volumique

Elle permet de calculer le volume de boue à convoier, en l'absence de mesure pour une boue liquide ou pâteuse, on peut considérer en première approximation la pondération suivante (Agence De l'Environnement et de la Métrise de l'Energie (ADEME, 2001).

1.9.6.3 Le pouvoir calorifique

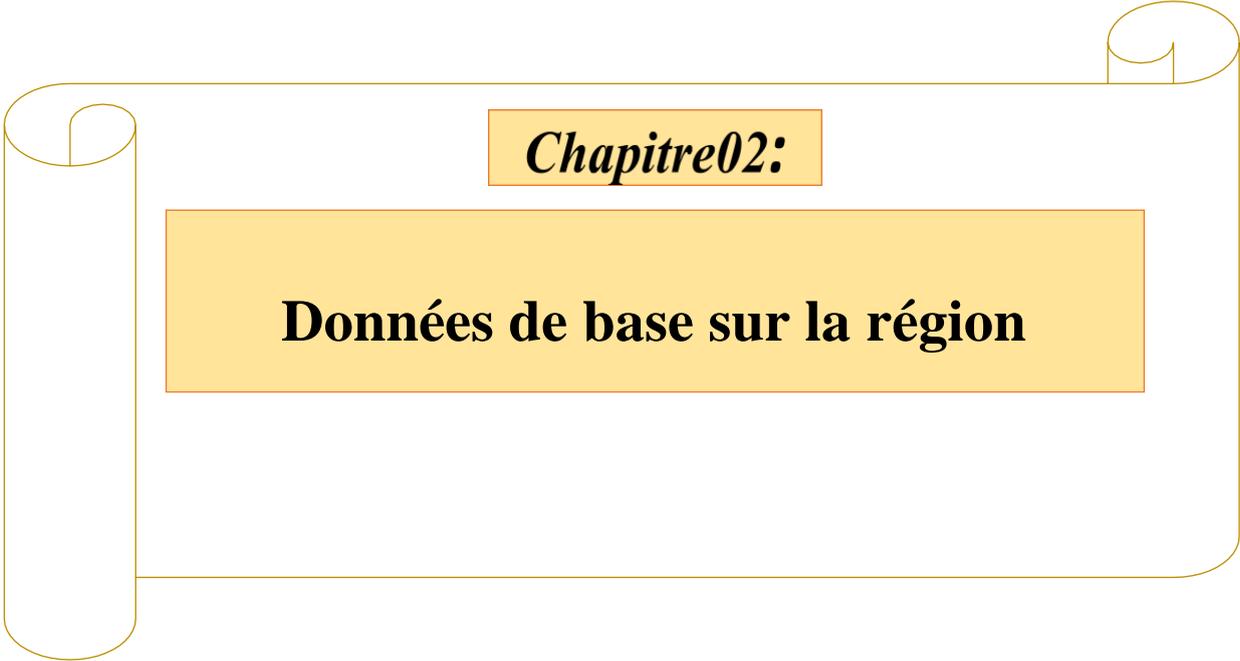
Les teneurs en matières organiques des boues leur donnent une aptitude à la combustion non négligeable qui permet de l'incinérer (Association Française pour l'Etude des Eaux (AFEE, 1974)

1.9.6.4 Le pouvoir calorifique inférieur

Son importance est primordiale en incinération, généralement exprime par rapport aux MV, il est relié au C, H, N, O, S, par écriture de la stœchiométrie de combustion (SLIMANI, 2007).

1.10 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté des données de base filière d'eaux usées à savoir les types d'eaux usées, les paramètres de pollution des effluents ainsi que les procédés de traitement. Alors que, la filière des boues consiste à exposer les propriétés chimiques et physique des boues et les techniques de traitement des boues.

A decorative border resembling a scroll, with a light beige background and a thin brown outline. The border has rounded corners and a small scroll-like detail at the top right.

Chapitre02:

Données de base sur la région

2.3 Données climatiques

Batna est une région semi-aride et la température moyenne est estimée à 4°C en janvier et de 35°C en juillet. Durant l'hiver la température descend en dessous de zéro la nuit avec souvent des gelées (présence de verglas sur les chaussées). Durant l'été la température peut atteindre les 45°C à l'ombre. La pluviométrie moyenne est de 210 mm par an, alors que la neige très rare, ces dernières années, ne fait son apparition que pendant quelques jours seulement. <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Batna.pdf>

2.3.1 Précipitations:

Les précipitations moyennes annuelles s'étalant de 1971 à 2014 sont englobées dans le tableau 2.1 Ce dernier et montent que la période la plus humide a été enregistrée en 2003/2004 avec une précipitation de 604,8 mm, alors que la période la plus sèche est 1993/1994 avec une quantité de 182 mm.

Tableau 2.1 : Répartition des précipitations moyennes annuelles (1972-2014) (ONM,2014).

Année	P (mm)						
1971-1972	551,2	1982-1983	373,3	1993-1994	182	2004-2005	340
1972-1973	597,1	1983-1984	306,1	1994-1995	349,5	2005-2006	546
1973-1974	316,2	1984-1985	411,7	1995-1996	511	2006-2007	435
1974-1975	341	1985-1986	435,8	1996-1997	193,7	2007-2008	364
1975-1976	585,7	1986-1987	338,8	1997-1998	483,6	2008-2009	425
1996-1977	417,7	1987-1988	237,9	1998-1999	228,8	2009-2010	384
1977-1978	235	1988-1989	432,1	1999-2000	306	2010-2011	298
1978-1979	293	1989-1990	499,2	2000-2001	406,4	2011-2012	503,3
1979-1980	300,3	1990-1991	465	2001-2002	254,7	2012-2013	326,9
1980-1981	336,4	1991-1992	353,5	2002-2003	503,2	2013-2014	356
1981-1982	373,3	1992-1993	322,2	2003-2004	604,8		

2.3.2 Température

La variation de la température influe sur la consommation d'eaux de la population et par conséquent la quantité d'eaux usées rejetées dans le réseau d'assainissement. Le tableau 2.2 expose les températures mensuelles moyennes durant l'année 2014 et montre que la température la plus basse est de 5,3 °C enregistrée pendant le mois de Janvier et la plus élevée est de 25,2 détectée durant le mois de Juillet.

Tableau 2.2: Variation des températures moyennes mensuelles (ONM, 2014).

<i>Mois</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mars</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Déc</i>
<i>Température moyenne (°C)</i>	5,3	6,3	8,2	11,4	18,9	21,6	25,2	24,4	20	14,3	8,95	6,25

2.3.3 Humidité

L'humidité est un facteur météorologique important qui influence sur la consommation d'eau selon les saisons. La variation mensuelle de la l'humidité relative durant l'année 2014 est présentée dans le tableau 2.3 et montre un maximum de 77% durant le mois de décembre et un minimum de 47% pendant le mois d'Août.

Tableau 2.3 : Variation mensuelle de l'humidité relative en 2014 (ONM, 2014)

<i>Mois</i>	<i>Jan</i>	<i>Fév</i>	<i>Mars</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Juil</i>	<i>Aou</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Déc</i>
<i>Humidité (%)</i>	72	71	70	63	60	55	50	47	58	67	71	77

2.4 L'hydrologie de la région d'étude

Le territoire de la Wilaya de Batna présente une grande variété de structures géologiques, allant du tertiaire inférieur jusqu'au quaternaire récent et qui présentent des caractéristiques hydrogéologiques très variables.

Les ressources en eaux superficielles dans la wilaya sont assurées par trois (03) grands bassins versants : Le Bassin versant du Constantinois situé au Nord et Nord Est, caractérisé par la présence d'une série de Sebkh, Garâat et Chotts et qui s'étend sur une superficie de 4037 km². Le Bassin versant du Hodna situé à l'Ouest, est caractérisé par la présence du Chott El Hodna,

et qui s'étend dans les limites de la wilaya sur une surface de 4394 km². Et le Bassin versant des Aurès Nememcha, occupe la partie Sud et Sud Est de la Wilaya sur une superficie de 5611 km² (figure 2.2).

Les sous-bassins versants les plus importants de la région de Batna sont ceux des cours d'eau suivants : Oued Chemora, Oued Boulefreis, Oued Gueiss, Oued Barika et Oued Bitam. La région Nord et Nord- Est de la wilaya est caractérisée par une série de Sebka et chott qui forment une série de cuvettes. Tout le réseau hydrographique est étroitement lié aux précipitations et est surmonté par une atmosphère à très fort pouvoir évaporant.

La mobilisation des eaux superficielles est assurée par un seul barrage: Le barrage de Koudiet Medaouar, d'une capacité de 69 Hm³ et d'un volume annuel régularisé de 18 Hm³. Il se localise sur l'Oued Reboa à 7 km au Nord-Est de la commune de Timgad et à 35 km (**Bouha Imen,2012**).

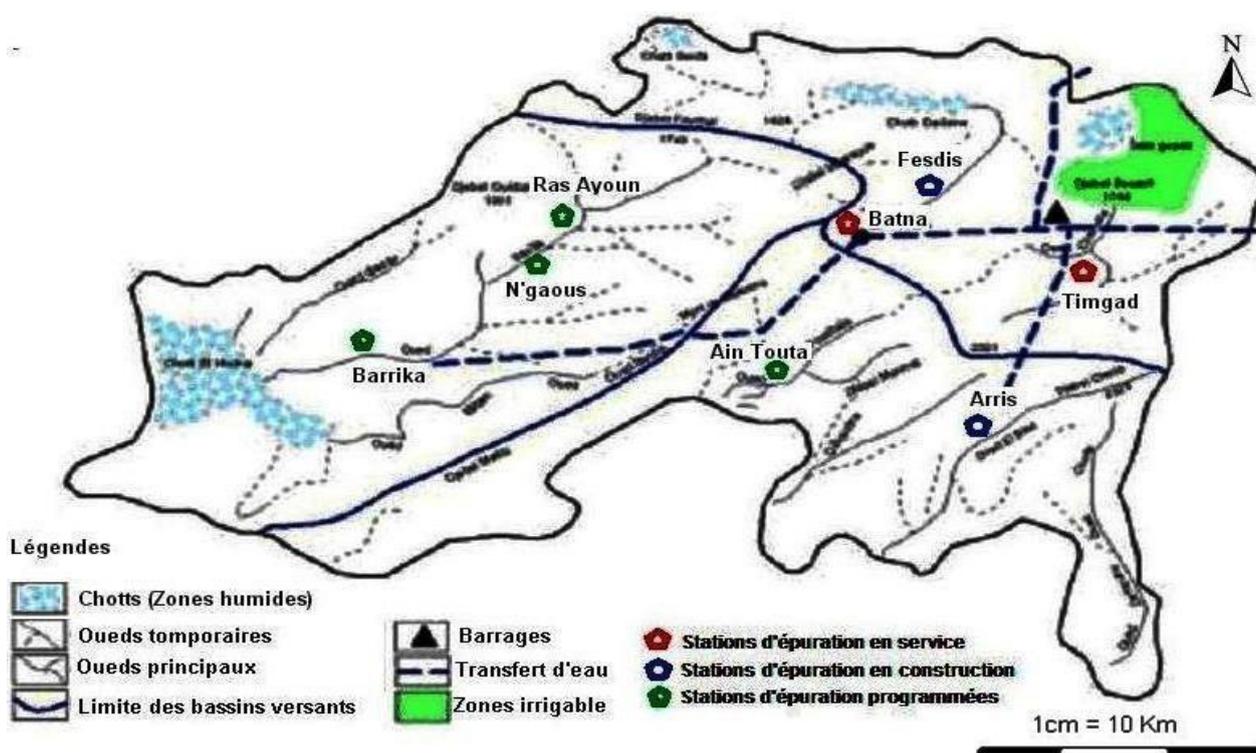


Figure 2.2: Carte des réseaux hydrauliques et hydrographiques à Batna
(ANDI, 2013)

2.5 Les ressources hydrauliques

2.5.1 Les eaux superficielles (Le barrage Koudiet M'douar)

Le barrage Koudiet M'douar est situé à 35 km de Batna et à 7 km au Nord-est du site historique de Timgad (ruines romaines) avec les coordonnées Lambert longitude $06^{\circ} 24' E$ et latitude $35^{\circ} 31' N$ définissent un point sur le barrage où la côte de l'Oued est d'environ 988 m au-dessus du niveau de la mer. Il fait partie du grand transfert du barrage de Beni Haroun (Fig.1). La retenue a une capacité totale de 69,10 millions m^3 et sert à faire face à une demande estimée pour l'année 2000 à 38 millions m^3 , destinés à l'alimentation en eau potable et industrielle de la wilaya de Batna, ainsi qu'à l'irrigation des 15.700 ha de terres agricoles dans les plaines de Batna et de Chemora (ANBT., 2003).

Après la réalisation du transfert de Beni Haroun, le volume annuel régularisé augmentera de 15 millions m^3 à 191 millions m^3 , ce qui permettra l'alimentation en eau potable et industrielle des villes de Tazoult, Arris, Khenchela et Kais (ANBT., 2003)

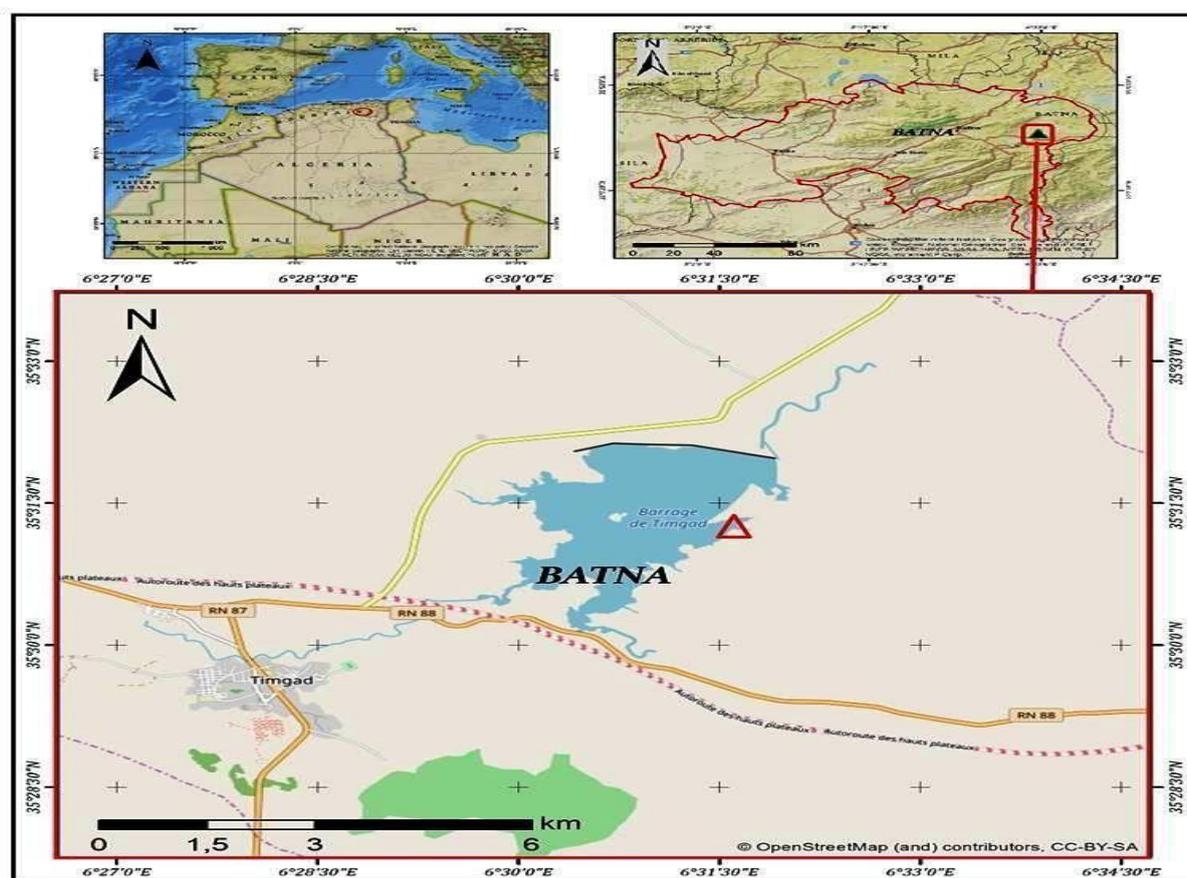


Figure 2.3 : Localisation du Barrage de Koudiet M'douar (Timgad, Batna) (ANBT., 2003).

2.5.2 Les eaux souterraines

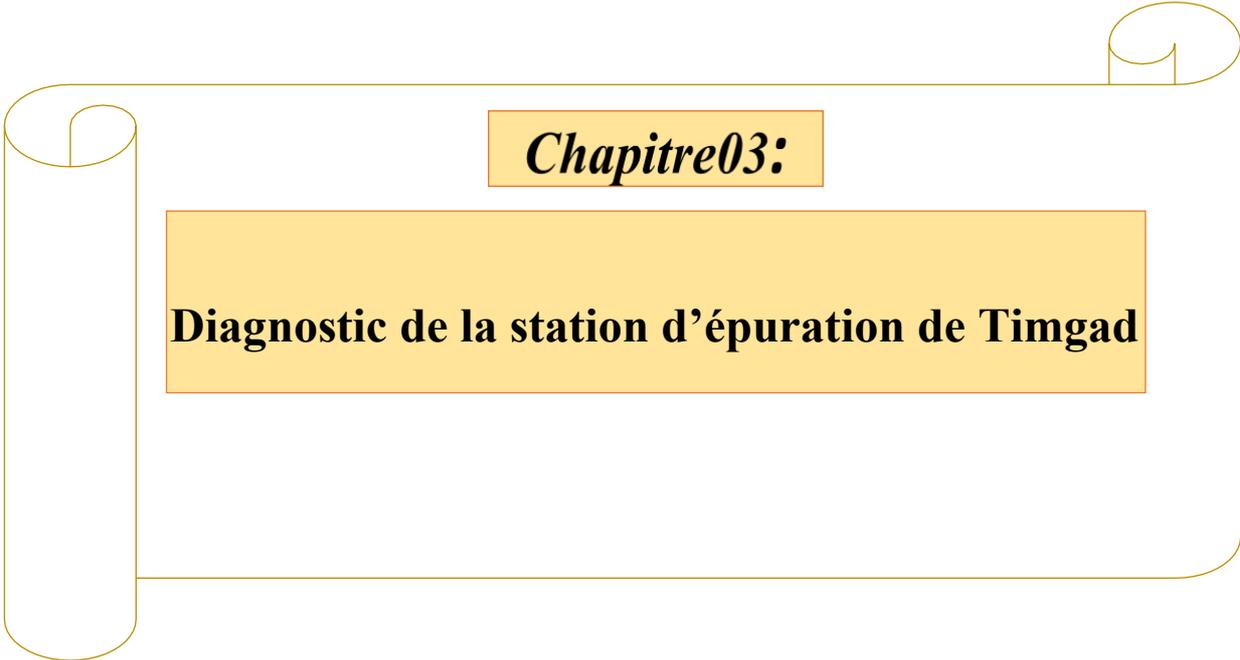
L'essentiel de l'eau distribuée aux abonnés provient de ressources souterraines. Celles-ci sont assurées par un grand nombre de forage, puits individuels ou collectifs. (La wilaya de Batna compte 383 forages). Ces eaux sont destinées à l'AEP, à l'agriculture et à l'industrie, elles sont réparties comme suit : 88% à l'AEP, 10% à l'irrigation et 2% à l'industrie. La wilaya de Batna affiche un raccordement satisfaisant en A.E.P qui atteint des taux allant jusqu'à 80% et même plus. Actuellement la ville de Batna est approvisionnée en eau potable à partir de 20 forages dont 06 sont implantés dans les plaines là où les ressources en eau souterraines sont particulièrement importantes (**Bouha, 2012**).

2.6 Réseaux d'assainissement

La wilaya de Batna est appelée à augmenter la cadence des réalisations de stations d'épuration pour préserver les nappes contre la pollution et faire profiter les agriculteurs de leur réutilisation. La faiblesse de la gestion fait partie des facteurs qui ralentissent les politiques de réutilisation des eaux usées épurées. L'effort de réalisation d'assainissement a permis d'améliorer le cadre de vie à l'intérieur des agglomérations, mais il a entraîné une concentration des rejets d'eaux usées dans les exutoires qui les acheminent vers des oueds déjà étouffés par les charges de pollution. Le secteur de l'assainissement a connu une redynamisation et une attention particulière des pouvoirs publics et du secteur des ressources en eau. 90 % de la population (299230 habitants en 2012) agglomérée (ville de Batna) est raccordée à un réseau d'assainissement. La longueur totale du réseau d'assainissement avoisine 32000 km (réseau urbain de 20 000 km, réseau semi-rural de 7 500 km et réseau rural aggloméré de 4 500 Km) (**HANNACHI, 2018**). .

2.7 Conclusion

La région de Timgad dispose de ressources hydrologiques et hydriques très importantes qui nécessitent une protection en continu notamment contre les eaux usées urbaines ou industrielles et c'est l'objectif principal de la station d'épuration installée au niveau de cette ville de puis 2007.

A decorative border resembling a scroll, with a light beige background and a thin brown outline. The scroll is unrolled at the top and bottom, with the top edge curving upwards and the bottom edge curving downwards. The text is centered within the scroll.

Chapitre03:

Diagnostic de la station d'épuration de Timgad

3.1. Introduction :

La station d'épuration de la ville de Timgad est destinée à épurer les eaux usées de la population de Timgad en vue de pallier aux problèmes de pollution du milieu récepteur. Sa mission est la protection du barrage de Koudiat Medouar contre la contamination de ces eaux et les sols agricoles avoisinant, pour que celui-ci puisse accomplir sa tache et alimenter les villes Batna est Khenchela par l'eau potable. L'objectif principal de notre chapitre est de faire une description générale et un diagnostic de la STEP de la ville de Timgad willaya de Batna

3.2 Présentation du site de la station d'épuration

La station d'épuration de Timgad est situe au nord de la ville de Timgad et au sud ouest du barrage Koudiat Medouar, elle est implantée sur la rive droite de l'oued soultz en amont du barrage K.M.



Figure 3.1 : Photo aérienne de situation de la ville de Timgad et barrage K.M (Google maps)

3.3. Historique de la STEP de Timgad :

L'étude de réalisation d'une station d'épuration au niveau de la ville de Timgad a été achevée vers la fin de l'année 2006 et la réalisation effective du projet était entamée durant l'année 2007 par l'entreprise allemande PASSAVANT RADIEGER. Alors que la mise en marche de la STEP a été assurée le 21 juillet 2009. La réception provisoire était en 21 septembre 2011, par contre, la réception définitive était prononcée le 21 septembre 2013. La certification ISO 14001 est obtenue le 14 juillet 2016 . (ONA.2006)

3.4 Caractéristiques de la STEP:

La capacité de la station en équivalent habitant est estimée à 13800 équivalent habitant à l'horizon 2018. Les débits des eaux usées l'entrée de la STEP sont comme suit (ONA, 2009) :

- Débit moyen par jour (24h/j)=1950 m³/j.
- Débit maximal tempssec =16 m/h
- Débit maximal temps de pluie =243 m/h

Concernant les charges de pollution, le tableau 3.1 expose les paramètres de pollution des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la step. Ces paramètres englobent généralement les MES, DCO, DBO₅, NTK, N-NH₄, N-org, N-NO₃ et le P-Po₄.

Tableau 3.1 : Les charges polluantes à l'entrée et à la sortie de STEP (ONA, 2009)

<i>Paramètre</i>	<i>Charge entrée STEP Kg/jours (Eau brute)</i>	<i>Concentration mg/l(Eau brute)</i>	<i>Concentration mg/l(Eau brute)</i>
MES	1071	549	35
DBO₅	828	425	25
DCO	1656	849	125
NTK	125	64	7
N-NH₄	95	49	5
N-org	/	15	2
N-NO₃	/	2	10
P-PO₄	25	13	2

3.5. Description et fonctionnement de la station :

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Timgad est prévue pour traiter un débit journalier moyen de 1950 m³/j. La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boues. Le débit est divisé sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station (ONA,2006). Dans le concept général du procès de traitement, les éléments de la station d'épuration de Timgad utilisés forment une chaine de traitement présentée sur dans le tableau 3.2 et la figure 3.2

Tableau 3.2: les ouvrages installés au niveau de la STEP de Timgad (ONA,2006).

01 Une station de relevage des eaux brutes	07 Le bassin de la désinfection
02 Dégrillage grossier mécanisé	08 Station de pompage des boues
03 Dégrillage fin mécanisé	09 Epaississement des boues
04 Dessablage /désuilage	10 Stabilisation anaérobie des boues
05 Bassin biologique	11 Déshydratation mécanique et stockage
06 Clarificateur (décantation secondaire)	des boues.

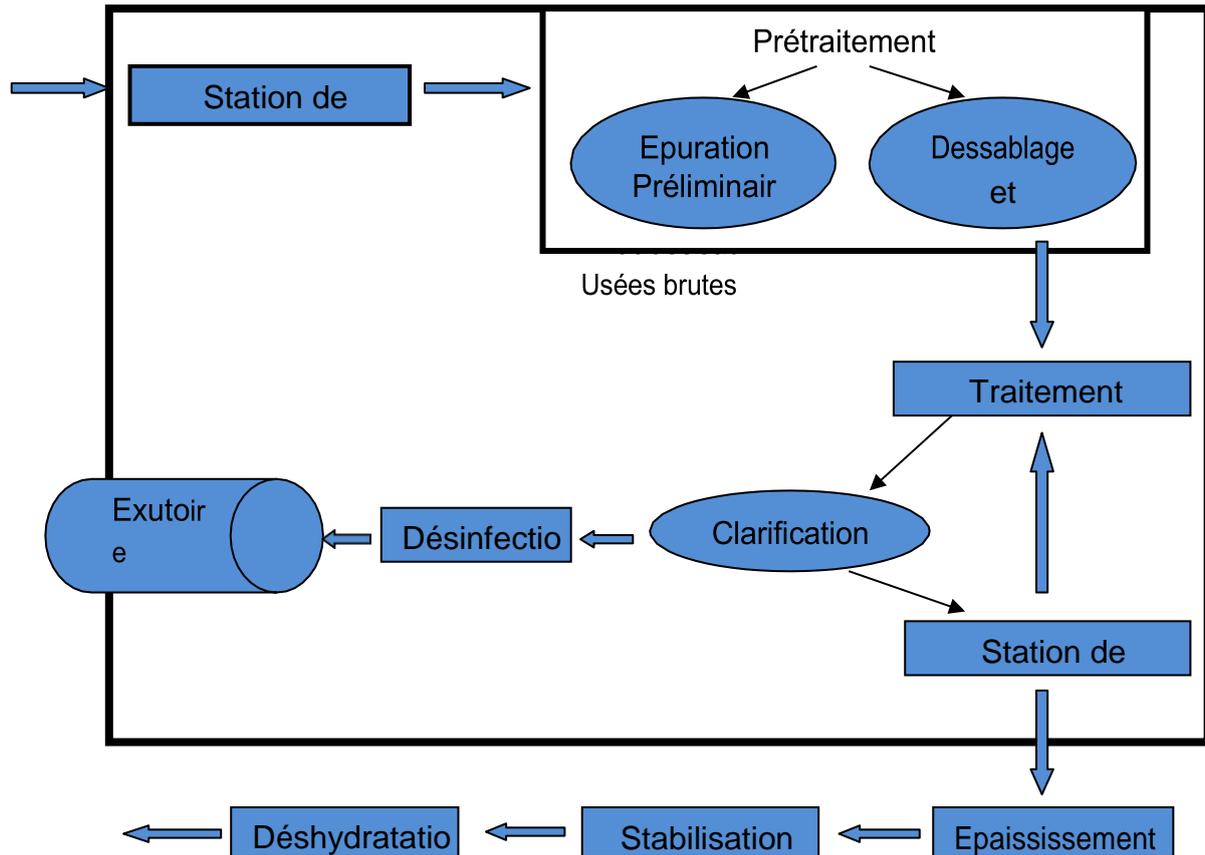


Figure 3.2: Schéma général de la station d'épuration de Timgad

3.5.1. Filière eau

3.5.1.1. Station de relevage :

Les eaux usées arrivent dans un collecteur enterré la cote du collecteur à l'entrée de la STEP est 1018.05m et la cote d'arrivée des eaux usées à la station de relevage 1007.5m donc cette différence d'altitude nécessite un système de relèvement. Cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes submersibles pour eaux chargées. Depuis le puits collecteur au pied d'Oued Soultz, l'effluent doit être pompé en direction du puits collecteur situé à l'entrée de la station d'épuration. Il y a trois pompes centrifugeuses submersibles, dont une en réserve (tableau 3.3).

La station de relevage est dotée d'un dégrilleur pour éliminer les gros déchets charriés dans les canalisations eaux usées. Aussi la station est dotée d'un trop plein qui assure l'évacuation de surplus de l'eau vers l'oued et d'un by-pass qui assure l'évacuation de l'effluent à l'oued en cas d'intervention sur la station de relevage. (ONA,2006).

Tableau 3.3 : Les caractéristiques de la station de relevage (ONA,2006).

Volume du bassin	8,9 m ³
Dimensions (L×l×H)	2.1×2.5× 1.7
Débit maximale unitaire	250 m ³ /h
Hmt	1.5 m

3.5.1.2. Les prétraitements :

Cette étape consiste à éliminer les grosses particules véhiculées par les eaux susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures d'épuration. Les affluents bruts relevés seront collectés dans un canal ouvert comprenant une mesure de niveau et un ensemble de mesure de la qualité d'eau (PH et Conductivité) avant d'arriver à l'équipement de dégrillage (ONA,2006).

a. Dégrillage mécanisé grossier

Le dégrillage grossier permet d'éliminer les matières grossières et de protéger les équipements électromécaniques situés en aval. La STEP constitué de 02 dégrilleurs et d'une mesure ultrasonique différentielle de niveau. Il comprend, deux canaux de dégrillage, équipé chacun d'une grille à nettoyage automatique dont les caractéristiques sont exposées dans le tableau 3.4 (figure 3.3).

Au fur et mesure que les fentes de dégrilleur (grossier et fin) se colmatent , la vitesse d'écoulement augmente pour atteindre 0.74 m/s avec un colmatage de 20% et 1.05 pour un colmatage de 40% . En général la grille est nettoyée quand la fente bouchée à 40% (ONA,2006).

Tableau 3.4: Caractéristiques de dégrillage mécanisé grossier (ONA,2006).

Nombre des lignes	2 en service
Capacité par ligne	250 m ³ /h
Largeur de fente de la grille	50 mm
Largeur du canal	0.5 m
Profondeur du canal	1m
Espace entre les barreaux	30 mm
Vitesse de circulation de l'effluent	0.63 m/s



Figure 3.3: Dégrilleur mécanique grossier

b. Dégrillage mécanisé fin

Il est constitué de deux dégrilleurs et d'une mesure ultrasonique différentielle de niveau. Les canaux de dégrillage équipés eux aussi d'une grille à nettoyage automatique pour éviter le bouchage et la dégradation des éléments mécaniques en aval (tableau 3.5) (figure 3.4). Il est à noter que le dimensionnement de cette partie de l'installation (dégrillage) est basé sur le débit de pointe en temps de pluie (ONA,2006).

Tableau 3.5: Caractéristiques de dégrillage mécanisé fin (ONA,2006)

Nombre des lignes	2 en service
Capacité par ligne	250 m ³ /h
Largeur de fente de la grille	6 mm
Largeur du canal	0.5 m
Profondeur du canal	1.4 m
Espace entre les barreaux	6 mm
Vitesse de circulation de l'effluent	0.63 m/s



Figure 3.4 : Dégrillage mécanisé fin

c. Traitement des refus de dégrillage :

Les résidus de dégrillage produits sont repris par vis de convoyage/compacteur, de type lame sans fin. Une vis pour deux dégrilleurs est installée, ceci permet d'assurer une continuité de traitement pendant des périodes de maintenance. Un dispositif d'ensachage est prévu en sortie de compacteur avant décharge en benne. Enfin ce refus est transporté vers la décharge publique (figure 3.5) (ONA,2006).



Figure 3.5 : Les refus de dégrillage

d. Dessablage-déshuilage :

Après le dégrillage, les eaux usées sont dirigées vers la prochaine étape de traitement constituée de dessablage et déshuilage. Ces deux phases sont ainsi combinées et réalisées dans un même équipement, dit dessaleurs / déshuileur, il est rectangulaire aéré. Cette étape de traitement est constituée de deux filières parallèles et indépendantes. Le dessaleur permet de retenir et d'éliminer les sables et autres éléments minéraux afin d'éviter les phénomènes d'abrasion des équipements mécaniques situés en aval. L'air est injecté dans les dessaleurs aux moyens de rampes de diffusion des bulles d'air fines répartis sur la longueur des dessaleurs. Le sable récupéré est pompé vers le classificateur à sables. Alors que, les graisses sont raclées en surface et reprises dans une goulotte à grasses avant d'être pompés et dirigées vers un conteneur.

Il est à noter que le dimensionnement de cette partie de la station est basé en fonction du débit de pointe en temps de pluie pour une seule ligne. La deuxième ligne est dimensionnée comme ligne de secours (ONA, 2006) (tableau 3.6) (figure 3.6).

Tableau 3.6 : Caractéristiques de dessaleur (ONA,2006)

Nombre des lignes	1 en service + 1 en secours
Capacité par ligne	250 m ³ /h
Largeur	1.2 m
Longueur	12.5 m
Profondeur	1.85m



Figure 3.6 : Dessaleur / déshuileur

➤ **Pompe à sables**

Les pompes à sable refoulent le sable collecté par le pont dessaleur vers le classificateur à sable, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 3.7.

Tableau 3.7: Caractéristiques de Pompe à sables (ONA,2006).

Nombre de pompe	1 en service + 1 en panne
Type de pompes	Submersible
Débit maximal unitaire	20 m ³ /h
Hauteur de relèvement	8m

➤ **Classificateur à sables :**

Le classificateur à sable extrait les sable de l'eau résiduelle pompée par les pompes à sable et les décharger sur la bande transporteuse commune aux refus des dégrilleurs et sable, avec une capacité entrant mélange eau/sable de 20 m³/h et un volume du conteneur de sable de 5 m³.

➤ **Pompe à graisses :**

La pompe refoule les graisses collectées par le pont dessaleur vers une citerne

3.5.1.3 Traitement secondaire (par boues activées)

a- Réacteur biologique

Le traitement secondaire des eaux usées de la ville de Timgad est assuré par un procédé biologique à boues activées. La station fonctionne à une faible charge massique suivant le processus d'une aération conventionnée permettant une bonne efficacité d'élimination de la DBO. Les équipements prévus pour l'épuration biologique sont (ONA,2006) :

- * 03 turbocompresseurs.
- * un ensemble de conduites de répartition d'air comprimé sur le long de deux bassin.
- * des sondes mesurent les teneurs d'oxygène dissous dans les bassins d'aération.

. Les eaux dessablées et déshuilées arrivent au bassin biologique caractérisées par les dimensions présentées dans le tableau 3.8, et le mélange eaux usées/boues est fait dans une zone de contact du bassin biologique (figure 3.7)

Tableau 3.8: caractéristique du bassin biologique de la STEP de Timgad (ONA,2006).

Forme du bassin	Rectangulaire
Longueur	30 m
Largeur	8 m
Profondeur d'eaux	4.5m
Temps de séjour	0.9 jours (12h-21h)



Figure 3.7 : Réacteur biologique

Le bassin est divisé en deux parties :

1- Bassin anaérobique

Après le dessabler/déshuileur le mélange eaux usées/boues sont dirigées vers le bassin d'anaérobie. Dans un premier temps, il faudra essayer d'éliminer une grande partie du phosphore avec ce procédé d'élimination biologique très économique (ONA ,2006). Après le mélange sans aération des boues recerclées existant auparavant avec l'eau prétraitée, nous obtenons un abattement rapide de la DBO biodégradable (consommation d'oxygène O₂), une situation de famine des bactéries hétérotrophes apparaisse. Ceci entraîne une augmentation de l'abattement du phosphore dans la partie anaérobique du traitement biologique suite à la consommation d'oxygène lie au phosphore (ONA ,2006). Le bassin a un volume de 250 m³ et

muni de deux agitateurs pour éviter la sédimentation des boues activées en fond de bassin (ONA, 2006).

2- Bassin aéré (aérobie et anoxique)

Après le bassin d'anaérobie, le mélange eaux usées/boues est dirigé vers les chenaux d'oxydation. Le dimensionnement de ces bassins est fait en fonction des procédés technologiques de décomposition complète du carbone et d'azote minimum à 90% (ONA, 2006). Le dimensionnement du bassin biologique est effectué sur la base d'une aération prolongée à faible charge, ici les petites bactéries dégradent la matière organique. Avec une hauteur d'eau en dessous ou au niveau de 4 m (ici 4.55 m), une agitation supplémentaire est nécessaire, aussi avons-nous prévu deux agitateurs submersibles par bassin (tableau 3.9)(ONA, 2006).

Le système de boues activées du bassin biologique fonctionne sur deux lignes :

- **Le bassin d'anoxie** : permet la dénitrification des nitrates (transformation des nitrates en azotes gazeux) formés dans le bassin d'aération et renvoyés par une recirculation interne.
- **Le bassin d'aération** : les éléments majeurs à maîtriser au niveau de ce bassin sont : les conditions d'aération et de brassage, le mode d'admission et de circulation de l'eau usée dans l'ouvrage et la bonne gestion de la concentration en boues dans l'ouvrage (ONA, 2006).

Tableaux 3.9: caractéristique du bassin aéré (aérobie et anoxie) (ONA, 2006).

Nombre de bassin	2
Volume total (m³)	2160
volume par bassin (m³)	1080
Volume zone anoxique (m³)	430
Volume zone aerobique(m³)	650
L'aération	Fines bulles d'oxygène 2.5 à 3 mg/l
Le nombre d'agitateur	2 agitateurs
L'âge des boues (jours)	Entre 12 et 15
La concentration des boues (g/l)	5

b- Clarificateurs :

Les boues activées issues de l'étage biologique (du bassin d'aération) sont dirigées vers les clarificateurs circulaires (ou se déroule la séparation) à l'intérieur desquels les boues vont décanter en fond d'ouvrage d'où elles seront raclées et retirées. L'effluent est admis dans le clarificateur au moyen d'un poteau central .Ce type d'admission assure par sa faible vitesse d'entrée dans la zone de décantation .une réduction des turbulences du lit de boues et une équi-répartition sur tout le périmètre. Un système de tranquillisation suspendu est situé autour du poteau central pour tranquilliser l'arrivée de l'effluent et éviter ainsi de déranger le lit de boues .Les boues contenant la biomasse .sont en grande partie recyclées dans les bassins biologiques (ONA,2006)..

Une part plus faible des boues en excès est acheminée vers le traitement des boues (bassins de stockage). Les eaux clarifiées sont dirigées vers le canal de des désinfection/comptage. Les boues extraites des clarificateurs sont envoyées vers le puits à boues équipé de pompes immergées, dont un secours, destiné à l'extraction et à la recirculation des boues (ONA,2006).

Les boues surnageâtes sont récupérées au moyen du racleur de surface situé sur le pont racleur et dirigées vers une goutte équipée d'une trémie type saut à ski situé sur l'extérieur du clarificateur(ONA,2006). L'évacuation des eaux épurées est réalisée par une goutte circulaire en béton sur tout le périmètre des clarificateur .Les eaux clarifiées se déversent dans cette goutte au moyen d'une lame crantée réglable en hauteur (ONA,2006). Le tableau 3.10 expose les principales caractéristiques de clarificateurs (figure 3.8) (ONA,2006). :

Tableau 3.10: caractéristiques du clarificateur

Nombre de clarificateurs	2
Diamètre (m)	16 m
Type racleur	Racleur d'aspiration (demi-diamètre)avec fond plat
Volume par bassin (m3)	794 m3
Surface raclée par tour (m²)	170 m ²
Profondeur d'eau au 2/3 du diamètre (m)	3.95 m



Figure 3.8: Clarificateur.

c- Bassin de désinfection

Les traitements tertiaires abattent partiellement les teneurs en agents susceptibles de déclencher des maladies à transmission hydrique (MTH) qui viennent des eaux usées domestiques (eaux vannes et ménagères) et les eaux de ruissellement urbain d'où la nécessité de désinfecter ces eaux avant leur rejet. Une désinfection n'a de sens que si l'eau est préalablement bien épurée et clarifiée. Ce sont les micro-organismes pathogène qui se distribuent dans les classes générique ci-après (ONA, 2006). :

- Bactéries (Salmonella, pseudomonas...)
- Virus (Entérovirus, ribovirus....)
- Parasites (protozoaires, champignons et levures).

Ce traitement tertiaire est réalisé sur une seule ligne constituée d'un bassin de désinfection sous forme de chicanes (pour réduire la vitesse d'écoulement et la chloration donne son effet bien) dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 3.11.

Ce bassin a les dimensionnements suivants :

Tableau 3.11: Le dimensionnement du bassin de désinfection (ONA,2006) .

<i>Les nombre du bassin</i>	<i>Langueur</i>	<i>Largueur</i>	<i>Profondeur</i>	<i>Temps de séjour</i>	<i>Volume</i>
1	12 m	9 m	2.96 m	1.31 h	320 m ²

3.5.2. Filière boue

3.5.2.1. Recirculation et extraction des boues

Les boues aspirées des fonds des clarificateurs sont ensuite amenées dans le puits de pompage des boues de recirculation. Deux pompes submersibles, dont une en secours, assurent la recirculation des boues vers les bassins biologique. Chaque pompe est dimensionnée pour assurer 50% de la recirculation, les boues de recirculation sont refoulées vers les bassins biologiques ou elles sont mélangées aux eaux prétraitement (ONA, 2006).

Les boues en excès seront dirigées vers le bassin épaissement des boues. Le volume journalier de boues extraites dépend des conditions des boues activées (âge de boues, concentration des matières en suspension ...) et peut varier dans le temps (ONA, 2006) . Les boues en excès sont refoulées jusqu'aux épaisseurs par trois groupes d'électropompes (dont un de secours) (figure 3.9), dont le débit unitaire est de : 200 m³/h (ONA,2006) .Aussi on note la présence de la possibilité d'ajuster le débit d'extraction des boues en excès depuis le poste de supervision.

Le but de recirculation des boues est d'y maintenir une concentration constante de la liqueur mixte permettant de respecter une charge massique de fonctionnement considéré et qui permet de limiter le temps de séjour dans les décanteurs (clarificateurs) pour garantir une bonne qualité et âge de boue bien définie et éviter aussi l'accumulation et débordement du lit de boue dans le décanteur .



Figure 3.9: Pompage des boues

3.5.2.2. Traitement des boues

a- Epaissement des boues

Les boues biologiques soutirées des clarificateurs secondaires ont une concentration trop faible pour être dirigées vers la déshydratation des boues. De façon à assurer un taux de MES plus élevé, nous avons prévu d'épaissir les boues secondaires au moyen d'un épaisseur hersé (ONA, 2006). Ce dernier est un bassin circulaire au fond conique à faible pente et équipé d'un racleur hersé tournant en permanence. Le racleur hersé permet de favoriser l'épaississement des boues qui sont dirigées en fond de bassin vers un puits central d'où les boues épaissies sont soutirées (tableau 3.12)

L'eau surnageant est récupérée par une lame déversant située autour du périmètre de l'épaisseur. L'eau ainsi récupérée passe dans une goulotte de récupération et est dirigée vers le poste eaux de la station avant d'être refoulée vers l'entrée de la station (ONA, 2006).

Tableau 3.12 : Les caractéristiques de l'épaisseur (ONA, 2006) .

Nombre de bassin	1
Le volume du bassin (m3)	190
Temps de séjour (jour)	1.7
Diamètres	16
Profondeur	4

b- Stabilisation des boues

A la sortie de l'épaisseur, les boues sont dirigées vers la stabilisation des boues. Les bassins de stabilisation permettent la stabilisation aérobie des boues produites par la station avant leur déshydratation. Les boues sont stabilisées par apport d'oxygène et brassage. Ces deux opérations sont effectuées au moyen d'une turbine submersible disposées régulièrement au fond du bassin. Les turbines ont été dimensionnées pour assurer l'aération du bassin permettant une stabilisation optimum des boues. Le mouvement des boues du au fonctionnement de ces turbines permet d'assurer un brassage du bassin et éviter la mise en place d'agitateurs submersibles en supplément (figure 3.10). La stabilisation aérobie des boues permet de réduire la quantité des matières organiques, les odeurs et les pathogènes présents dans les boues. Les caractéristiques du bassin de stabilisation sont regroupées dans le tableau 3.13 (ONA,2006)

Tableau 3.13 : Les caractéristiques du bassin de stabilisation des boues (ONA,2006).

Nombre de bassin	2
Volume de bassin (m3)	230
Temps de séjour (jour)	13.6
Langueur (m)	8.9
Largueur (m)	8.9
Profondeur (m)	3



Figure 3.10: Bassin de stabilisation des boues

c- Déshydratation des boues

La déshydratation mécanique des boues permette de réduire le volume des boues en excès avant stockages /épandage. Pour cela une filtre presse à bande a été dimensionné pour traiter la totalité des boues en 5 jours par semaine avec une durée maximum de fonctionnement de 8 heures par jour pour permettre d'obtenir une siccité finale des boues de 18-22%. Il est de type « haute siccité » et fonctionnement entièrement en mode automatique. Le fonctionnement du filtre presse est continu et à vitesse constante (ONA,2006) .

Les boues a stabilisées après avoir été mélangées a une solution de polymères, sont déversées sur tapis roulant perméable qui assure la pression du ces boues au fur et à mesure de leur passage sur tapis (figure 3.11) (ONA, 2006). Le centrât résultant de la déshydratation, est amené gravitairement vers la fosse toutes eaux pour être réintroduit dans le traitement. Les boues déshydratées sont reprises par une vis convoyeuse à l'extérieur du bâtiment. Cette vis est entièrement capotée. Malgré ce capotage complet, la vis est visitable au moyen de trappes étanches. Pour des raisons évidentes de sécurité, l'ouverture de la trappe entraîne l'arrêt automatique de la vis. La vis est équipée d'un système de contrôle de rotation et de bourrage avec renvoi des informations sur la supervision (ONA,2006).



Figure 3.11: déshydratation mécanique à filtre presse à bande.

d- Dosage de polymère

Le conditionnement des boues à déshydrater s'effectue par ajout de poly-électrolytes. Le dosage nécessaire de poly-électrolyte s'effectue en amont du filtre presse de façon à assurer un bon mélange boues /poly-électrolyte. Il est injecté directement dans les canalisations d'alimentation des centrifugeuses au moyen de pompe doseuses à vis excentrée. La consommation spécifique de polymère est estimée à 6g/kg de MES, alors que la consommation finale de polymère est de 1 g/l. Il est à noter que le sol de la zone de stockage et de préparation des polymères possède un revêtement antidérapant. (ONA, 2006).

3.6 Prélèvement et échantillonnage :

C'est l'acte de prendre une partie d'un milieu quelconque pour l'analyser. . L'objectif principal de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatif de l'élément que l'on désire analyser (eau, sol , boue, dépôt, gaz, réactif... ect).

3.6.1 Types d'échantillons

On distingue deux types d'échantillons :

a. Echantillon ponctuel

Les prélèvements instantanés ou ponctuels sont réalisés généralement de façon manuelle (utilisation de bouteilles à col large). Dans ce cas, l'échantillon sera représentatif de la qualité de l'eau à l'instant et à l'endroit de prélèvement (ONA,2006).

b. L'échantillon composite :

Ce sont des échantillons préparés par mélange de plusieurs échantillons ponctuels. Il existe deux type d'échantillons composites (ONA,2006) :

- Echantillons dépendant du temps.
- Echantillons dépendant du débit.

3.6.2 Techniques de prélèvement :

Pour évaluer la qualité de l'eau épurée dans la station d'épuration de Timgad, il ya deux technique de prélèvement (ONA,2006) :

- **Manuelle** : On utilise des récipients ou flacons, et le prélèvement s'effectue à partir du bassin d'aération ou dans les clarificateurs.
- **Automatique** : A l'aide d'une armoire d'échantillonnage, le prélèvement se fait facilement. Cet appareil prélève 100ml chaque 60 min puis il les met automatiquement dans des bouteilles de 1 litre (ONA,2006) .

La température à l'intérieure d'échantillonneur est de 4°C. Au niveau de la station du Timgad, il existe deux postes de prélèvement, le premier est localisé après le dessableur /déshuileur et le deuxième avant le poste de rejet (figure 3.12) (ONA,2006).

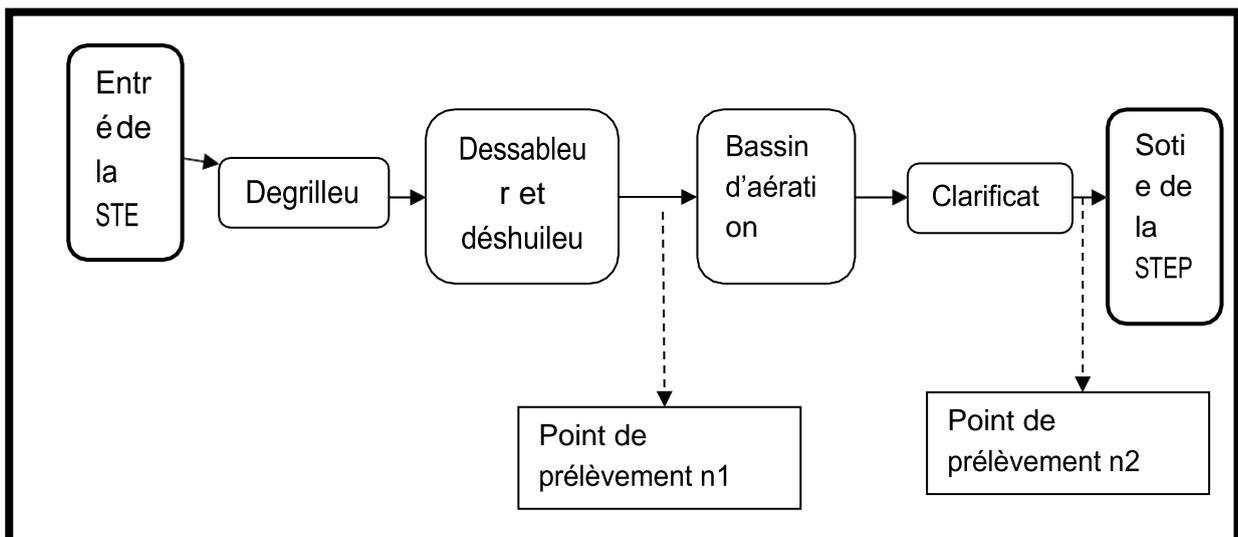


Figure 3.12 : Schéma illustratif des points de prélèvement (ONA, 2006).

3.7 La supervision

La station d'épuration de Timgad est raccordée à un système complètement informatisé de supervision assurant la gestion et la télé-conduite et la surveillance à distance de l'ensemble des installations de la station. Il est possible à tout moment, de faire apparaître sur l'écran l'état détaillé de toute installation : moteur en marche ou à l'arrêt, défaut, niveaux, débit, ... ect (figure 3.13) (ONA, 2006).

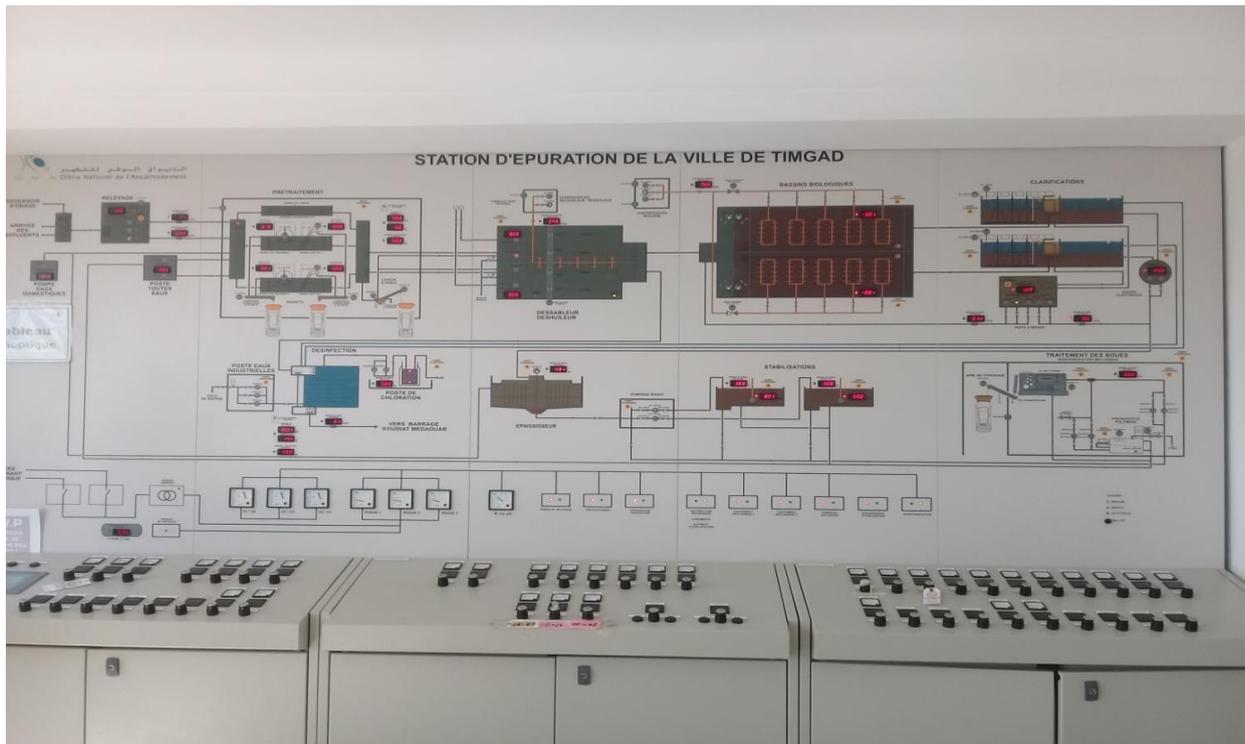


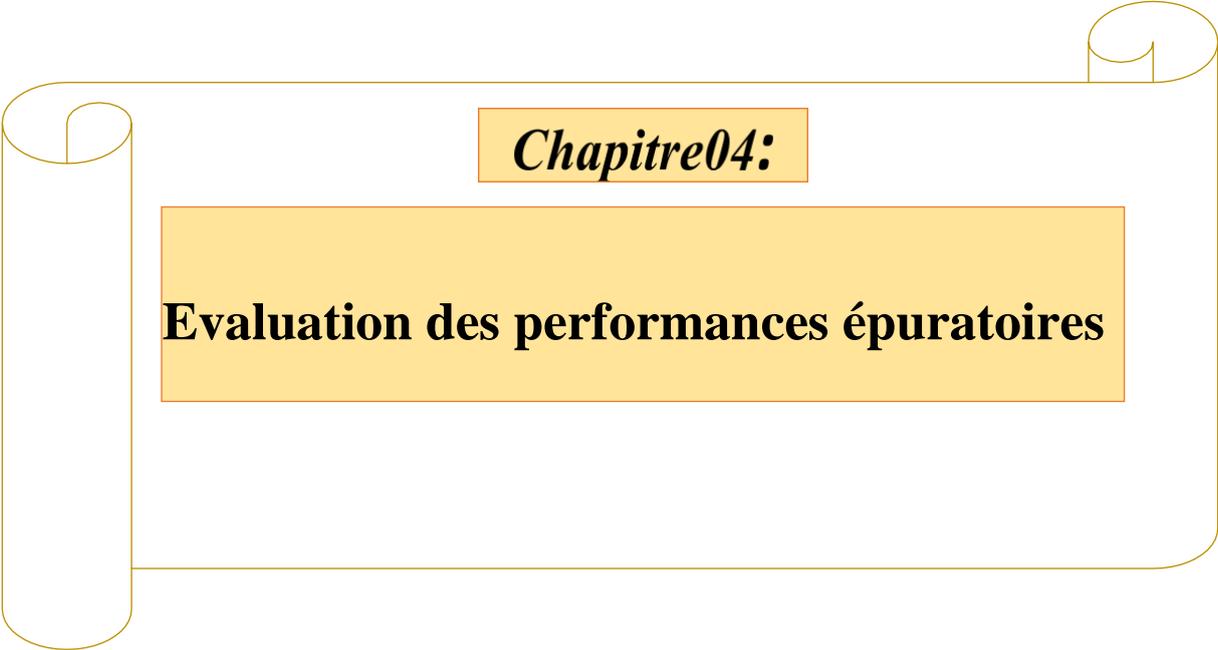
Figure 3.13 : La supervision

3.8 Le laboratoire de la station

Pour un meilleur suivi et contrôle de la qualité des eaux, La station de Timgad est dotée d'un laboratoire. Les contrôles consistent en une série de mesures pratiquées par l'exploitant de la station d'épuration. Elle permet de mesurer l'efficacité de l'épuration, de s'assurer du respect des normes de rejets, de la bonne élimination ou évacuation des sous-produits de l'épuration (boues, graisses, etc..) et de détecter les éventuelles anomalies de fonctionnement de l'installation.

3.9 Conclusion

La station d'épuration de la ville de Timgad est de type boues activées à faible charge. La filière d'eau débute par un prétraitement constitué de dégrillage grossier et fin mécanisé et d'un dessableur/déshuileur. Le traitement biologique est composé de réacteur biologique subdivisé en bassin anaérobie et bassin aéré et anoxie. Un clarificateur s'avère indispensable pour le recyclage des boues et une étape de désinfection semble nécessaire pour inactiver les germes pathogènes. La filière boues comprend un épaisseur, un déshydrateur (filtre presse à bande) et un bassin de stabilisation.

A decorative border resembling a scroll, with a thin gold line and rounded ends, framing the central text.

Chapitre04:

Evaluation des performances épuratoires

4.1 Introduction

Les performances d'une station d'épuration d'eaux usées sont déterminées par l'évaluation des rendements épuratoires de chaque paramètre de pollution de ces eaux. Elles sont étroitement liées aux techniques de traitement choisies, à l'état des installations et d'équipements de la station ainsi qu'aux méthodes d'analyse. Le présent chapitre comportera l'évaluation des performances épuratoires de la station d'épuration de Timgad entre l'année 2018 et 2019.

4.2 Résultats et discussions

4.2.1 Filière eau

4.2.1.1 Température

la figure 4.1 représente la variation mensuelle de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP pendant les années 2018 et 2019

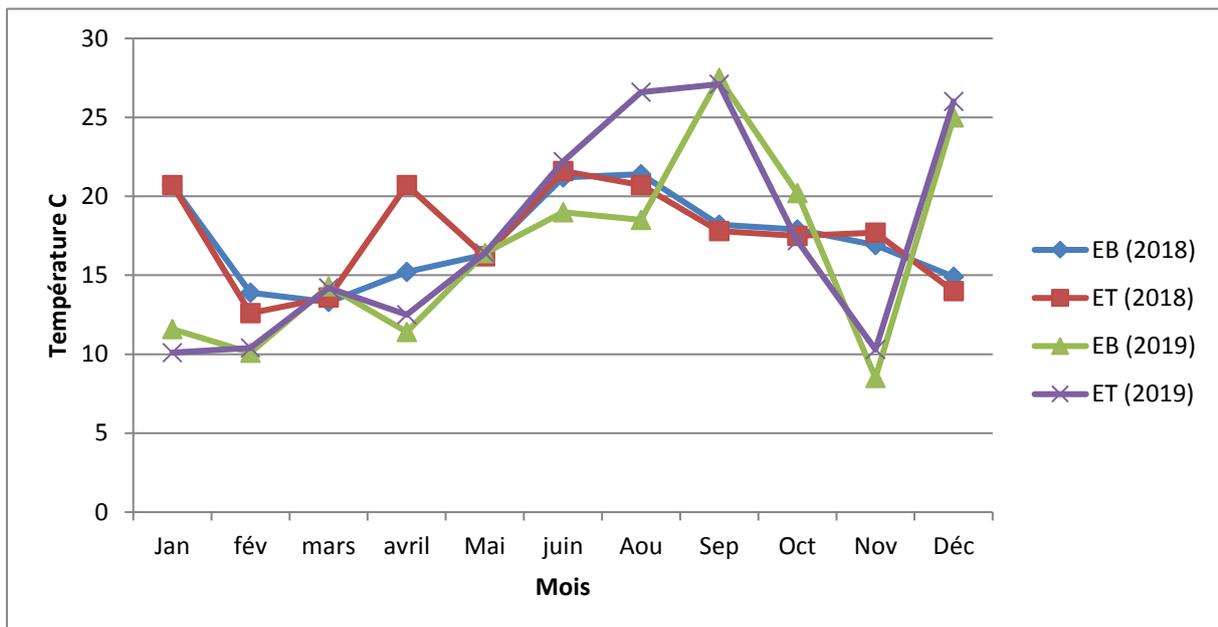


Figure 4.1 : Variation Mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019).

La température est un facteur important dans l'activité bactérienne et les réactions chimiques. D'après la figure 4.1, on remarque que la température de l'eau est variable entre une valeur maximale relevée en Septembre (2019) de 27.5°C et une valeur minimale relevée en novembre (2019) de 8.5°C à l'entrée de la STEP, et de 10.1°C à 27.1°C à la sortie de la STEP.

En Algérie, les normes de rejets des eaux usées admises sont de l'ordre de 30 °C (JORA,2006). On remarque que les valeurs de la température sont toutes inférieures à la norme (30 °C), elles sont relativement basses mais pas assez pour déstabiliser l'activité bactérienne

4.2.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH du milieu joue un rôle clé dans l'activité bactérienne, la solubilité des gaz ainsi que dans les réactions chimiques. Le suivi de la variation de pH du milieu à l'entrée et à la sortie de la step a été établi pendant l'année 2018 et 2019 et exposé sur la figure 4.2

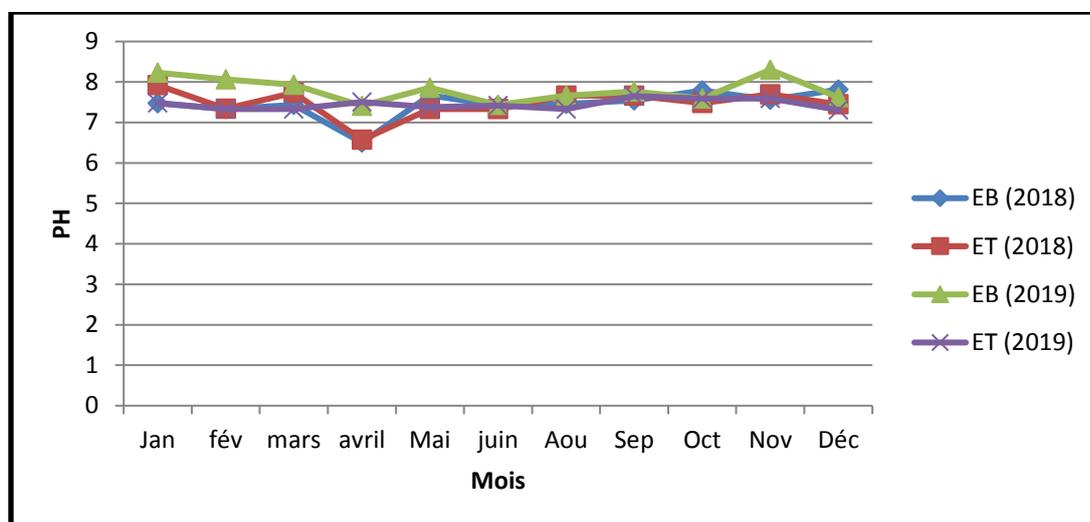


Figure 4.2 : Variation mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019).

Les micro-organismes des eaux usées peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 6.5-8.5. Une valeur de pH située en dehors de cet intervalle peut affecter la croissance et la survie de ces micro-organismes aquatiques. Et cet intervalle représente la limite de rejet direct (JORA,2006). Les valeurs du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP présentent une neutralité du milieu. Elles varient de 6.5 à 8.3 à l'entrée et entre 6.55 à 7.92 à la sortie. Ces valeurs sont dans la norme autorisée du pH (6,5 à 8,5).

4.2.1.3 Oxygène dissous (O₂)

La figure 4.3 expose la variation mensuelle de l'oxygène dissous O₂ de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP durant 2018 et 2019.

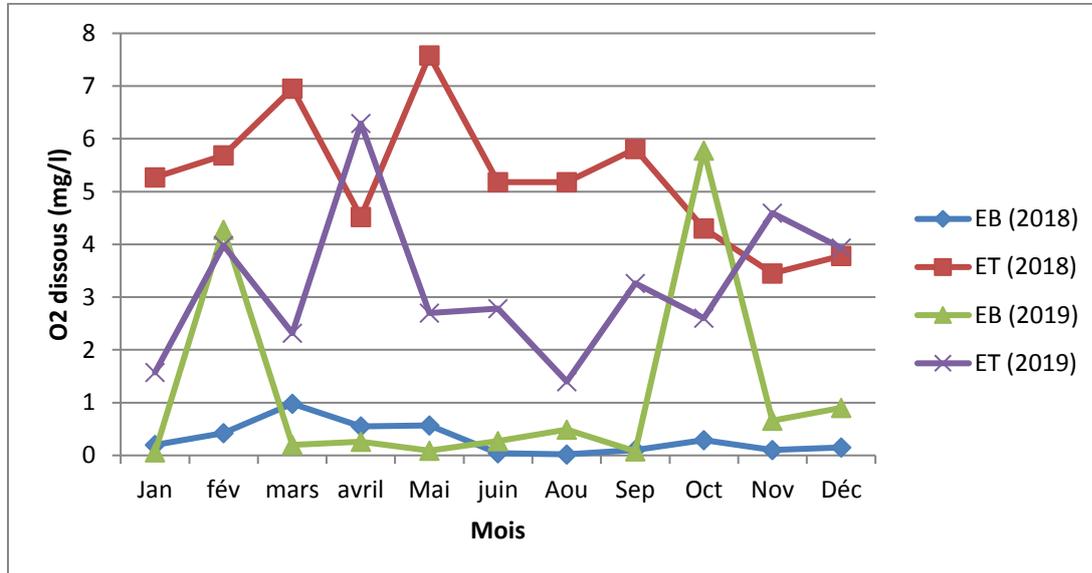


Figure 4.3: variation journalière de l'O₂ à l'entrée et à la sortie de la STEP

(en 2018 et 2019).

Pour l'O₂ dissous les valeurs obtenues montrent une fluctuation allant de 0,01 mg/l à 0,98 mg/l pour les eaux brutes et de 1,57 mg/l à 7,58 mg/l pour les eaux traitées. Nous remarquons à travers le graphe que les deux points représentés dans les mois février et octobre (2019) où les deux valeurs sont illogiques et cela est dû à une erreur sur le niveau de laboratoire. Les eaux usées traitées sont bien oxygénées que les eaux brutes en raison de l'aération effectuée lors du traitement biologique notamment dans le réacteur biologique.

D'après le graphe, les teneurs en O₂ dissous enregistrées à la sortie sont nettement supérieures à celles de l'entrée, ceci est dû à une bonne aération des eaux au niveau du bassin d'aération, nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

En comparant l'oxygène dissous des eaux usées brutes de l'année 2018 et l'année 2019, nous pouvons remarquer qu'ils sont semblables bien sûr si nous éliminons les deux extrêmes. Pour les eaux traitées, il semble que les eaux traitées en 2018 sont plus aérées que celle en 2019.

4.2.1.4 Conductivité

La variation mensuelle de la conductivité de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP a été suivie pendant l'année 2018 et 2019 et elle a abouti aux résultats présentés sur la figure 4.4.

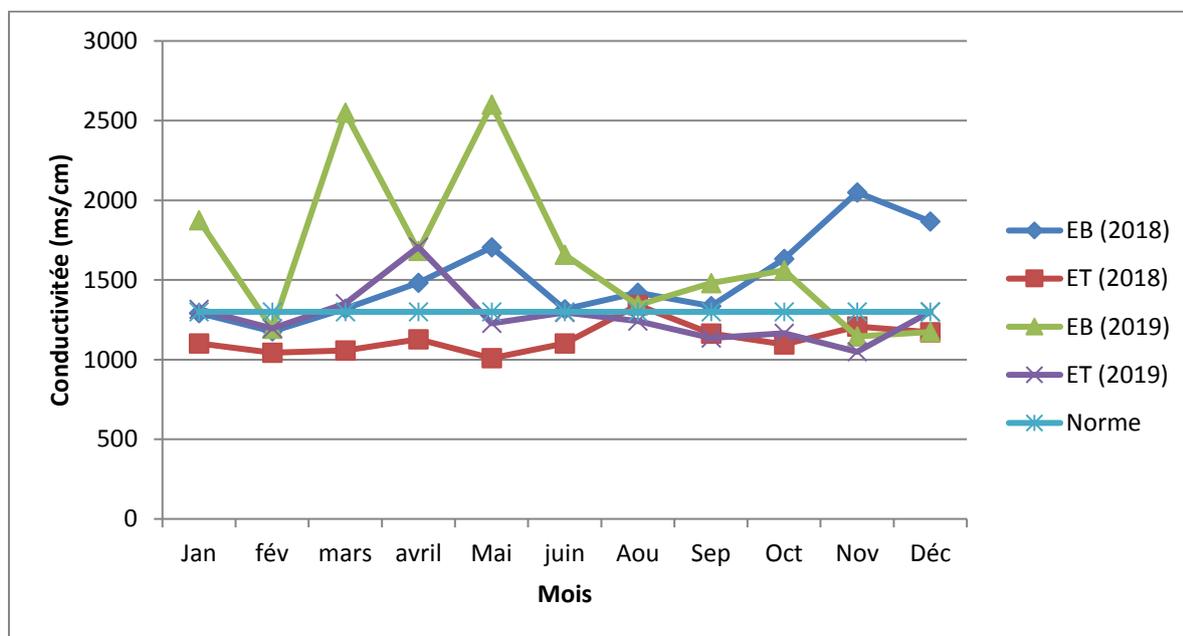


Figure 4.4 : variation mensuelle de la conductivité à l'entré et à la sortie de la STEP
(en 2018 et 2019)

La conductivité est probablement l'une des plus simples et des plus importantes mesures pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale de l'eau et renseigne sur le taux de salinité des eaux brutes entrant à la STEP. D'après La figure 4.4, on remarque que les valeurs mensuelles des eaux brutes varient entre 1145 et 2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et entre 1009 et 1707 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux traitées en dépassant la norme. Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans les eaux qui arrivent à la STEP.

La conductivité semble ne pas être affectée ni par le temps ni par le procédé de traitement et elle oscille entre 1000 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.2.1.5 Matières en suspension (MES)

Les figures 4.5 et 4.6 représentent respectivement la variation de la concentration en matières en suspension (MES) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP et les rendements d'élimination des MES.

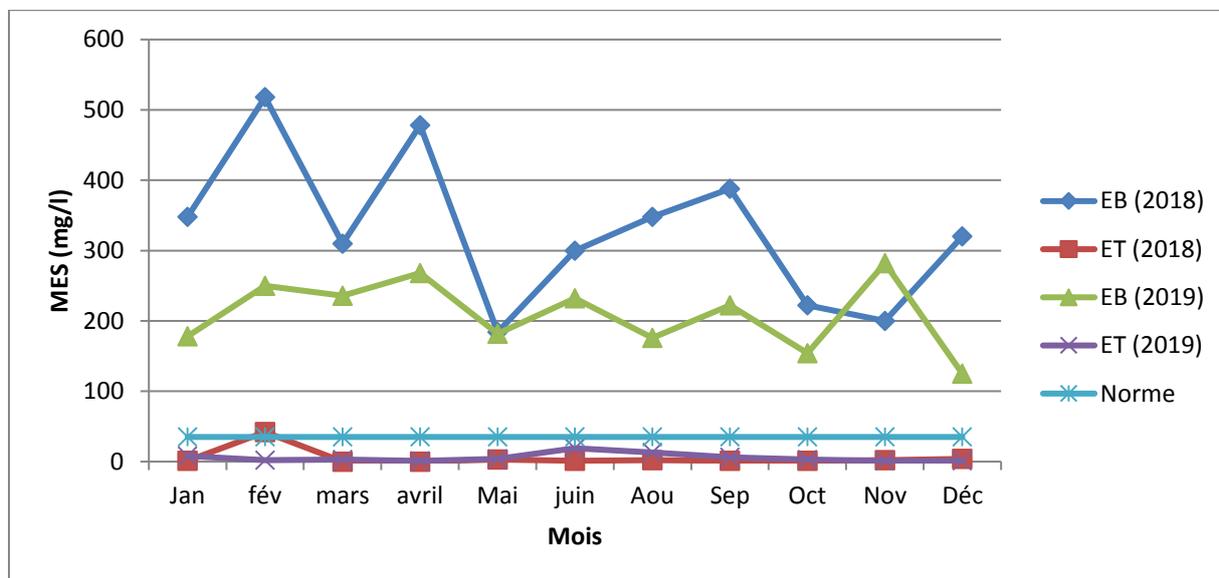


Figure 4.5: variation mensuelle de la matière en suspension MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (En 2018 et 2019)

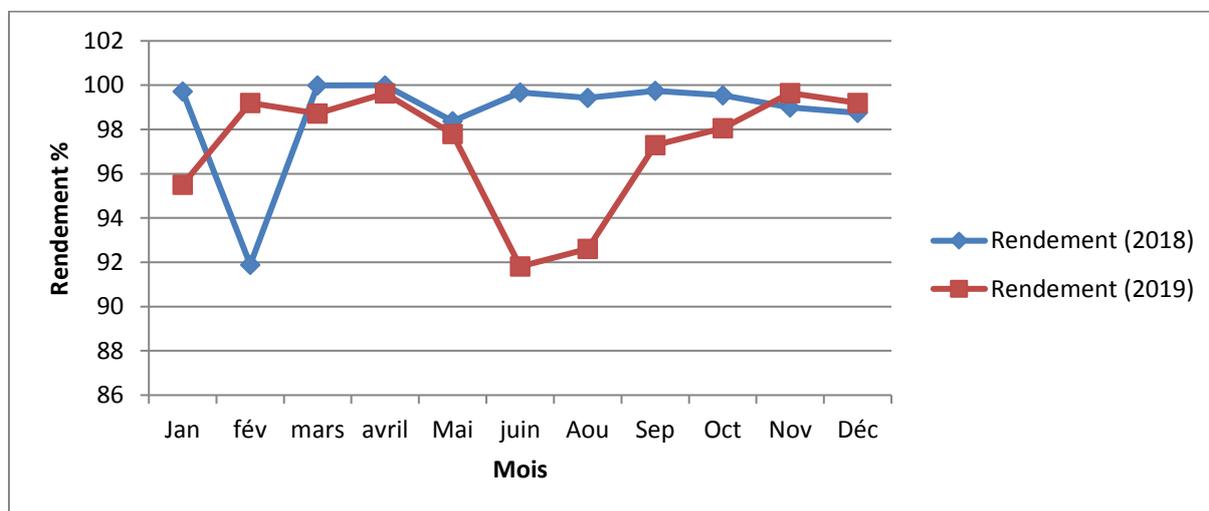


Figure 4.6 : Variation mensuelle des rendements de la matière en suspension MES à l'entrée et à la sortie de la STEP (En 2018 et 2019)

En examinant les résultats obtenus, on remarque qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs des MES varient de 125 mg/l à 518 mg/l. Cette variation est due à une instabilité de la qualité des eaux à l'entrée. Les valeurs des MES à la sortie de la STEP (eaux traitées) sont comprises entre 1mg/l à 19 mg/l. La valeur au moins de février 2018 est supérieure à la norme (42>30 mg/l). Cette augmentation dépend à l'origine des eaux usées que nous traitons, ou à une mauvaise décantation de la boue dans le clarificateur. Les rendements épuratoire des MES sont très importants et dépassent 90%.

Les MES des eaux traitées en 2018 et 2019 semblent proches les une des autres, par contre elles sont différentes pour les eaux usées brutes notamment pour celles en 2018.

4.2.1.6 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Les variations mensuelles de la concentration en DBO₅ de l'eau à brute et l'eau épurée et la variation de rendements épuratoire de la en DBO₅ sont exposés respectivement sur les figures 4.7 et 4.8.

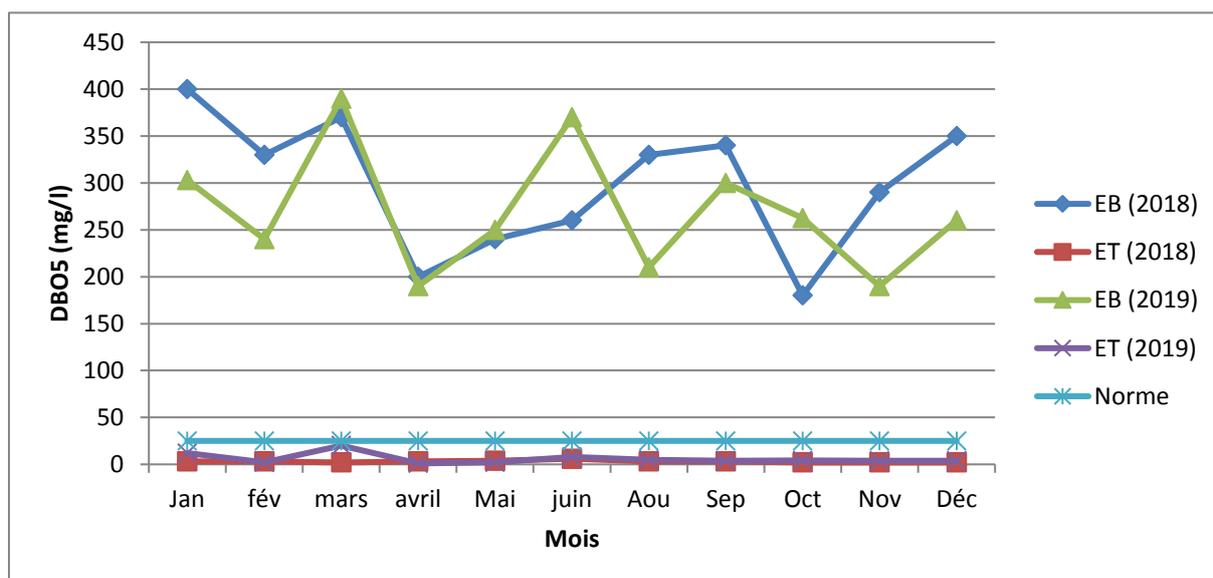


Figure 4.7: variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO₅) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)

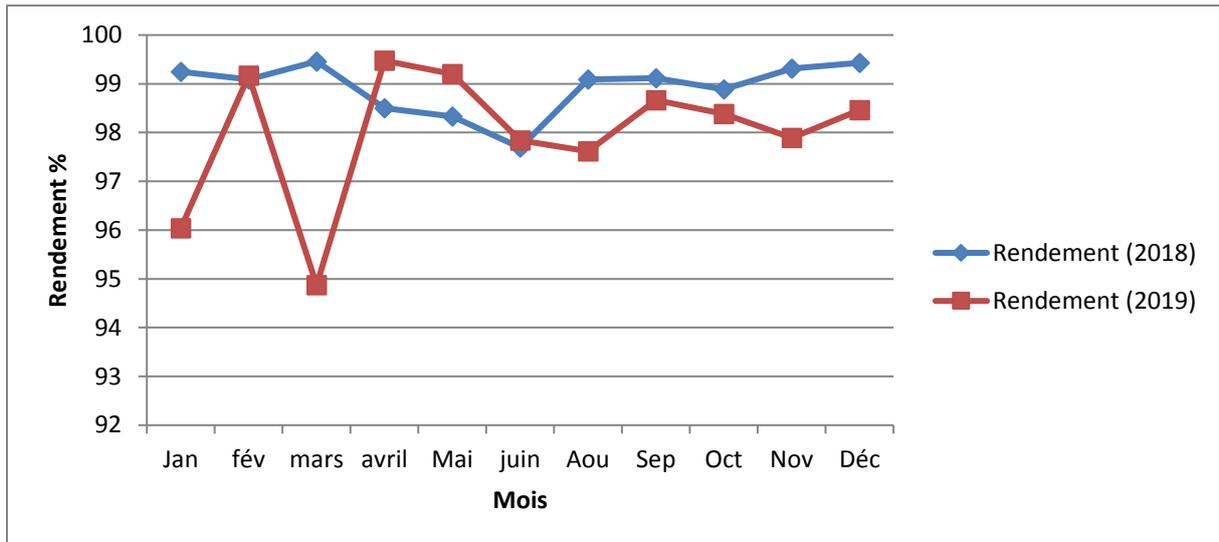


Figure 4.8 : Variation de rendements d'élimination de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)

La figure représente la variation de la DBO₅ de l'eau brute et de l'eau traitée, notons que l'eau brute à l'entrée de la station présente une DBO₅ qui varie entre 180 et 400 mg/l. Toutes les valeurs de la DBO₅ sont dans la plage (inférieur à 500 mg/l). par contre, pour l'eau traitée, la concentration varie entre 2 et 20 mg/l les valeurs de la DBO₅ sont inférieures aux normes de rejet (25 mg O₂ /l) . Les rendements d'élimination des DBO₅ oscillent entre 94.87% et 99.42% .

En comparant la DBO₅ des eaux usées traitées, il apparait que les eaux traitées des deux années sont semblables et oscillent entre 2 et 20 mg/l. Alors que pour les eaux brutes, il semble que la DBO₅ des eaux usées brutes de 2018 varie entre 350 et 400 mg/l et celle de 2019 oscille entre 250 et 300 mg/l.

4.2.1.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

Afin d'évaluer les variations mensuelles de la DCO entre l'entrée et la sortie de la STEP, le suivi de la variation mensuelle de ce paramètre a été effectué et aboutit aux résultats présentés sur les figure 4.9 et 4.10.

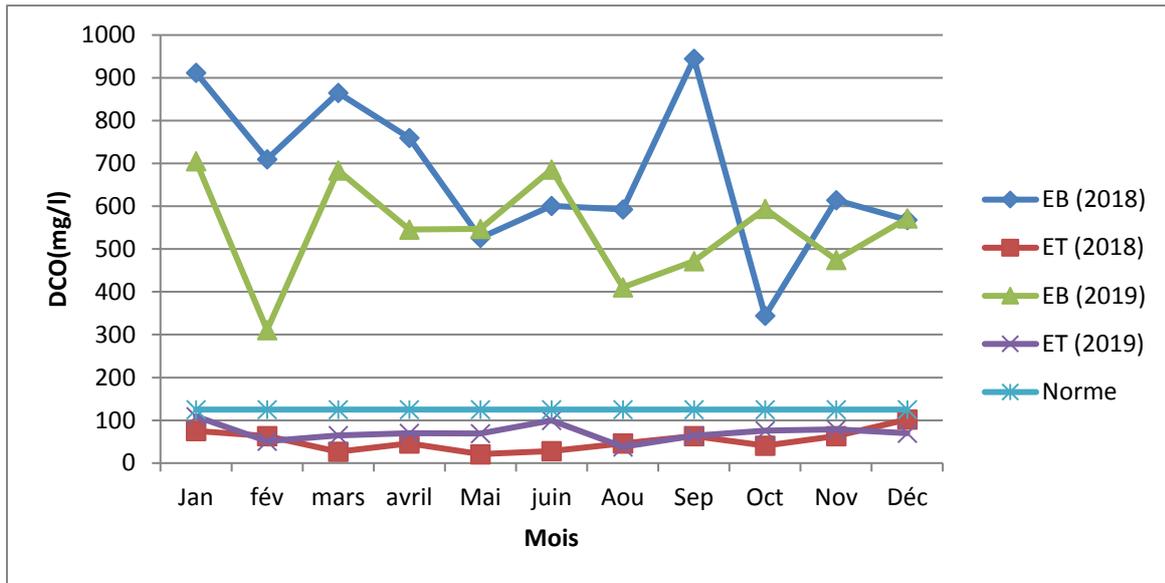


Figure 4.9: variation mensuelle de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)

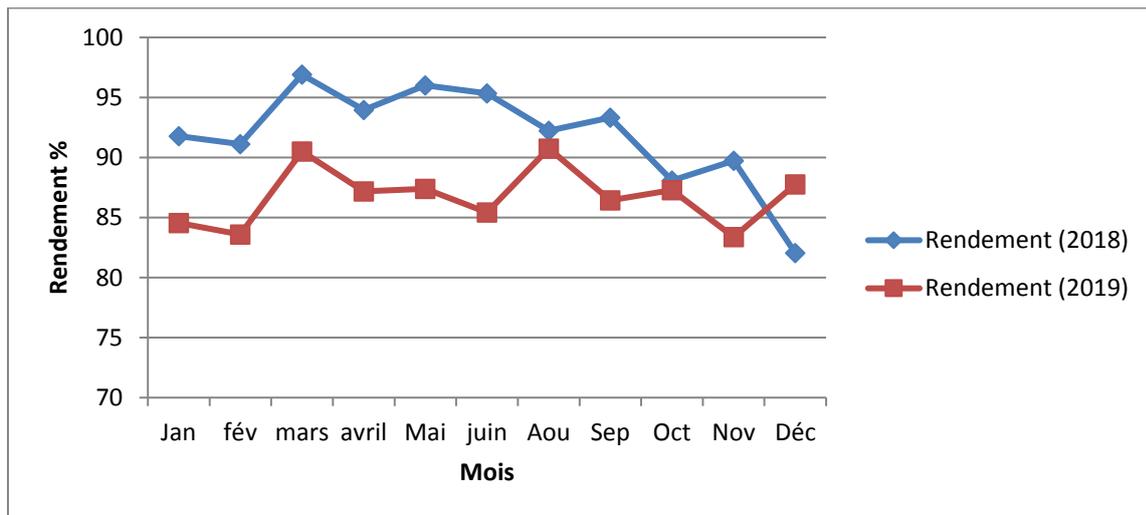


Figure 4.10: Rendement de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)

Les résultats obtenus montrent qu'à l'entrée de la STEP, les valeurs de la DCO varient entre 311 mg/l à 945 mg/l, à la sortie de la STEP, les valeurs de la DCO varient entre 21 mg/l à 109 mg/l, toutes les valeurs de la DCO sont conformes aux normes de rejet (<125 mg/l). Pour les rendements d'élimination de la DBO, ils oscillent entre 84 et 90%.

La DCO des eaux usées traitées varie entre 21 et 109 mg/l que ce soit pour l'année 2019 ou 2018. Cependant pour les eaux traitées, la DCO varie entre

4.2.1.8 Pollution phosphorée (PO_4^{3-})

La figure 4.11 présente la variation mensuelle des orthophosphore (PO_4^{3-}) à l'entrée et à la sortie de la step

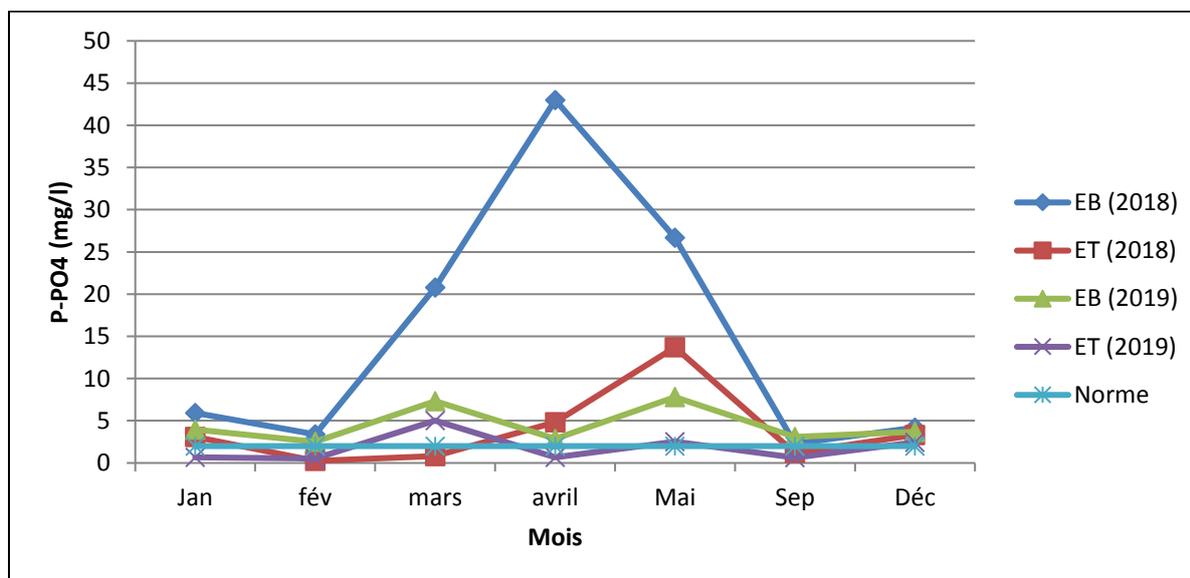


Figure 4.11: variation mensuelle des orthophosphates à l'entrée et à la sortie de la STEP
(en 2018 et 2019)

D'après la figure 4.11 les valeurs des orthophosphates (PO_4^{3-}) varient d'un minimum de 2.5 mg/l à un maximum de 26.68 mg/l au niveau des eaux brutes concernant les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0.24mg/l et 13.7 mg/l. Nous avons deux valeurs qui sont supérieures aux normes de rejet dans le milieu récepteur (2 mg/l), la déphosphatation n'est donc pas complète dans le bassin d'aération.

Les orthophosphates des eaux années pour les eaux traitées semblent proches les unes des autres. Cependant, pour les eaux usées brutes, elles sont plus fortes pour l'année 2018 comparée à l'année 2019.

4.2.1.9. Matières azotées

Les figures 4.12 et 4.13 présentent respectivement la variation mensuelle des nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-) à l'entré et à la sortie de la STEP.

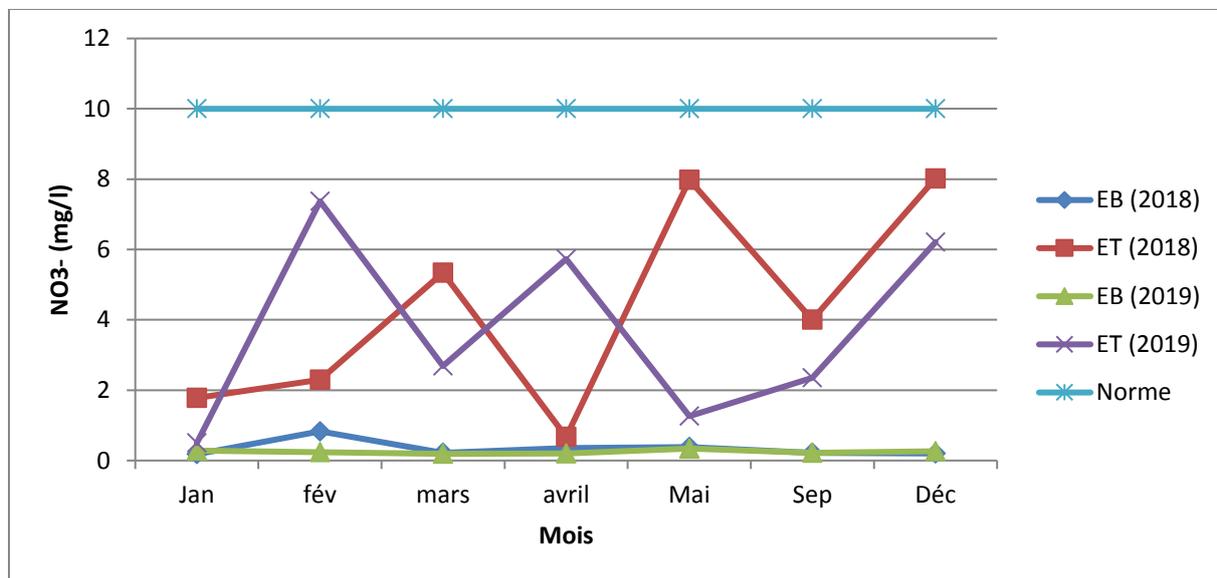


Figure 4.12: variation mensuelle des Nitrates à l'entré et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)

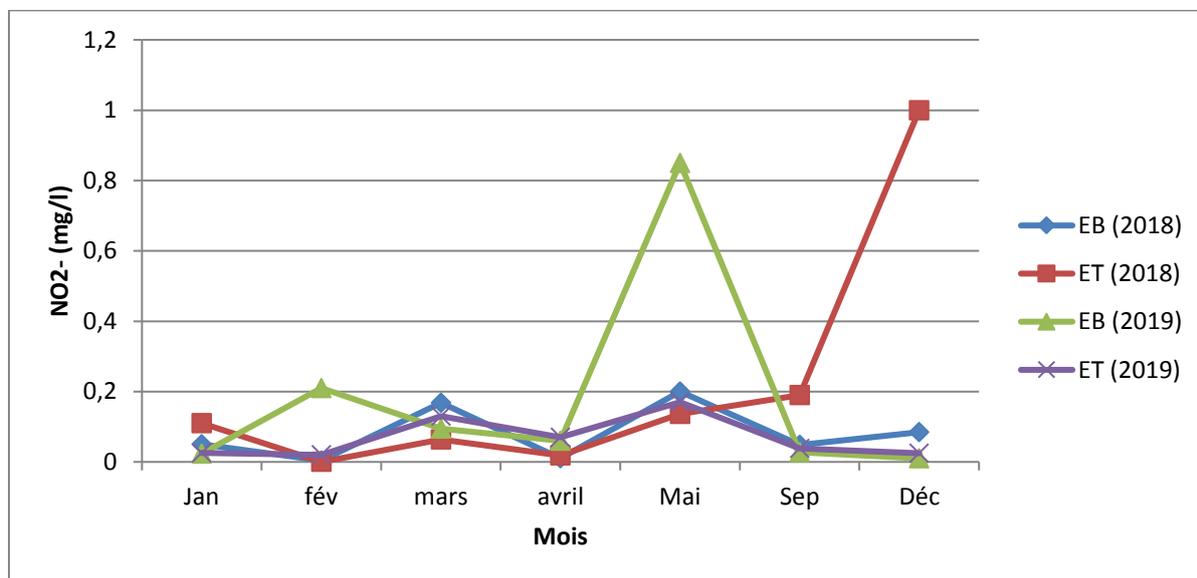


Figure 4.13 : variation mensuelle du Nitrites à l'entré et à la sortie de la STEP (en 2018 et 2019)

Selon les résultats indiqués sur la figure 4.12, on observe que les valeurs des nitrates obtenues d'après les analyses, varient entre 0.18 mg/l et 0.83 mg/l à l'entrée et de 0.5 mg/l à 8.02 mg/l à la sortie. Nous remarquons une augmentation des nitrates à la sortie de la STEP, ceci peut s'expliquer par la nitrification de l'azote organique des matières organiques. Cependant, les valeurs des nitrates demeurent au dessous de la norme de rejet fixée à 10 mg/l.

Pour les nitrites, on remarque que la teneur en nitrite des eaux usées brutes et traitées est très faible. Ainsi, la différence de ces valeurs entre l'entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0.01 mg/l et 0.85 mg/l au niveau des eaux brutes. La faible teneur en nitrites peut s'expliquer par l'instabilité des nitrites dans le milieu aqueux, elles se transforment soit en nitrates ou en azote ammoniacal.

4.2.2 Filière de Boues

4.2.2.1 Concentration en Matières Sèches (M.S) :

a) Bassin biologiques

La figure 4.14 présente la variation mensuelle de la concentration en matière sèche dans le bassin biologique de la STEP durant 2018 et 2019.

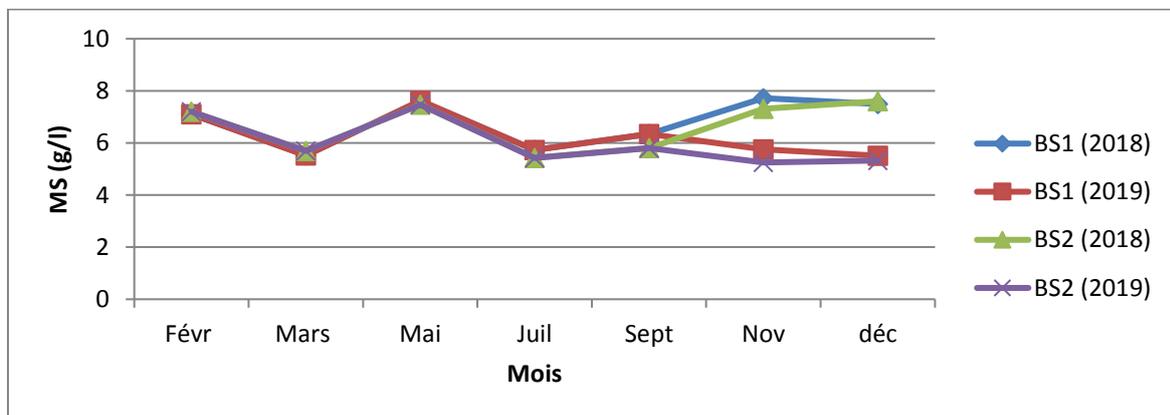


Figure 4.14: variation mensuelle de concentration en matières sèche dans le bassin biologique (en 2018 et 2019)

Selon les résultats obtenus, on observe que les valeurs de concentration en matière sèche dans les bassins biologiques, varient entre 5.51 g/l et 7.52 g/l dans le bassin biologique 1 et de 5.25 g/l à 7.6 g/l dans le bassin biologique 2. La différence des valeurs entre les deux bassins

est dû probablement au type du bassin biologique. Le bassin 1 est de type anaérobie, alors que le bassin 2 est une partie aérée et l'autre anoxique.

b) Bassin de clarification

La variation mensuelle de concentration en matières sèche dans le bassin de clarification a été suivie et abouti aux outputs exposés sur la figure 4.15

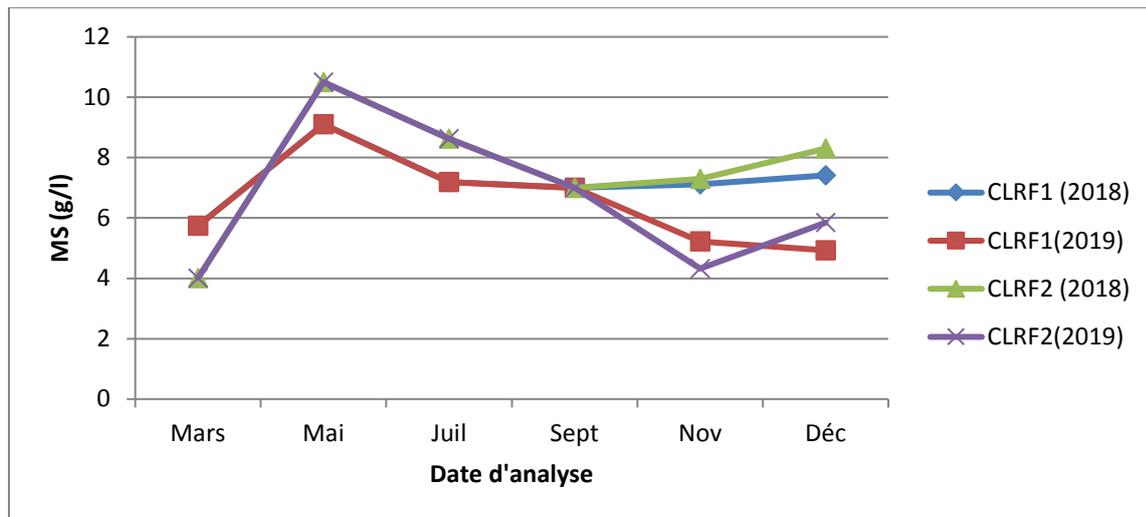


Figure 4.15: variation mensuelle de concentration en matières sèche dans le bassin de clarification (en 2018 et 2019)

En examinant les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de concentration en matière sèche dans le bassin de clarification obtenues d'après les analyses, varient entre 4.93g/l et 9.1g/l à la clarificateur 1 et de 4.01 g/l à 10.5 g/l à la clarificateur2. A travers ces valeurs, on remarque une convergence entre les résultats acquis.

4.2.2.2 Indice de boue IB

L'indice de boue (IB) ou indice de Mohlman (IM) est un test permettant d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation. Il représente le volume occupé par un gramme de boue après 30 minutes de décantation dans une éprouvette d'un litre. La figure 4.16 présente la variation de l'indice des boues à la sortie du bassin biologique de la STEP

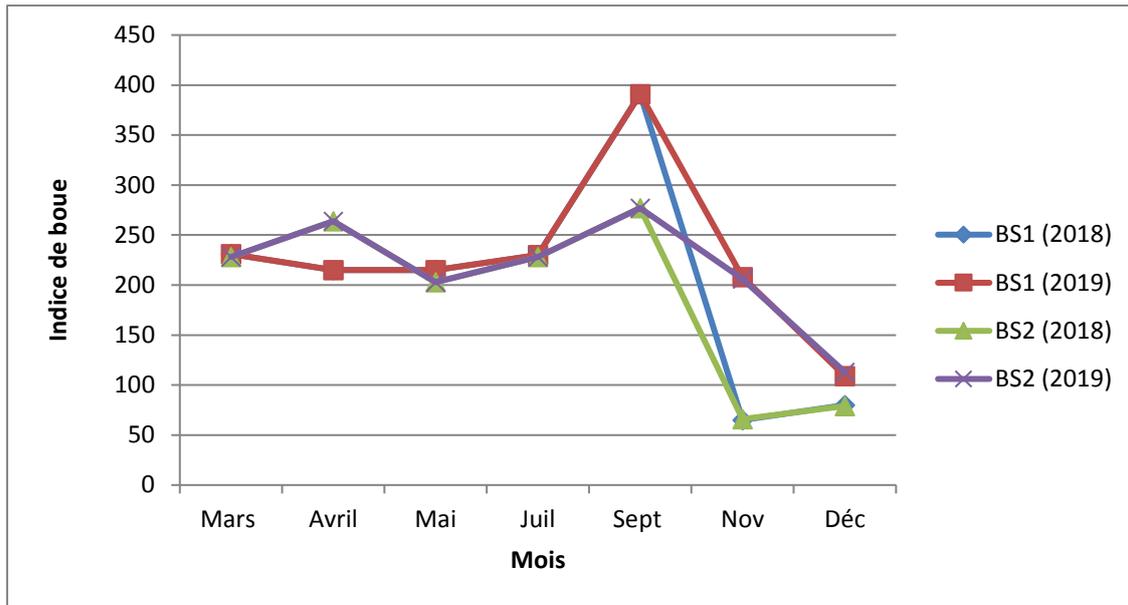


Figure 4.16: variation mensuelle d'indice de boue dans le bassin biologique (en 2018 au et 2019)

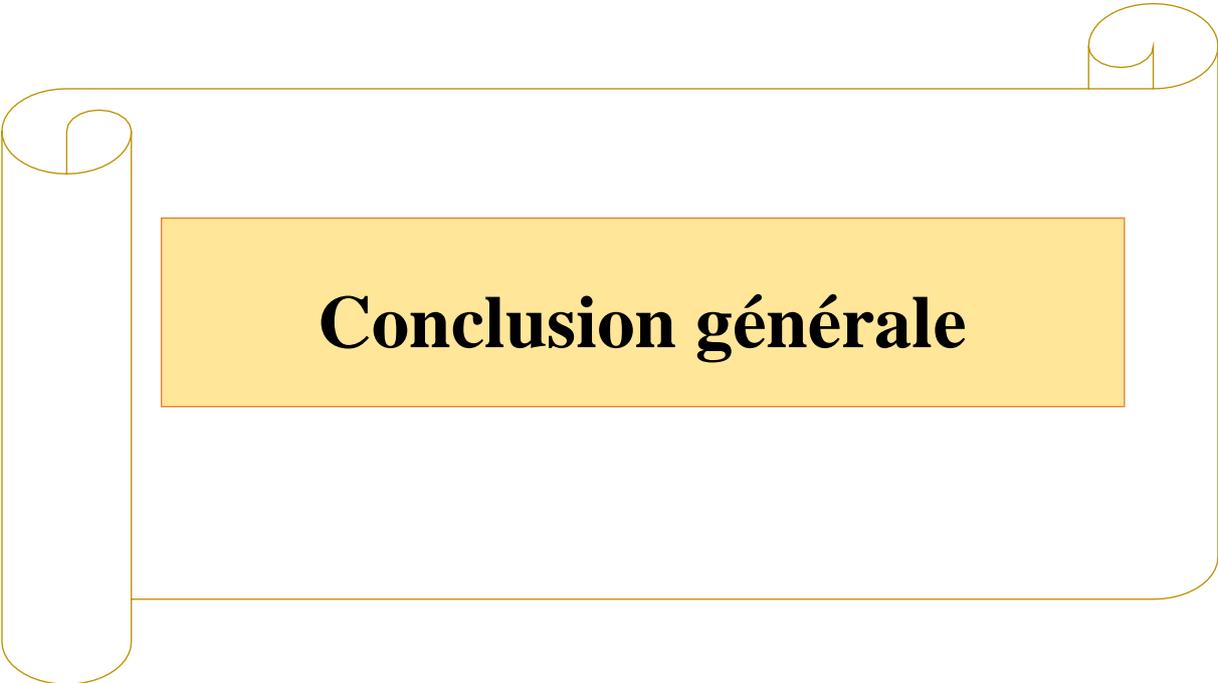
Les valeurs d'indice de boue dans le bassin biologique 1 varient entre un maximum de 231 et un minimum de 65 ml/g. En revanche, les valeurs d'indice de boue dans le bassin biologique 2 entre un maximum de 274 et un minimum de 66 ml/g. Cependant, selon les données bibliographiques les intervalles de l'indice de Mohlman sont :

- Si IM inférieur à 50 ml/g, cela implique une mauvaise décantabilité (les floccs ne sont pas assez concentrés)
- Si IM est compris entre 50 ml/g et 150 ml/g, on a une bonne décantabilité des boues.
- Si IM supérieure à 150 ml/g, on assiste à un phénomène de bulking (foisonnement de bactéries filamenteuses)

D'après les résultats présentés sur la figure 4.16, la bonne décantabilité des boues dans la step de Timgad n'est atteinte que pendant les mois de novembre et décembre.

4.3 Conclusions

Les eaux usées de la ville de Timgad sont caractérisées par une pollution importante qui dépasse largement les normes de rejet avec 400 mgO₂/l de DBO₅, 945 mg/l de DCO, 518 mg/l de MES, en plus les phosphates, les nitrates et les nitrites. La station d'épuration de Timgad est de type boues activées à faible charge dont les performances épuratoires semblent très satisfaisants avec un rendement d'élimination de MES de 99%, pour la DBO₅ il est compris entre 94 et 99%, alors que pour la DCO, il varie entre 84 et 90%. Les phosphates des eaux usées traitées dépassent la norme de rejet avec 13,7 mg/l. La même remarque est soulevée pour les nitrates qui augmentent à la sortie de la step. La filière boues a démontré une mauvaise décantabilité des boues durant les mois Mars, Avril, Mai, juillet et septembre.

A decorative border resembling a scroll, with a light beige background and a thin gold outline. The border has rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a scroll's edge. The text is centered within a gold rectangular box in the middle of the scroll.

Conclusion générale

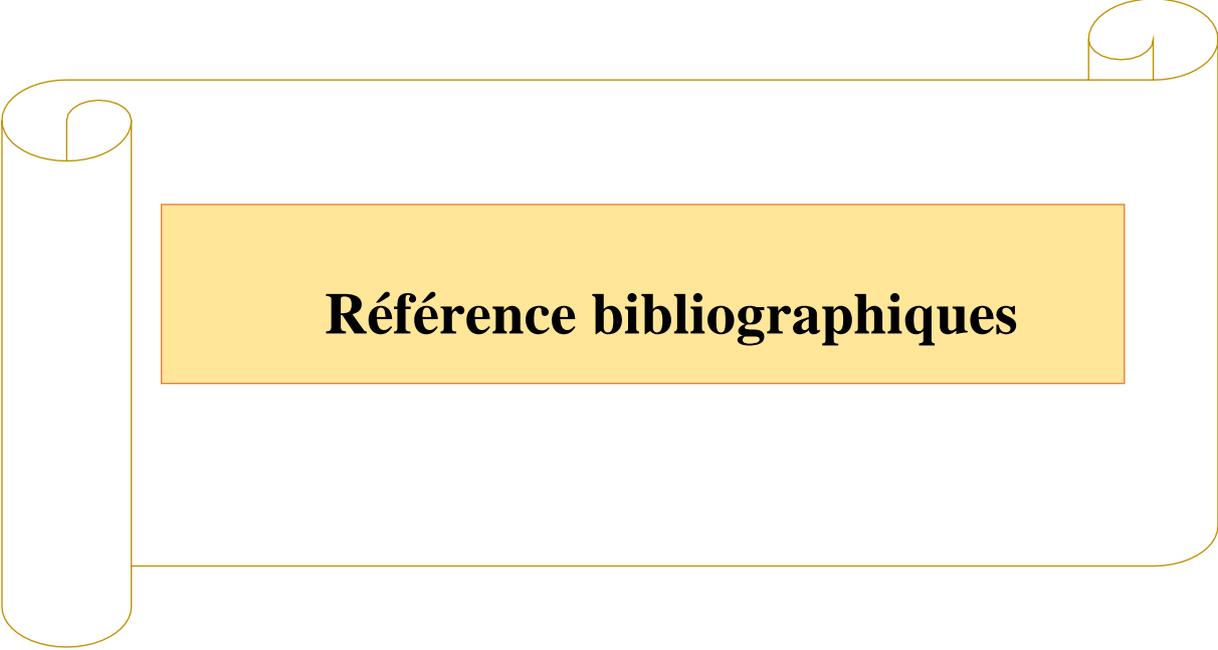
Conclusion générale

La consommation excessive d'eau par les divers secteurs (agriculture, industrie, population) génère des quantités importantes d'eau usée chargée en nombres illimités de polluants. Ces eaux usées doivent être épurées avant de les évacuer en milieu récepteur sinon les conséquences seront catastrophiques. La ville de Timgad dispose d'une station d'épuration destinée à traiter les eaux usées d'une population en vue de pallier aux problèmes de pollution du milieu récepteur. Sa principale mission est à la protection du barrage de Koudiat Medouar pour qu'il puisse accomplir sa tâche et alimenter les villes Batna et Khenchela par l'eau potable. L'objectif principal de notre travail est de diagnostiquer et évaluer les performances épuratoires de la station de Timgad.

Les résultats d'analyse effectuée sur les eaux usées de la ville de Timgad à l'entrée et à la sortie de la STEP durant 2018 et 2019 ont mis en évidence que :

- Les eaux usées de la ville de Timgad sont caractérisées par une pollution importante qui dépasse largement les normes de rejet avec 400 mgO₂/l de DBO₅, 945 mg/l de DCO, 518 mg/l de MES, en plus les phosphates, les nitrates et les nitrites ;
- Le rendement d'élimination de MES est de 99% assurant une teneur conforme à la norme de rejet à la sortie de la station ;
- Les performances épuratoires de la DBO₅ sont comprises entre 94 et 99% ;
- Les rendements d'abattement de la DCO, varient entre 84 et 90% ;
- Les phosphates des eaux usées traitées dépassent la norme de rejet avec 13,7 mg/l ;
- Il semble que les nitrates augmentent à la sortie de la step probablement en raison de l'ammonification de l'azote organique des matières organiques ;
- La filière boues a démontré une mauvaise décantabilité des boues durant les mois Mars, Avril, Mai, juillet et septembre suite aux valeurs de l'indice des boues qui dépassent 200 ml/g pendant les mois précités.

A partir de ces constatations, on peut conclure que les performances épuratoires de la STEP de Timgad sont très satisfaisantes, une attention particulière doit être attirée sur les problèmes rencontrés afin de trouver les solutions convenables.



Référence bibliographiques

Référence bibliographiques

- **A n d r e d ., (1982)** .La valorisation agricole des boues de la station d'épuration. Cahier technique, 63 p.
- **Agence De l'Environnement et de la Métrise de l'Energie (ADEME), (2001)**. Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture, Ademe édition, Paris. p: 59.
- **Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM), 2007**, pp10. Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse «Disque biologique».
- **Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, (2012)**. Méthanisation des boues de stations : règle de l'art et état des lieux sur les bassins Rhône-Méditerranée Corse.
- **Amadou H., (2007)**. Modélisation du séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbaine. Thèses de doctorat, Université Lounis Pasteur. p: 170.
- **Amorce., (2012)**. Gestion des boues de stations d'épuration, Co-traitement avec les déchets ménagers, DT 52, France.
- **Anbt., 2003**. Monographie, barrage Koudiet-M'douar (Batna). Cosider-Tp, document interne. 271p.
- **ANDI, 2013**. Agence national de développement de l'investissement, Algérie, 2013.
- **Antonini G., (2000)**. Les procédés de valorisation thermique des boues, Actes du colloque les boues. Quels enjeux ? Quelle solution ?, Pau, France. P: 250.
- **Association Française pour l'Etude des Eaux (AFEE). (1974)**. Utilisation agricole des boues d'origine urbaine. p: 107.
- **Aulicino E.A., Mastrantonio A., Orsini E, Bellucci C., Muscillo M., Larosa G. 1996**. Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome. Water, Air, and Soil Pollution. Vol. 91. Iss. 3 -4 p. 327-334.
- **Baumont S., Camard J-P., Lefra A, Franconi A. 2005**. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport de stage. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France ENSAT (Toulouse), pp. 169.
- **Benlala charifa ,2012** . l'efficacité du traitement des eaux usées dans une station d'épuration à faible charge , mémoire du brevet T.S, Institut Nationale spécialisé de la formation professionnelle-Batna

Référence bibliographiques

- **Bernard,J.M.,Bouti,c.,Molle,P.,Cooper,P.,(2001,2010)** . Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000eq-hab).
- **Boeglin J-C., (2000).**Traitement et destination final des boues résiduares.
- **Bouha Imen,** La ville de Batna, à la recherche d'un schéma de cohérence urbaine,mémoire de master , Département des sciences et technologie; Université Mohamed Khider Biskra, Année 2012.
- **Boutoux Jean,** Introduction à l'étude des eaux douces-eaux naturelles-eaux usées-eaux de boisson, Edition CEBEDOC, liège, 1983.
- **Brouillet J.L, Picot B, SambucO J.P, Gaillard L, Soterias G, Valarie I, 2008** .Eco techniques d'assainissement des Eaux usées domestiques : Evolution et perspectives, XIIIe Congrès mondial de l'Eau, Montpellier, France, 17p.
- **Campos C. 2008.** New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse.
- **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2015)** .Détermination de la conductivité : méthode électro métrique. *Docum.* 115, 9 p.
- **Christophe Dagot , Julien Laurent,** Module d'enseignement ASTEP, Version 1.0, p88. 25/03/2014
- **Dafri A, (2008),** Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine. Mémoire de Magister N°308 ; en microbiologie appliquée, Université Mentouri Constantine, Faculté des science de la nature et de la vie, 60p.
- **Dahou ,A.,Brek ,A.(2013)** .lagunages aérée n zone aride performance épuratoires cas de la région d' Ouargla , université kasdi Merbah Ouargla , juin 2013.
- **Debba MB., (1998)** : Contribution à l'étude des boues résiduares : intérêt agronomique et effet des polluants dans le sol et le végétal. Mémoire de magistère en science agronomique université de mostaghanem. 180p.
- **Dégréement,** Mémento technique de l'eau, 9ème édition, p 119-130,1989
- **Degrement., (1989).** Mémento technique de l'eau, 8^{ème} édition, tome 1&2, 1459p.
- **Degrémont, (1989).** Mémento technique de l'eau, 9eme Edition, Tome 1 et 2, Editions Lavoisier, Paris.
- **Dekhil Soror Wahiba& Zaibet Manel, 2013,** «Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eauxusées», Mém de Master, université de Bordj Bou Arreridj.

- **Desjardin S R**, Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, Ed. Ecolepoly technique de Montréal, Canada, 1997, pp 303.
- **Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Gaid A ; Laplanche A ; Moles J, Montiel A ; RIOU G ; Simon P, (2006)**. Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1^{ère} édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement)
- **Emillian K**, 2004. Traitement des pollutions industrielles. Ed Dunod, Paris, 424p.
- **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.
- **Favreau G., (2011)**. Traitement et valorisation des boues de station d'épuration. Office International de l'Eau (OIE), (2001).
- **Fayoux C., (1995)**. Valorisation des boues et déchets: les approches européennes. Séminaire des 8-9 juin 1995 -2- les législations concernant le traitement et l'élimination des boues.
- **G l e m a s. P ., (1980)** . Fertilisation B o u e , g a d o u e , c o m p o s t s d e f i n i t i o n f a b r i c a t i o n e t c a r a c t é r i s t i q u e . R e v u e c u l t i v a r n ° 1 3 2 : 4 4 - 5 1 .
- **Gaid ,A.,(1984)** .Tom 1épuration biologique des eaux usées.
- **Gaujous , D ,(1999)** , la pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et documentation La voisir , 220 p
- **Guy Atlan M, 2003**. Les boues d'épuration leurs perspectives de gestion en Ile de France. Thèse, doctorat, Paris, 128p.
- **Hammou A**. Caractéristiques de la fluorescence des eaux du fleuve côtier Tet (Pyrénées-Orientales) en relation avec la matière organique naturelle du bassin versant: utilisation de l'algorithme PARAFAC. Thèse de Doctorat. Université de Perpignan Via Domitia (France), 2012, 271 p
- **Hannachi A**, THE STAKES OF THE REUSE OF LIQUID WASTE IN BATNA (ALGERIA), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°34, Juin 2018, pp. 51-68.
- **Hartani, T, (2004)**, La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie, Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée Rabat.
- **IFE,(2007)** .Institut Français de l'Education , les stations d'épuration – Eduterre .ens-lyon .fr/nappe/html/Ressources/les 20% station d'épuration 2007 consulté le 19/05/2019.

- **Jamonte B., (2010).** Le traitement des boues de station d'épuration centre de formation et de documentation sur l'environnement.
- **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.
- **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.
- **Ladjel F. Abbou S., (2014).** L'Office Nationale d'Assainissement (ONA), Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie
- **Lartiges B,** Déstabilisation d'une suspension de silice colloïdale par un sel d'aluminium. Relation entre les phénomènes de surface, la structure et la granulométrie des floccs, Docteur de l'INPL, Institut National Polytechnique de Lorraine, 1994.
- **les grands articles, 2015,** pp46. Approvisionnement et traitement de l'eau, Ed. Encyclopaedia Universalis.
- **Medkour M, (2003),** Réutilisation des eaux usées épurées, Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau. 12 p.
- **Merciecca M., (1984).** Hygiène et sécurité du travail dans les stations d'épuration. p: 84.
- **Metahri Mohammed Saïd,** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012,
- **Metahri,m.s. (2012)** : Elimination simultanée d la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes :cas de la STEP Est de la ville Tizi-Ouzou,thèse de doctorant ,université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou.
- **M o r e l ., G u c k e r t.A. et S e d e g o m ., (1978)** . Effet de l'épandage des boues urbaines sur l'état physique des sols. Comm. XIème cong. De l'AISS Edmontin, pp : 13 -19.
- **O.N.A. (2011).** Office national d'assainissement, Unité de Batna, service d'assainissement, Algérie.

Référence bibliographiques

- **O.N.A. (2006).** Office national d'assainissement, Unité de Batna, service d'assainissement, Algérie.
- **O.N.A. (2009).** Office national d'assainissement, Unité de Batna, service d'assainissement, Algérie.
- **ONA, (2015)** .ONA-dz.org/l-ona-en-chiffres (consulté 23-05-2015).
- **Office International de l'Eau, 2001.** développer les compétences pour mieux gérer l'eau la stabilisation des boues de station d'épuration : techniques de mesure du procédé.
- **ONM ,2014** .Office Nationale De Morphologie.
- **Pommel B., (1979)** .La valorisation agricole des déchets : les boues résiduaires urbaines INRA, 70 p .
- **Racault.Y&Seguret.F, 2004,** «Bases de dimensionnement des stations d'épuration rurales», Stage CNFPT, Toulouse.
- **Rejsek ,F.(2002)** .Analyse des eaux aspects réglementaire et technique .Ed CRDP , aquitaine. France.
- **Rodier J., (2009).** Analyse de l'eau, 9^{ème} édition DUNOD. p: 1600.
- **Rodier , J (2005)** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires , eaux de mer,8^{ème} Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- **Salghi R, 2004** . Différents filières de traitement des eaux ; université IBN ZOHR, Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir (ENSA Agadir) Maroc, 22P
- **Sedki A., (1995).** Etude éco-toxicologique de la contamination. Thèses Doct. Etat, Univ. Cadi Ayyad, Fac. SCI. Semlalia, Marrakch, Maroc. p: 140.
- **Selghi, 2010.** In thèse Metahri M. S. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou [en ligne]. Mouloud mammeri de Tizi-Ouzou. 2012. 172 p.
- **Site météorologique de la ville de Batna (2014).** Site internet [4: http://www.andi.dz/PDF/monographies/Batna.pdf](http://www.andi.dz/PDF/monographies/Batna.pdf)
- **Slimani K., (2007).** Suivi d'une boue dans une station dépurateur des eaux usées urbaine. Universities. M. B. Boumerdas. P: 123.
- **Suschka J, ferreira E.** Activated sludge respire metric measurements. Water Research, 20, 2, 137-144, (1986).
- **Vade Micum ., 1990** .Références à l'usage des inspecteurs chargés de la protection de l'environnement .Edition ministère de l'intérieur
- **Vaillant J R,** Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris, 1974.

Référence bibliographiques

- **Yamashita Y, Maie N, Briceño H, et al.** Optical characterization of dissolved organic matter in tropical rivers of the Guayana Shield, Venezuela. *Journal of Geophysical Research: Bio geosciences*. 2010;115
- **Zeghoud M**, Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de méghibra , mémoire de master , Département des sciences et technologie ; Université D'EL –OUED, Année 2014.
- <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Batna.pdf>