

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université a. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Présenté par

DJEMADI Zahra

BIROK Mouloud

Thème

Traitement des eaux usées domestiques cas de la station de Sidi
Ali Lebher -Bejaia

Soutenue le 28/09/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
FATMI Sofiane	MCA	Université de Bejaia	Président
CHIBANI Nacera	MCA	Université de Bejaia	Examinateur
AZZOUG Moufok	MCA	Université de Bejaia	Encadrant

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude à notre professeur encadrant Monsieur Moufok Azzoug qui , par l'effort fourni, sa disponibilité et ses conseils prodigués, sa rigueur scientifique, nous ont énormément aidé lors des phases d'élaboration et du suivi de ce mémoire.

Nos sincères remerciements à Monsieur Saou Abdelhamid du département hydraulique pour ses orientations, ses conseils avisés que nous avons pris en considération durant la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit de Monsieur le Directeur de l'ONA en l'occurrence M. TABOURI Achour, M. Atmaniou Mourad et Madame Adouane du laboratoire d'analyse de la STEP Sidi Ali Lebher pour leur attention particulière, leur compréhension et les moyens mis à notre disposition pour la réussite de ce modeste travail. Je tiens à remercier aussi Monsieur Bouden Ahcene chef de STEP pour sa gentillesse et pour la documentation mise à notre disposition lors de notre stage.

Nous tenons à remercier également l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Notre gratitude à tous les enseignants du département du génie des procédés qui nous ont encadrés durant notre cycle universitaire.

Nous remercions aussi Messieurs Hicham Cherigui et Abdoune Amar pour leur gentillesse et leur esprit coopératif avec le personnel et les étudiants.

Enfin, nous adressons nos remerciements à nos parents, nos frères et sœurs, à nos amis, pour leur soutien et leur contribution à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, pour leurs sacrifices consentis dans mon éducation et formation

A Mes frères Zoheir, Azzedine et Massinissa et ma sœur Ikram pour leur encouragements durant tout mon cycle universitaire.

A ma chère grand-mère Chabha, et ma défunte tante Saliha que j'aimais beaucoup et que je n'oublierais jamais et à toute ma famille.

A tous mes enseignants de tous les cycles de primaire à l'université.

A tout mes amis de la promotion génie des procédés de l'environnement 2021-2022, mon binôme Mouloud, plus particulièrement Sarah qui m'a été d'un apport considérable et Imen pour son soutien moral.

A tous ceux et celles qui m'ont aidé durant mes études.

A tous ceux que j'aime.

Zahra

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, qui m'ont encouragé tout au long de mes études. Aucun mot ne pourrait exprimer l'affection que j'ai pour eux.

Mon frère et mes sœurs pour leur soutien et leur respect.

Ma famille pour sa persévérance et ses encouragements.

Tous mes camarades, mes amis et ceux qui m'aiment.

Mouloud

Introduction générale	1
I.1.Généralités sur les eaux usées	3
I.1.1. Origine et composition des eaux usées.....	3
I. 1.1.1. Origine domestique.....	3
I.1.1.2.Origine industrielle.....	4
I.1.1.3. Origine agricole.....	4
I.1.1.4. Origine pluviale.....	5
I.1.2. Caractéristiques des eaux usées.....	5
I.1.2.1. Les paramètres physico-chimiques.....	5
I.1.2.1.1. La toxicité.....	5
I.1.2.1.2. La demande biologique en oxygène (DBO₅).....	6
I.1.2.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO).....	6
I.1.2.1.4. Les matières en suspension (MES).....	7
I.1.2.1.5. La turbidité	7
I.1.2.1.6. La température.....	7
I.1.2.1.7. Le Potentiel d'hydrogène.....	7
I.1.2.1.8. La conductivité.....	8
I.1.2.1.9. Les composés phosphorés (PO₄³⁻).....	8
I.1.2.1.10. Les composées azotées.....	8
I.1.2.2. Les paramètres biologiques.....	8
I.1.2.2.1. Coliformes totaux.....	8
I.1.2.2.2. Coliformes fécaux.....	9
I.1.2.2.3. Les streptocoques fécaux.....	9
I.1.2.2.4. Clostridium perfringens.....	9
I.1.2.2.5. Salmonelles.....	16
.1.3. Conséquences de la pollution par les eaux usées.....	16
I.1.3.1. Conséquences sanitaires.....	16
I.1.3.2. Conséquences écologiques.....	16
I.1.3.3. Conséquences esthétiques.....	17
I.1.3.4. Les normes de rejets	19
I.1.4. Problématique des eaux usées en Algérie.....	20
I.2. Généralités sur le traitement des eaux usées.....	20
I.2.1. Historique du traitement des eaux.....	21
I.2.2. Importance du traitement des eaux	21
I.2.3. Les étapes de traitement des eaux usées.....	22
I.2.3.1. Le prétraitement des eaux.....	23
I.2.3.1.1. Le dégrillage-tamissage.....	25
I.2.3.1.2. Le dessablage.....	25
I.2.3.1.3. Le dégraissage-déshuilage.....	26
I.2.3.2. Le traitement primaire.....	28
I.2.3.3. Le traitement secondaire.....	36
I.2.3.4. Le traitement tertiaire.....	37
I.2.3.4.1. Élimination de l'azote	37
I.2.3.4.2. Élimination du phosphore	38
I.2.3.4.3. Désinfection	38
I.2.4.Le traitement des eaux usées en Algérie.....	38

II.1. Eaux usées et traitement des eaux dans la région de Bejaïa	42
II.1.1. Présentation de la ville de Bejaïa.....	42
II.1.2. Aspect environnemental.....	42
II.1.3. Système d'assainissement.....	42
II.2. Cas de la station de Sidi Ali Lebhar.....	44
II.2.1. Historique de la station.....	44
II.2.2. Localisation.....	45
II.2.3.Salle de commande.....	45
II.2.4. Dimensionnement et caractéristiques de la station.....	46
II.2.4.1. Caractéristiques générales.....	46
II.2.4.2. Conditions de traitement.....	46
II.2.4.3. Filières de traitement.....	47
II.2.4.3.1 .Arrivée de l'eau.....	47
II.2.4.3.2. Prétraitement.....	48
II.2.4.3.3.Traitement biologique par boues activées.....	52
II.2.4.3.4. Décantation secondaire.....	54
II.2.4.3.5.Recirculation des boues et évacuation des boues en excès.....	55
II.2.4.3.6.Boue en excès.....	56
II.2.4.3.7. Épaississement des boues.....	56
II.2.4.3.8.Déshydratation.....	57
II.2.4.3.9.Désinfection des eaux traitées.....	58
II.3. Méthodologie.....	59
II.3.1. Échantillonnage.....	59
II.3.1.1.Prélèvement des échantillons.....	59
II.3.1.2. Transport des échantillons.....	60
II.3.2 Analyse et mode opératoire.....	60
II.3.2.1. La Température.....	60
II.3.2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	61
II.3.2.3. Les matières en suspension (MES).....	61
II.3.2.4. Demande biochimique en oxygène(DBO ₅).....	62
II.3.2.5. La demande biologique en oxygènes (DCO).....	64
III.1.Interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques et biologiques.....	66
III.1.1.La température (T).....	66
III.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	67
III.1.3. Matières en suspension (MES)	68
III.1.4. Demande biochimique en oxygène(DBO ₅).....	71
III.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO).....	72
Conclusion Générale	73

Liste des figures

Figure I.1 Les eaux usées dans le cycle de l'eau (UN WATER, 2017).....	3
Figure I. 2: Schéma du parcours des effluents dans une STEP et sous-produits générés (Aussel et al., 2004).....	22
Figure I.3 : Schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP (Léonard, 2002).....	23
Figure I.4: Schéma d'un dé grilleur (Desmoulin, 2011-2012).....	24
Figure I. 5 Représentatif d'un dessableur-déshuileur (Degrémont, 1978).....	26
Figure I.6 : Décantation physique-chimique (Marcel et Pastor, 2013).....	27
Figure I.7 : Représentation graphique des procédés aérobie et anaérobie (Simate et al., 2011).....	29
Figure I.8 : Les différentes phases de la métabolisation anaérobie (Boeglin, 1998).....	30
Figure I.9 : Épuration biologique par boues activées (Marcel et Pastor, 2013).....	32
Figure I.10: Schéma d'un procédé lits bactériens (CNAS, 2012).....	34
Figure I.11 : Le lagunage : phénomène identique à l'autoépuration (Veolia Eau, 2008).....	35
Figure I.12: Schéma en coupe d'une station de lagunage naturel (Cemagref, 2004).....	36
Figure II.1: Localisation de la station de Sidi Ali Lebhar.....	45
Figure II.2: Salle de commande	46
Figure II.3: Dégrilleurs.....	49
Figure II.4: Séparation du sable et de la graisse.....	51
Figure II.5: Réacteur biologique (système Carrousel).....	53
Figure II.6: Présentation du clarificateur.....	54
Figure II.7 : Schéma de la recirculation des liquides et boues.....	55
Figure II.8 : Traitement des boues.....	57
Figure II.9: Transport de boue déshydratée.....	58
Figure II.10: Présentation de l'étape de désinfection.....	59
Figure II.11: Appareil multi paramètres (pH, température et conductivité).....	61
Figure II.12: La pompe à vide	62
Figure II.13: Le dessiccateur.....	62
Figure II.14: Équipe DBO système.....	63
Figure II.15 : Préparation des cuves.....	64
Figure II.16 : La mesure de la DCO.....	65
Figure III.1 : Variations mensuelles de la température des eaux brutes(E) et épurées(S).....	66
Figure III.2 : Moyenne annuelle et écart type de la température des eaux brutes.....	67
Figure III.3 : Variations mensuelles du pH des eaux brutes(E) et épurées(S).....	68
Figure III.4. Moyenne annuelle et écart type du pH des eaux brutes.....	68
Figure III.5 : Variations mensuelles des MES des eaux brutes(E) et épurées(S).....	69
Figure III.6. Moyenne annuelle et écart type de la MES des eaux brutes.....	70
Figure III.7 : Variations mensuelles de la DBO ₅ des eaux brutes(E) et épurées(S).....	71
Figure III.8. Moyenne annuelle et écart type de la DBO ₅ des eaux brutes.....	72
Figure III.9 : Variations mensuelles de la DCO des eaux brutes(E) et épurées(S).....	73
Figure III.10. Moyenne annuelle et écart type de la DCO des eaux brutes.....	73

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Échelle de valeur de DBO ₅ (Drouart et Vouillamoz, 1999).....	6
Tableau I.2 : Paramètres descriptifs d'une eau usée urbaine (Canler, 2001 ; Canler et Perret, 2004, 2007 ; Asano et al., 2007).....	11
Tableau I.3 : Classification des ERI par grandes branches industrielles avec mise en évidence de l'origine et des caractéristiques principales des rejets (suite).....	12
Tableau I.4 : Normes de rejets internationales (Baumont, 1997).....	17
Tableau I. 5 : Normes de rejets en Algérie (JORA, 2005).....	18
Tableau I. 6 : Comparaison de procédés de traitement aérobie et anaérobie (Jaiyeola and Bwapwa, 2016).....	31
Tableau I.7 : État du réseau d'assainissement de quelques wilaya (MRE, 2006)..	39
Tableau II.1 : Inventaire des centres d'assainissement de la wilaya de Bejaïa (ONA, Audit, 2017).....	43
Tableau II.2 : Les quatre (O4) stations d'épuration gérées par l'unité de Béjaïa (ONA, 2022).....	44
Tableau II.3 : dimensions du puits et grille grossières.....	47
Tableau II.4 : dimensions du puits de pompage.....	48
Tableau II.5 : Procédé de prétraitement	49
Tableau II.6 dimensions de la grille	49
Tableau II.7 dimensions du dessableur-déshuileur.....	51
Tableau II.8 dimensions du réacteur biologique.....	52
Tableau II.9 dimensions du Réacteur.....	53
Tableau II.10 : Les conditions d'opération du bassin d'aération.....	53
Tableau II.11 les caractéristiques du décanteur secondaire.....	55
Tableau II.12 : Présentation du bilan de boues.....	57
Tableau II.13 : Procédé désinfection des eaux traitées.....	58

Liste des abréviations

MTH: Maladies à transmission hydriques

STEP: Station d'épuration des eaux usées

MES: Matière en suspension

DBO₅: Demande biologique en oxygène

CO₂: Dioxyde du carbone

DCO: Demande chimique en oxygène

μS/cm: Micro siemens par centimètre

pH: Potentiel d'hydrogène

PO₄³⁻: Ions phosphates

NTK: Azote total

NO₃⁻: Les Nitrates

NO₂⁻: Ion Nitrite

EC: Eau Clarifiée

N-NH₄⁺: Azote ammoniacal

P-PO₄³⁻: Phosphore minéral

NK: Azote kjeldahl

°C: Degré Celsius

O₂/L: oxygène par litre

PT : Phosphore Total

mg/l : Milligramme par Litre

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

REUE : Réutilisation des Eaux Usées Épurées

ONA : Office National d'assainissement

ANB : Agence Nationale des Barrages

ONID: Office Nationale de l'irrigation et du drainage

OPI: Offices des Périmètres Irrigués

AGV: Acide Gras Volatils

MVS : Matière volatile sèche

Cv: Charge volumique

C_m : Charge massique

V_{BA} : Volume de bassin d'aération

Q_j : débit journalier

V₃₀ : Volume de boue obtenu après 30 minutes

VBA : Volume de Bassin d'Aération

Poly-P: poly Phosphate

ClO₂: dioxyde de chlore

KMnO₄ : permanganate de potassium

UV : ultra-violets

FeCl₃ : chlorure ferrique

AGV : acide gras volatils

Im : indice de Mohlman

EH : équivalents habitants

Introduction générale

L'eau c'est la vie, elle est indispensable à la survie de tout être vivant et est nécessaire à toutes les activités socio-économiques. Après les différents usages cette eau est dégradée et polluée et c'est d'ici que vient le terme eau usée ou résiduaire. Il ya quelques années, les eaux usées d'une municipalité étaient pour l'essentiel composées de matières facilement biodégradables, les eaux sont rejetées dans l'environnement, sans risque de perturbation de l'écosystème.

Ces dernières décennies en Algérie les activités humaines ont entraîné une augmentation notoire des besoins en eau (industrie, agriculture, eaux domestiques...) .Nous utilisons des quantités de produits chimiques, notamment les produits ménagers et cosmétiques, médicaments, carburants etc. ... C'est pourquoi, il a fallu mettre en place un système de traitement des eaux résiduaires, de plus en plus chargées en matières difficile à éliminer.

Ceci est indispensable pour la sécurité de l'écosystème et c'est même devenu le premier enjeu de la santé publique dans le monde. La gestion des eaux usées est l'un des axes de préoccupation majeur de l'Algérie pour suivre la voie du développement durable. Le traitement des eaux implique une série de procédés chimiques et biologiques dont il s'est avéré nécessaire d'effectuer la modélisation pour optimiser leurs performances et réduire les coûts de fonctionnement (Silman Sy.Papa ,2002-2003).

La lutte contre les maladies à transmission hydriques (M.T.H) et protéger le milieu récepteur est devenu une nécessité. L'Algérie a engagé un programme de réalisation de stations d'épuration depuis le début des années 80.

En vue d'étudier le principe de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées et évaluer ses performances, nous avons effectué un stage à la station d'épuration des eaux usées (STEP) Sidi Ali Lebher Bejaïa.

Notre objectif est axé sur le processus et les étapes suivies lors de l'épuration et traitement des eaux résiduaires en plus d'avoir un aperçu sur les performances de cette station.

Ce présent mémoire s'articulera essentiellement sur trois chapitres, en l'occurrence :

- Le premier chapitre englobe des généralités sur les eaux usées et leurs traitements ;
- Le deuxième chapitre concerne la description et l'étude expérimentale de la station de Sidi Ali Lebher (Bejaïa) ;
- Le troisième chapitre est réservé à l'interprétation et discussion des résultats ;
- Une conclusion générale est donnée à la fin de ce mémoire, et fait ressortir l'essentiel des aboutissements de cette étude.

I.1. Généralités sur les eaux usées

I.1.1. Origine et composition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux chargées en éléments polluants toxiques qui résultent de l'activité humaine. Il s'agit principalement des eaux usées ménagères, industrielles mais elles peuvent aussi avoir une origine agricole, artisanale ou autre. Ces effluents parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Dugniolle, 1980). Elles représentent une composante importante du cycle de l'eau (Figure I.1).

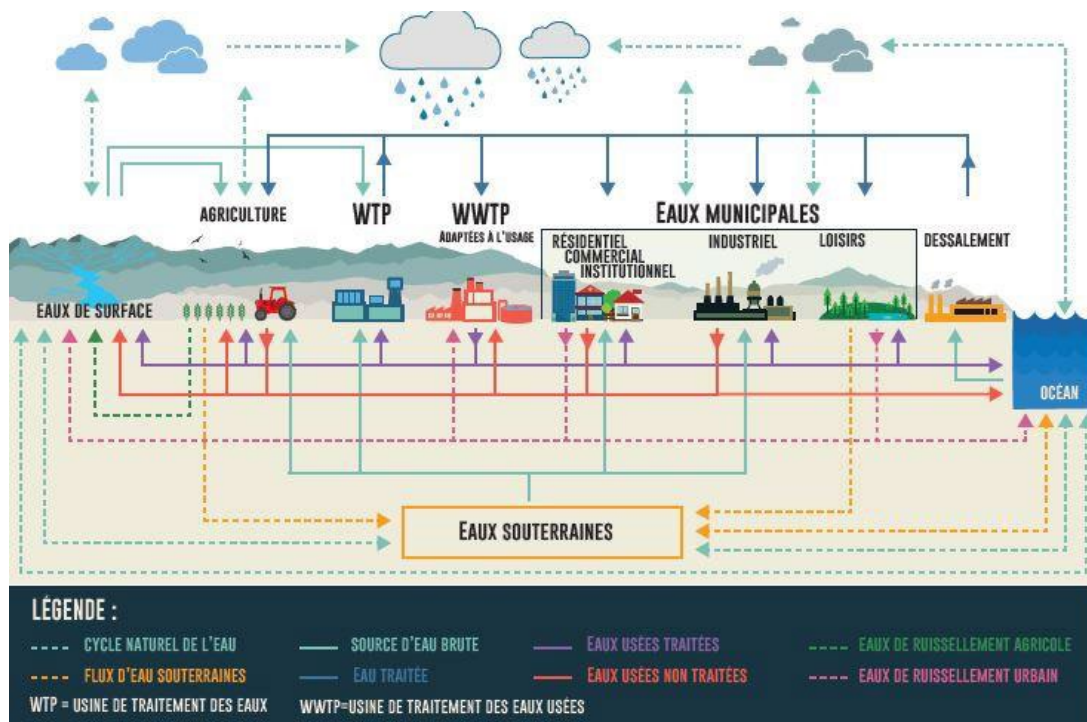


Figure I.1 Les eaux usées dans le cycle de l'eau (UN WATER, 2017).

I. 1.1.1. Origine domestique

Elles sont issues de l'utilisation de l'eau potable dans la majorité des cas pour satisfaire les usages ménagers. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage de légumes, substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents et des eaux de buanderie et de salles de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle (matières grasses hydrocarbonées). Sans oublier les eaux qui

proviennent des sanitaires (WC) très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en micro-organismes (Baumont et al., 2005).

I.1.1.2. Origine industrielle

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés (Rodier et al. 2005). Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques.

Selon leurs origines industrielles, elles peuvent également contenir des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage), des hydrocarbures (raffineries), des métaux (traitements de surface, métallurgie), des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses, tanneries), de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ; des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs...) (Kochtcheeva and Singh, 2000).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration (Brisou, 1989).

Selon le dernier rapport de l'agence des nations unies chargée des questions de l'eau (UNWATER, 2017), l'industrie est l'activité humaine qui génère le plus d'eaux usées. La composition et la concentration des effluents industriels sont extrêmement variables suivant le type d'industrie (Shi, 2000). Ainsi, chaque opération industrielle génère des quantités et qualités spécifiques d'eaux usées pouvant contenir des charges considérables de polluants (More et al., 2012).

I.1.1.3. Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates (sous une forme ionique ou en

quantité tels 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. (Grosclaude, 1999).

I.1.1.4. Origine pluviale

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forme après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de la pluie par deux mécanismes :

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

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques avec des métaux lourds et des éléments toxiques (plomb, zinc, mercure, arsenic ...etc.) et hydrocarbures provenant de la circulation automobile (Rejesk, 2002).

I.1.2. Caractéristiques des eaux usées

Elles sont caractérisées en fonction de leur composition physique, chimique et biologique. Selon le niveau des polluants et les réglementations locales, on utilise un traitement physico-chimique et biologique. La plupart du temps, on combine les trois traitements pour obtenir la meilleure qualité d'eau. Les caractéristiques des eaux usées varient considérablement d'une industrie à une autre. Par conséquent, les caractéristiques particulières déterminent les techniques de traitement à utiliser pour répondre aux exigences en matière de conformité. En raison du grand nombre de matières polluantes, les caractéristiques ne sont pas prises en compte pour chaque substance. Ces dernières peuvent être classées en quatre groupes à savoir: les microorganismes, les matières en suspension (MES), les éléments minéraux ou organiques ainsi les substances nutritives.

I.1.2.1. Les paramètres physico-chimiques

I.1.2.1.1. La toxicité

Le monde industriel est de plus en plus confronté au problème du contrôle des émissions des substances toxiques dans l'environnement, particulièrement sous forme d'effluents liquides (Forstner et Wittman, 1983). Cependant la complexité du problème résulte dans la diversité des sources de rejets, leur quantité et leur composition (Crine,1993) .

I.1.2.1.2. La demande biologique en oxygène (DBO₅)

C'est la quantité d'oxygène que les bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO₂ les substances organiques dans l'eau, en un temps donné à l'aide de leur système enzymatique (Bliffert et Perraud, 2001).

La demande biochimique en oxygène est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Par convention, la DBO₅ est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à 20 °C (Eckenfelder, 1982). Le tableau I.1 représente l'échelle de valeur de la DBO₅ dans les différents types d'eau.

Tableau I.1 : Échelle de valeur de DBO₅ (Drouart et Vouillamoz, 1999).

Type de l'eau	DBO ₅
Eau naturelle pure et vive	< 1
Rivière légèrement polluée	1-3
Égout	100-400
Rejet de station d'épuration	20-40

I.1.2.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La(DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau est oxydables dans les conditions opératoires bien définies (Rodier, 2009).

Elle est d'autant plus élevée qu'il ya des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables présentes dans l'eau usée. La DCO est mesurée mg O₂/L (Taradat et Henry, 1992).

Vu la simplicité de mesurer la DCO et sa précision il s'est avéré nécessaire de développer des corrections entre la DBO₅ et la DCO ainsi le rapport DCO/DBO₅ des eaux urbaines qui est proche de 2, le rapport DCO/DBO₅ des effluents domestiques varie entre 1,9 à 2,5 (Gomella et Guerré, 1978).

I.1.2.1.4. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdale, donc retenues par un filtre. Les MES, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (Satin et Selmi, 2006).

I.1.2.1.5. La turbidité

Elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc...(Rodier, 2009).

I.1.2.1.6. La température

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais qui devrait être plus souvent mesuré car il régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau. Quand la température augmente, l'oxygène dissous diminue. Elle influe également sur la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables de certaines maladies et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxiques (Bountoux, 1993).

I.1.2.1.7. Le Potentiel d'hydrogène

Le potentiel d'hydrogène (pH) est un indicateur de l'acidité ($\text{pH} < 7$), de la basicité ($\text{pH} > 7$) ou de la neutralité ($\text{pH} = 7$) d'un milieu. Le pH influence les conditions de vie biologique, il varie de 0 à 14. Pour les effluents industriels, la législation en vigueur admet un pH qui varie de 5,5 à 8,5, car un $\text{pH} < 4,5$ ou > 8 , l'épuration biologique d'une station de traitement des eaux usées est compromise, il faut le neutraliser. Pour les effluents domestiques, il est généralement voisin de la neutralité (Veolia Eau, 2008).

I.1.2.1.8. La conductivité

La conductivité est un indicateur de la concentration totale des sels dissous dans l'effluent. Parallèlement à la conductivité de l'eau potable, elle permet de déterminer rapidement si des apports importants, en particulier industriels, aussi d'eaux parasites de milieu marin ont lieu dans le réseau d'assainissement. Elle est exprimée en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Bourrier et al., 2017).

I.1.2.1.9. Les composés phosphorés (PO_4^{3-})

C'est la quantité du phosphore total contenu dans l'eau sous forme polyphosphates organophosphates et orthophosphates. Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique d'où l'obligation de sa détermination (Martin, 1987).

I.1.2.1.10. Les composées azotées

Ils sont sous forme de l'azote total (NTK). Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation donc sa caractérisation et sa qualification sont primordiales pour le rejet des liquides dans le milieu naturel (Deronzier et al., 2001).

I.1.2.2. Les paramètres biologiques

Ils font référence à la présence et la quantité des organismes biologiques pathogènes, principalement l'*Escherichia Coli*, les streptocoques, les salmonelles, les bactéries, les virus, les protozoaires, les champignons, les amibes et les parasites. Ces paramètres doivent être pris en compte et éliminés, afin d'assurer la désinfection des eaux et limiter ainsi le danger pour la santé publique (Albert, 2013).

I.1.2.2.1. Coliformes totaux

Les Coliformes totaux sont des bâtonnets anaérobies facultatifs, gram (-) non sporulant, ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48h à des températures de 35 à 37 °C. Ils regroupent les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yérsinia*, *serratia*, *Rahnella*, *Buttiauxella*. La recherche et le dénombrement de l'ensemble des Coliformes totaux, sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital, pour la vérification de l'efficacité d'un traitement d'un désinfectant mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (Rodier et al., 2009).

I.1.2.2.2. Coliformes fécaux

Les Coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (EC) et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres, *citrobacter*, *enterobacter* (El.mund et al., 1999).

La bactérie E- Coli représente toutefois à 90% des coliformes thermo tolérants détectés. D'autres proviennent d'eau enrichie en matières organiques, tels que les effluents industriels du secteur des pâtes, ou de la transformation alimentaire (Berth et al., 1988).

I.1.2.2.3. Les streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, sont des cocci généralement disposées en diplocoques ou en courtes chaînes, à gram négatif, à sporulantes, immobiles, aérobies facultatifs. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. On peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et l'insecte (Sandquist et Papadakis, 1982).

I.1.2.2.4. Clostridium perfringens

Les Clostridium perfringens sont des bâtonnets anaérobies, gram (+), sporulants et qui réduisent les sulfites en sulfures en 24 à 48heures.

Elles sont employées comme indicateurs dans l'étude des pollutions littorales pour un certain nombre de raisons (PNUE/OMS, 1977) et se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine et ne se multiplient pas dans les sédiments. Mais elles survivent dans ces derniers, ce qui permet de déceler une ancienne pollution ou intermittente (Rodier et al., 1996).

I.1.2.2.5. Salmonelles

Elles appartiennent à la famille d'enterobacteriaceae et sont des bâtonnets mobiles, gram (-), aérobies et facultativement anaérobies et fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais ne fermentent pas le saccharose.

Elles réduisent le sulfite en sulfure et décarboxylent la lysine et se retrouvent dans les excréments de porteurs sains et malades d'animaux ou d'hommes.

Les salmonelles sont peut-être la cause la plus fréquente d'infections des êtres humains par des organismes pathogènes à hôte animal (PNUE/OMS, 1977).

Dans le milieu marin, les exutoires d'eaux usées constituent la principale source de pollution par les salmonelles (Leclerc et al., 1995).

Ces différents composants des eaux usées devront être pris en compte pour leur traitement ou pour leur réutilisation éventuelle. Les paramètres relatifs à la description d'une eau usée urbaine interviennent dans l'évaluation de la qualité de l'eau, notamment d'un point de vue des risques sanitaires et écologiques. Les traitements devront répondre aux normes en vigueur pour chacun des paramètres indiqués dans le tableau I.2.

Tableau I.2 : Paramètres descriptifs d'une eau usée urbaine (Canler, 2001 ; Canler et Perret, 2004, 2007 ; Asano et al., 2007).

Paramètre	Signification	Valeur
pH	Potentiel Hydrogène	~8
Conductivité	Activité ionique de milieu	1 100 μ S/cm
DCO	Demande chimique en Oxygène	750 mg/l
DBO ₅	Demande biochimique en Oxygène à 5 jours	350 mg/l
MES	Matières En Suspension	300 mg/l
Lipides	Graisses	100 mg/l
NK	Azote kjeldahl = azote organique + azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺	80 mg/l
N-NH ₄ ⁺	azote ammoniacal	60 mg/l
PT	Phosphore Total = phosphore organique + minéral	20 mg/l
P-PO ₄ ³⁻	Phosphore minéral (sous forme d'orthophosphates)	18 mg/l
Coliformes totaux	Microbiologie de l'eau usée	10 ⁹ UFC / 100ml
Coliformes fécaux		10 ⁹ UFC / 100ml
Kystes et oocystes de protozoaires		10 ⁵ kystes/l
Œufs d'helminthes		10 ⁴ œufs/l
Virus		10 ⁵ UFP/l

On peut classer les eaux résiduaires industrielles par branche et mettre en évidence les caractéristiques de rejets comme c'est indiqué dans le tableau I.3.

Tableau I.3 : Classification des ERI par grandes branches industrielles avec mise en évidence de l'origine et des caractéristiques principales des rejets

Branches industrielles, fabrications	Origine des principaux effluents polluants	Caractéristiques principales des rejets
Industries agricoles et alimentaires		
Conserves de légumes et fruits, industrie de la pomme de terre	Nettoyage, pressage, blanchissage et étuvage de fruits et légumes	Teneur élevée en MES, matières organiques dissoutes, pH parfois alcalin, amidon
Conserves de viande et salaisons	Parc, abattoirs, traitement du cinquième quartier, condensats, graisses et eaux de lavage	Forte concentration en matières organiques dissoutes et en suspension (sang, protéines) graisses, NaCl
Aliments pour le bétail	Rejets de centrifugation, de presse, rejets d'évaporation et résidus d'eaux de lavage	Pollution organique très élevée, biodégradable, odeurs, solvants.
Laiteries	Dilutions de lait entier, de lait écrémé, de beurre, de sérum	Forte concentration en matières organiques dissoutes principalement protéines, lactose, graisses
Sucreries	Lavage et transport des betteraves, diffusion, transport d'écumes, condensats d'évaporation, régénérations d'échangeurs d'ions	Forte concentration en matières organiques dissoutes et en suspension (sucres et protéines), NH ₃
Brasseries et distilleries	Trempe et pressage du grain, résidus de distillation d'alcools, condensats d'évaporation	Teneur élevée en matières organiques dissoutes contenant du sucre et de l'amidon fermenté
Levureries	Résidus de filtration de levures	Teneur élevée en matières sèches (surtout organiques), acidité forte
Huileries, margarineries	Extraction raffinage	Matières grasses, acidité et salinité fortes, teneur élevée en matières organiques
Aliments déshydratés et concentrés	Lyophilisation, procédés divers, extraits, etc.	Matières en suspension et coloration élevées, matières grasses et huiles diverses
Boissons non alcoolisées	Lavage de bouteilles, nettoyage du plancher et du matériel, rejet des bacs de stockage de sirop	Alcalinité élevée, teneur en matières en-suspension, détergents, DBO
Industries chimiques et de synthèse		
Produits phosphatés, acide phosphorique, en grais phosphatés	Lavage, dégrillage et flottation du minerai, superphosphates	Argiles, limons et huiles, faible pH, teneur élevée en matières en suspension et produits siliceux et fluorés
Colorants de synthèse	Colorants aniliques et nitrés	Eaux fortement acides, phénols, dérivés nitrés, DCO élevés
Caoutchouc et polymères de synthèse	Lavage du latex, caoutchouc coagulé, élimination des impuretés du caoutchouc brut et des produits de formulation	Teneur élevée en matière en suspension, pH variable, teneur élevée en chlorures et DCO

Insecticides et pesticides	Produits de lavage et de purification	Teneur élevée en matières organiques, benzène, toxiques pour les bactéries et les poissons, acides
Raffinerie et pétrochimie	Eaux de procédé, dessalage, steam cracking, cracking catalytique, eaux des aires de manutention et de stockage	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques plus ou moins émulsifiés, sulfures, matières en suspension, peu de DBO ₅ au feaux de procédé phénolées
Explosifs	Lavage de trinitrotoluène(TNT) et de coton-poudre pour purification	Couleur, acides, odeurs, teneur en acides organiques, en alcools et dérivés cellulosiques, forte DCO
Synthèses organiques diverses	Composés chloroacétyléniques, alcools, aldéhydes, esters	Alcalinité ou acidité élevée, forte teneur en matières organiques

Tableau I.3 : Classification des ERI par grandes branches industrielles avec mise en évidence de l'origine et des caractéristiques principales des rejets (suite)		
Branches industrielles, fabrications	Origine des principaux effluents polluants	Caractéristiques principales des rejets
Produits photographiques	Solutions usées de révélateurs et de fixateurs	Alcalinité, différents agents réducteurs organiques et minéraux, éléments toxiques
Industrie papetière		
Pâte papier	Cuisson, blanchiment, lavage de fibres, raffinage de la pâte	Pollution organique élevée, couleur, teneur élevée en matières en suspension, colloïdales et dissoutes, sulfites, pH variable
Papiers et cartons	Opérations de fabrication sur machine, dosage, mélange	Eaux blanches et organiques, fibres, alumine, titane, kaolin, baryte, pigments, latex, sels de mercure
Industrie textile		
Blanchisserie	Lavage de tissus	Teneur élevée en alcalinité et en matières organiques; détergents
Fabrication des fibres	Fibres synthétiques, viscose, polyamides, polyesters, vinyliques	Présence de solvants, produits d'enzymage, colorants, eaux neutres chargées de matières organiques
Préparation des fibres	Lavage, débouillissage, blanchiment, teinture, impression et apprêt, peignage de la laine	Matières en suspension élevées ou moyennes, eaux alcalines ou acides, matières organiques (DCO) très élevées et variables, colorants, produits chimiques, réducteurs ou oxydants: parfois sulfures, graisse, suint
Industries diverses		
Industries du cuir, tanneries	Reverdissage, pelanage, trempage, délainage, picklage des peaux. Bains de tannage et de teinture	Teneurs élevées en matières sèches totales, dureté, sels, sulfures, chrome, chaux précipitée et matières organiques
Industrie automobile	Préparation surfaces métalliques, finition peinture	Matières en suspension, huiles, hydrocarbures, produits organiques non biodégradables, métaux, DCO
Industrie mécanique	Usinage, rectification, polissage, ponçage	Graisses, huiles, produits d'abrasion, huiles solubles, eaux neutres
Traitement de surfaces métalliques	Décapage, phosphatation, revêtements électrolytiques, anodisation, peinture, électrophorèse	Eaux acides ou alcalines, chromatées, cyanurées, fluorées, chargées de produits d'attaque, (Fe, Cu, Al,) pigments, tensio-actifs

Verre et miroiterie	Polissage et nettoyage du verre, bains d'argenture	Couleur rouge, matières en suspension alcalines non décantables. Argent
Énergie nucléaire et matières radioactives	Industrie du minerai, nettoyage de vêtements contaminés, rejets des laboratoires de recherche, fabrication du combustible, eaux de refroidissement	Éléments radioactifs qui peuvent être très acides et «chauds»
Électronique	Traitement du verre. Élaboration de composants électroniques et des magnétites	Acides, acide fluorhydrique, chlorure ferrique, matières en suspension, fer, ferrites
Sidérurgie	Lavage de gaz de hauts-fourneaux, eaux de granulation de laitier	Eaux neutres chargées en cyanures et/ou en sulfures
Industrie du charbon	Nettoyage et triage du charbon, cokéfaction, carbochimie	Teneur élevée en matières en suspension (charbon), phénols, liqueurs ammoniacales, cyanures...
Hydrométallurgie (aluminium, zinc, plomb)	Caustification de la bauxite. Électrolyse. Lixiviation de la blende	Eaux alcalines ou acides. Présence de fluor, de métaux

I.1.3. Conséquences de la pollution par les eaux usées

I.1.3.1. Conséquences sanitaires

Les maladies d'origine hydrique tuent, encore aujourd'hui, des millions de personnes dans le monde (Bernard, 1994). Il peut s'agir, de pathologies liées à l'absorption d'eau polluée, vecteur d'épidémies microbiologiques ou de produits toxiques, ou de pathologies liées à un simple contact avec le milieu aquatique (ce qui est le cas de nombreuses parasitoses), (Ramade, 2002).

I.1.3.2. Conséquences écologiques

Comme tout milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre. «D'autoépuration» (Bliefert et Perraud, 2001). Cependant, lorsque l'apport des substances indésirables est trop important et que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures. Elles se traduisent principalement par :

- Une modification physique du milieu récepteur qui se traduit par une augmentation de la turbidité et de la température de l'eau, une modification de la salinité.
- Une diminution de la teneur en oxygène dissous, plus la pollution organique est forte, plus le milieu concerné s'appauvrit en oxygène (Koller, 2004). Ceci accroît les risques d'absorption de quantités mortelles de tel ou tel polluant chimique, par les animaux aquatiques (Ramade, 2002).

I.1.3.3. Conséquences esthétiques

La pollution de l'eau peut avoir un effet de perturbation de l'image d'un milieu (par exemple les sachets ou bouteilles plastiques rejetées dans un marigot ou encore la couleur noirâtre de certaines eaux usées). Les conséquences esthétiques sont par définition les plus perceptibles, et c'est donc celles dans les riverains et le grand public auront, en premier, conscience (Gaujous, 1995).

I.1.3.4. Les normes de rejets

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de lois. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) pour les eaux usées sont illustrées dans le tableau I.4.

Tableau I.4 : Normes de rejets internationales (Baumont, 1997).

Caractéristiques	Unité	Normes utilisées (OMS)
pH	-	6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	< 30
DCO	mg/l	< 90
MES	mg/l	< 20
NH ⁺ ₄	mg/l	< 0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	< 1
P ₂ O ₅	mg/l	< 2
Température	°C	< 30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

Le tableau I.5 montre les normes de rejets en Algérie selon le journal officiel de la république algérienne (JORA).

Tableau I. 5 : Normes de rejets en Algérie (JORA, 2005)

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	2.0
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0.1
Aluminium	mg/l	3.0
Cadmium	mg/l	0.2
Fer	mg/l	3.0
Manganèse	mg/l	1.0
Mercure total	mg/l	0.01
Nickel total	mg/l	0.5
Plomb total	mg/l	0.5
Cuivre total	mg/l	0.5
Zinc total	mg/l	3.0
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0.3
Composés organiques chlorés	mg/l	5.0
Chrome total	mg/l	0.5
(*) Chrome III +	mg/l	3.0
(*) Chrome VI +	mg/l	0.1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1.0
(*) Détergents	mg/l	2.0
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

I.1.4. Problématique des eaux usées en Algérie

L'accroissement de la population a engendré un volume important de rejet eaux usées, qui doit se traduire par une épuration et une fois épuré, pour des considérations écologiques ou de la protection des ressources en eau sera très apprécié quant à son utilisation pour l'agriculture ou l'industrie. La stratégie du ministère des ressources en eau dans le domaine de l'épuration est basée sur la protection de la ressource hydrique, l'éradication des fausses septiques, le confort et le bien-être des citoyens. La stratégie vise aussi la protection du littoral conformément à la convention de Barcelone et la réutilisation des eaux usées épurées, notamment à des fins agricoles. Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 1062 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020, seul 365 millions de m³ sont épurées. Donc il faut prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation des installations d'épuration (ONA, 2015).

- Situation actuelle (exploitation) :

Nombre de station d'épuration : 102 (52 STEP+ 50 lagunes)

- Situation du programme en cours de réalisation :

Nombre de station d'épuration : 176 (87 STEP+ 89 lagunes)

La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme est de 925 millions de m³/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité.

Sur le nombre de stations d'épuration (STEP) en exploitation à travers le pays, 17 STEP sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture 12 000 ha de superficie agricole, il s'agit des STEP suivantes :

- Kouinine (El Oued), Ouargla, Guelma, Boumerdès, Souk Ahras, Ghriss, Tlemcen, Mascara, Bouhnifia, Hacine, Oued Taria, Hachem, Sehaouria, Tizi Ouzou, Mohammadia, Ain Hadjar et Bordj Bou Arreridj.

A la fin 2014, le volume réutilisé est estimé à 20 millions m³ /an.

Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative d'environ 20 million m³ en 2014 à environ 40 millions m³ en 2019, et le nombre de stations concernées par la réutilisation des eaux usées épurées (REUE) sera de 26 STEP à l'horizon 2019, pour l'irrigation de plus de 13 000 hectares de terres agricoles, parmi ces projets : Chelghoum Laïd, Ouargla, Saïda, Tiaret, Chlef, Sétif, Médéa, Sidi Bel Abbès et Ain Defla. (ONA, 2015).

Il convient de signaler que la majeure partie de STEP abordées dans ces statistiques sont celles qui fonctionnent à boues activées. Ce procédé donne des rendements assez spectaculaires par rapport à d'autres. L'assainissement en Algérie a toujours fait partie des missions relevant du domaine de l'hydraulique. Il a été considéré comme le parent pauvre des investissements des secteurs des ressources en eau. Durant les trois premières décennies après l'indépendance les systèmes d'assainissement hérités de la période coloniale étaient basés sur les égouts qui débouchaient sur les oueds pour en finir en mer, engendrant ainsi la pollution de l'eau et du littoral. Cette situation a changé à la suite de la création d'une direction de la gestion de l'assainissement et de la protection de l'environnement. Pour une meilleure prise en charge du potentiel d'eaux usées, l'Algérie a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration (Kessira, 2013).

I.2. Généralités sur le traitement des eaux usées

I.2.1. Historique du traitement des eaux

Historiquement, l'assainissement en Algérie a toujours fait partie du domaine de l'hydraulique et sa gestion est indissociable de l'alimentation en eau potable, il a été pendant longtemps un problème secondaire. L'assainissement était rarement considéré sous sa dimension environnementale. Après l'indépendance, l'amélioration des conditions d'hygiène aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural, exigeait un développement important des réseaux d'assainissement pour rattraper les retards dans ce domaine. Toutes les missions relatives à l'hydraulique sont regroupées au niveau d'un seul département ministériel : le secrétariat d'état à l'hydraulique entre 1970 et 1977. Le ministère de l'hydraulique de la mise en valeur des terres et de l'environnement entre 1978 et 1980, le ministère de l'hydraulique entre 1980 et 1984. Le ministère de l'environnement et des forêts entre 1984 et 1989 et le ministère des ressources en eau jusqu'à ce jour. Cette période est marquée par la création des directions de l'hydraulique de wilaya et d'entreprises d'études et de réalisation. La création de l'agence nationale des barrages (ANB), l'agence nationale de l'eau potable et de l'assainissement (AGEP) et l'office nationale de l'irrigation et du drainage (ONID). Ils ont créé aussi des offices des périmètres irrigués (OPI). L'objectif déclaré des autorités est de comptabiliser 239 stations d'épuration des eaux usées (STEP) en 2014 correspondant à une capacité de 1,2 milliards de m³ par an d'eaux usées épurées. Le recours croissant à cette ressource d'eau non conventionnelle constitue une incitation supplémentaire pour améliorer les capacités d'épuration des eaux usées et augmenter le taux de raccordement des particuliers au réseau

d'assainissement. Les priorités pour les autorités portent sur la définition précise des usages de cette ressource, sur la capacité des STEP et du réseau de transport d'eau épurée à répondre aux besoins hydrauliques et sur l'acceptation par les usagers de réutiliser des eaux usées traitées. Les questions relatives au traitement et à la réutilisation des eaux usées sont en prise directe avec celles du développement durable et indiquent que les enjeux autour de la qualité et de la quantité des ressources en eau sont liés entre eux, puisque les rejets (nitrates, phosphates, etc....) dans l'environnement (Mozas et Ghosn 2013).

I.2.2. Importance du traitement des eaux

Le traitement des eaux usées consiste à réduire la pollution présente dans l'eau. Cette pollution résulte d'activité humaine à travers d'une utilisation domestique ou dans les réseaux industriels. Le traitement des eaux usées sert à s'assurer de sa qualité. L'eau traitée, considérée comme " eau propre", va être utilisée dans les activités humaines ou rejetée en milieu naturel. Ces milieux peuvent être de différentes natures : rivières, mers, lacs etc...

Il est important de ne pas rejeter de matières nuisibles, pour ces raisons, l'homme a créé des procédés d'épuration dans le but essentiel est l'élimination des charges microbiennes et en particulier les micro-organismes pathogènes, ce qui n'altère pas l'eau du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène public. On ne doit pas aussi porter atteinte aux intérêts et activités tels que l'alimentation en eau des êtres vivants et les intérêts piscicoles ayant notamment une valeur de test à l'égard des pollutions (Boudez, 2001).

I.2.3. Les étapes de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées comprend différentes étapes successives. Si les procédés diffèrent légèrement selon la station d'épuration en fonction de l'année de mise en service, de la sensibilité du milieu récepteur ou des contraintes d'implantation de la station.

Les principes généraux d'épuration demeurent les mêmes et les ouvrages sont ordonnés selon un ordre qui varie peu. Ces grandes étapes sont : prétraitement, traitements primaires, secondaires, tertiaires.

- Les pollutions grossières sont soumises à des prétraitements (procédés physiques).
- Les pollutions particulières sont éliminées lors de traitements primaires (physique ou physico- chimique).
- Les pollutions dissoutes sont dégradées par des traitements secondaires.
- Un affinage est parfois réalisé par le biais de traitement tertiaire (Marcel et Pastor, 2013).

Il est cependant possible de proposer une classification générale de procédés de base, par les étapes les plus courantes du traitement dans une station d'épuration (Figure I. 2).

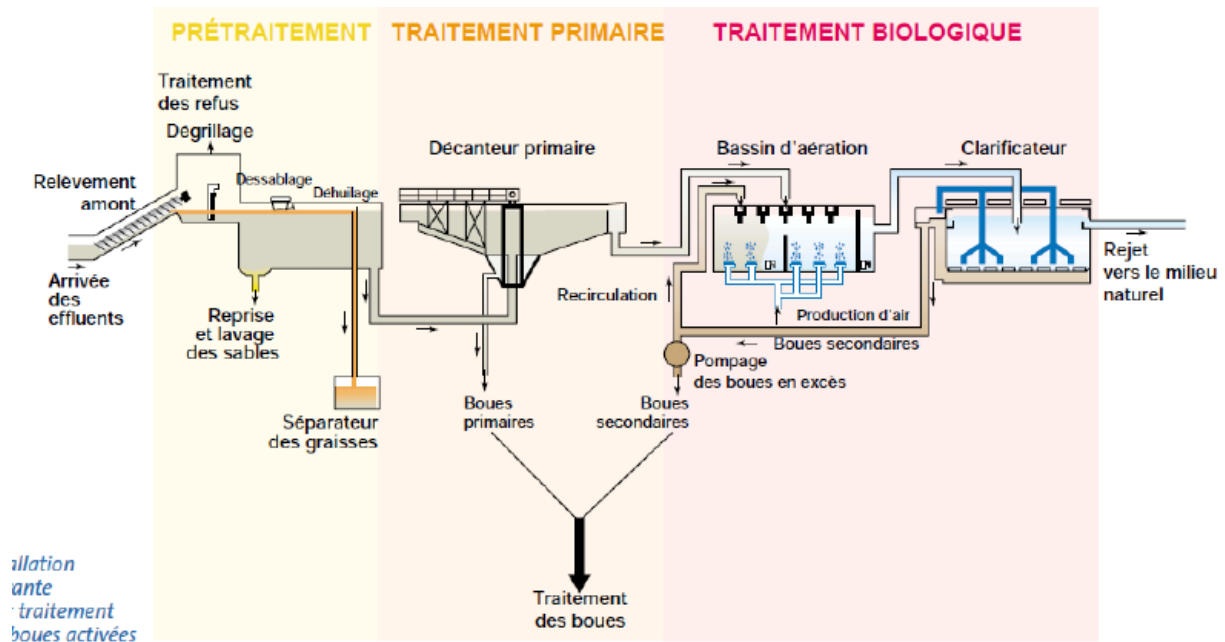


Figure I. 2: Schéma du parcours des effluents dans une STEP et sous-produits générés (Aussel et al., 2004).

I.2.3.1. Le prétraitement des eaux

Avant l'arrivée des eaux brutes dans la station d'épuration les collecteurs des eaux usées charrient des matières très hétérogènes, et souvent grossières. Les eaux qui arrivent à la station vont subir des traitements de dégrossissage nommés prétraitement (Jardé, 2005).

Ceci permettra de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (déshuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des "pompes dilacératrices". Cette opération facilite leur dispersion (Desjardins, 1997).

L'étape de dessablage vient ensuite débarrasser les eaux usées de sable et graviers par sédimentation. Les matériaux récupérés sont alors lavés puis réutilisés ou envoyés en décharge. Une étape de dégraissage appelée aussi déshuilage vient parachever ces prétraitements. Elle consiste à racler les particules grasses se trouvant en surface des eaux naturellement ou par flottation par l'injection d'air au fond de l'ouvrage (Karia et Christian, 2003).

La figure qui suit (Figure I.3) illustre une synthèse des étapes de prétraitement.

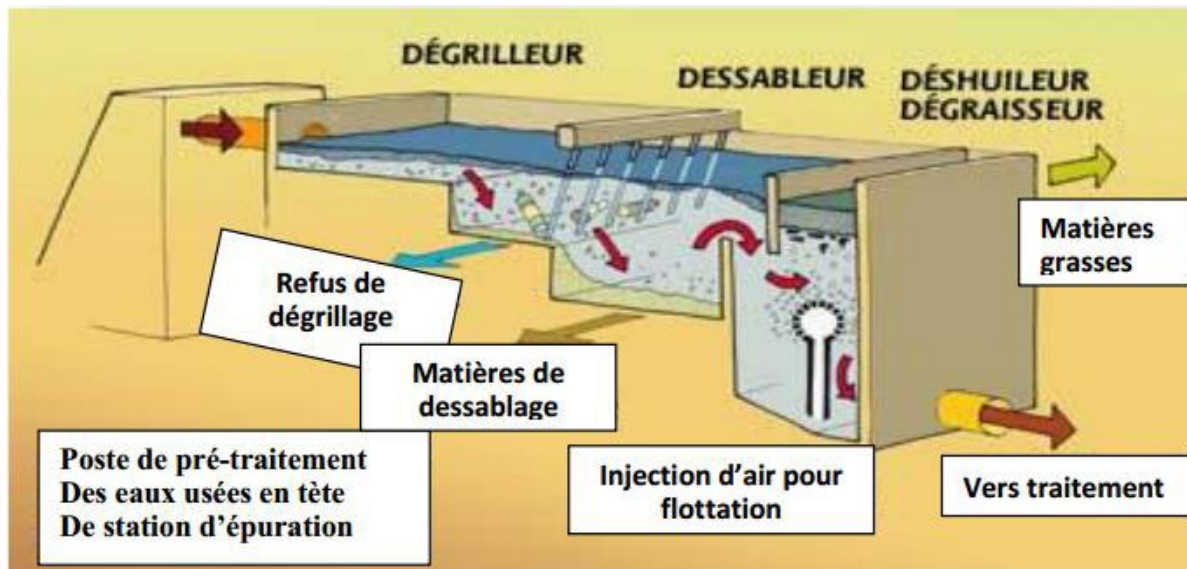


Figure I.3 : Schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP (Léonard, 2002).

I.2.3.1.1. Le dégrillage-tamissage

Cette opération consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille. On retire ainsi de l'eau les fragments de dimension supérieure à l'écartement de la grille. Le dégrillage permet de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Il rend également plus efficace les traitements suivants car ils ne sont pas gênés par ces matières grossières.

Le dégrillage est classé en trois catégories selon l'écartement entre barreaux de grille (Figure I.4)

- Le pré-dégrillage, pour un écartement $e = 30$ à 100 mm.
- Le dégrillage moyen, pour un écartement $e = 10$ à 30 mm.
- Le dégrillage fin, pour un écartement inférieur à 10 mm.

Les grilles peuvent être verticales mais elles sont le plus souvent inclinées de 60° à 80° sur l'horizontal (Deshayes, 2007-2008).

▪ Les différents types des grilles

Grilles manuelles : elles sont composées de barreaux droits de section circulaire ou rectangulaire, généralement inclinées sur l'horizontale (60° à 80°), parfois mobiles (sur

glissière ou pivotantes pour faciliter le nettoyage du canal d'un by-pass destiné à éviter les débordements en cas d'obstruction.

Ces grilles sont généralement réservées aux très petites installations d'épuration. Le nettoyage s'effectue manuellement à l'aide d'un râteau. Ce nettoyage quotidien, nécessitant parfois plusieurs interventions de l'exploitant dans la journée est une opération indispensable au bon fonctionnement de l'installation. Ces interventions induisent un surcoût d'exploitation (Bourrier, 2010).

Grilles mécaniques : elles sont indispensables à partir d'une certaine taille de station d'épuration, voir sur désinstallations de faible importante afin de réduire les interventions manuelles de nettoyage. Ces grilles sont à fonctionnement automatique par horloge électrique. Parmi celles-ci, on distingue grilles à nettoyage par l'amont et celles à nettoyage par l'aval (Bourrier, 2010).

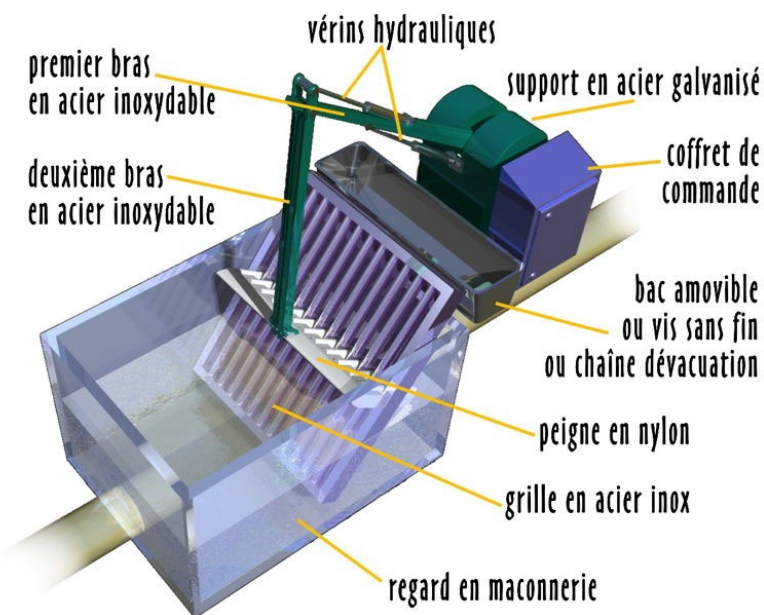


Figure I.4: Schéma d'un dé grilleur (Desmoulins, 2011-2012).

En épuration, le tamisage est une opération préconisée sur les effluents industriels chargés en matières en suspension (abattoirs, conserveries, etc....) avant leur traitement ou leur rejet dans le réseau.

Trois principales fonctions du tamisage peuvent être motionnées :

- La récupération de déchets utilisables.
- La protection de canalisations ou de pompes (évitant l'obstruction).
- La limitation des risques de dépôts et de fermentations (Satin et Selmi, 2006).

I.2.3.1.2. Le dessablage

Le dessablage, a pour but d'extraire des eaux brutes, les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les étapes des traitements suivants (Degremont, 1978).

I.2.3.1.3. Le dégraissage-déshuilage

Même en milieu urbain, des graisses et des huiles, en provenance des industries et des artisanats alimentaires, des restaurants, des garages, des chaussées sont susceptibles de gagner le réseau, malgré les prescriptions imposant fréquemment leur retenue à la source. Le problème est plus important encore avec les effluents d'industries alimentaires (conserveries de viande, etc....), d'autant plus que l'effluent chaud laisse déposer la graisse au fur à mesure de son refroidissement dans la chaîne de traitement. Les inconvénients des graisses et huiles sont notamment :

- Envahissement des décanteurs et diminution des capacités d'oxygénation des installations des traitements biologiques.
- Mauvaise sédimentation des boues dans le clarificateur.
- Bouchage des canalisations et des pompes.
- Acidification du milieu dans le digesteur anaérobie.
- Pour qu'un dégraissage soit efficace, il faut que la température de l'eau soit inférieure à 30°C.

On remarque le plus souvent, que les deux traitements physiques précédents, dessablage et déshuilage (Figure I. 5) s'effectuent dans un seul et unique ouvrage de traitement qui est le dessableur-déshuileur. Il élimine les huiles et graisses en surface et les matières décantables en profondeur (Boutin, 2010).

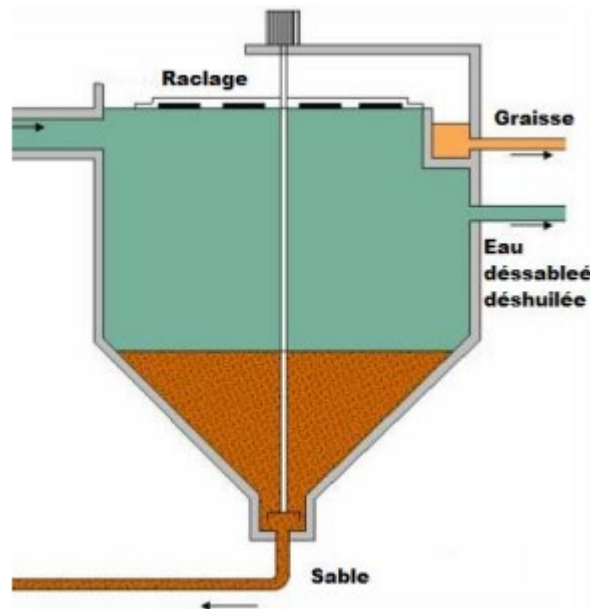


Figure I. 5 Représentatif d'un dessableur-déshuileur (Degrémont, 1978).

I.2.3.2. Le traitement primaire

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension que ce traitement va permettre d'éliminer en partie. La nature (organique ou minérale), les dimensions (particules grossières non piégées lors des étapes de prétraitements, finement dispersées ou à l'état colloïdal) et la densité de ces particules sont très variables. Le traitement primaire correspond à une étape gravitaire qui permet d'isoler par décantation les particules décantables. Les eaux vont traverser les bassins décanteurs. À faible vitesse pour que les matières en suspension puissent sédimenter. Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques, avec filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation (Cardot, 1999).

○ Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin.

Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire provoquer la neutralisation de leurs charges électriques superficielles et faciliter l'agglomération de ces particules, pour former un flocon volumineux décantable, appelé floc. La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration (Desjardins, 1990).

○ La décantation

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les stations d'épuration et de traitement des eaux (Desjardins, 1990). Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (Vilagines, 2003).

Les matières solides se déposent par gravitation au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues "primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire (Figure I.6) permet d'accroître le rendement de la décantation. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (Degrémont, 1978).

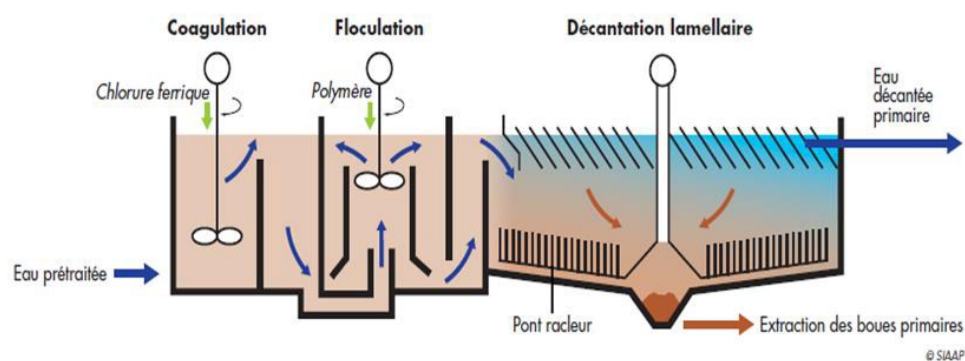


Figure I.6 : Décantation physique-chimique (Marcel et Pastor, 2013).

Divers types de matières décantables sont à distinguer :

-Les particules grenues décantent indépendamment les unes des autres avec chacune une vitesse de chute constante.

- Les particules plus ou moins floculées ont des tailles et donc des vitesses de décantation variable, lorsque leur concentration est faible, la vitesse de chute augmente au fur et à mesure que les dimensions du floc s'accroissent par suite de rencontre avec d'autres particules, c'est la décantation diffuse.

Pour des concentrations plus élevées, l'abondance des floccs et leurs interactions créent une décantation d'ensemble, le plus souvent caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant : c'est la décantation en piston, dont la vitesse est optimale dans une certaine zone de concentration, au-dessus de laquelle on parle de décantation freinée (Degrémont, 2005).

○ **La filtration**

C'est une méthode classique de séparation des particules physiques qui consiste à faire passer un liquide qui contient des matières solides en suspension à travers un milieu poreux. Il permet d'éliminer divers types de particules et micro-organismes. La filtration est réalisée en sable, absorbant (charbon actif en grains) ou sur membranes (microfiltration, ultrafiltration, nano filtration). Les procédés de filtration sont classés en fonction de leur seuil de coupure qui correspond au diamètre des pores du filtre (Boni, 2001).

I.2.3.3. Le traitement secondaire

Le traitement secondaire est un traitement purement biologique des eaux usées et a pour objet de réduire la teneur en matières organiques présentes dans ces eaux et leur dégradations biologique par les matières micro-organiques. Parmi les divers micro-organismes responsables de la dégradation on trouve les bactéries aérobioses et anaérobies. Cependant la vitesse de la dégradation des matières organiques est plus élevée au milieu aérobie, pour ce fait, les installations d'épuration biologique fonctionnent généralement en présence d'oxygène, parmi les procédés d'épuration on distingue deux principaux types :

- Les procédés intensifs ou artificiels.
- Les procédés extensifs ou naturels (Bongiovanni, 1998).

Dans la pratique, il existe plusieurs systèmes biologiques de traitement des effluents : le traitement aérobie (présence d'oxygène naturel ou artificiel) et le traitement anaérobie (absence d'oxygène). La figure I.7 présente une représentation graphique des procédés aérobie et anaérobie.

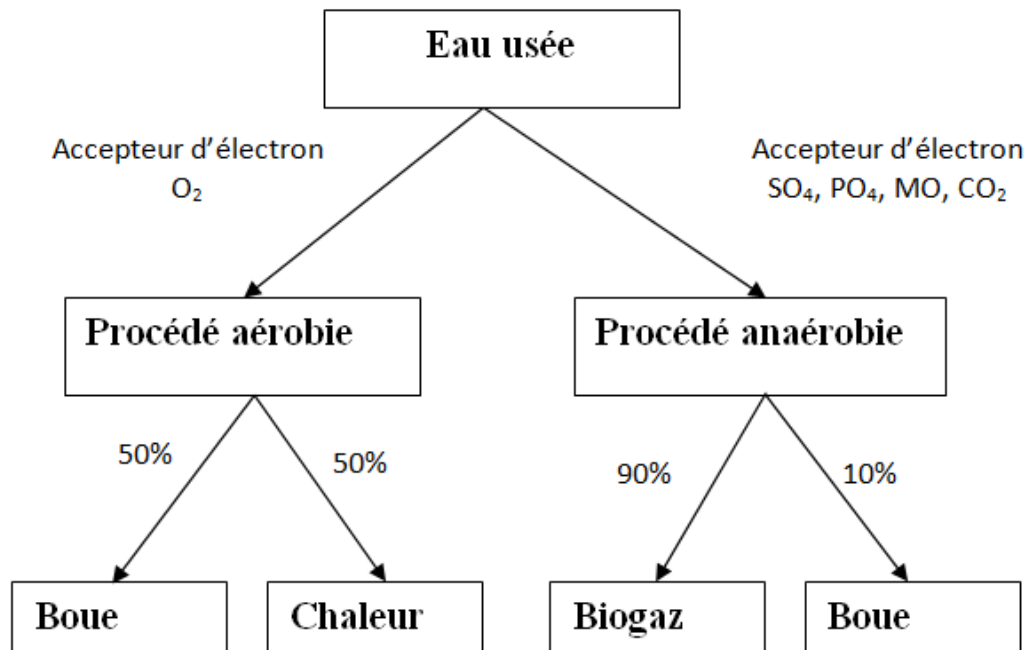


Figure I.7 : Représentation graphique des procédés aérobie et anaérobie (Simate et al. 2011).

○ Le traitement biologique anaérobie

La dégradation de la matière organique en milieu anaérobie qui s'appelle fermentation méthanique s'effectue en deux étapes principales qui sont :

- Une phase acide de liquéfaction (hydrolyse) des composants organiques aboutissant à la formation d'acide gras volatils (AGV) ;
- Une phase gazéification ou méthano - genèse dont les produits finals sont le gaz CH₄ (Méthane) et CO₂. A chaque phase de fermentation intervient un groupe spécifique de micro-organismes.

On distingue plus particulièrement :

- Les bactéries fermentatives, responsables de l'hydrolyse de la matière organique (protéines, lipides, polysaccharides) et de leur dégradation en acide gras volatils (essentiellement acide acétique, propionique et butyrique), en alcool (éthanol), en H_2 et CO_2 .
- Les bactéries acidogènes « produisant H^+ » et utilisant les substrats précédents pour produire des acétates, de l'hydrogène et quelquefois du CO_2 .
- Les bactéries méthanogènes qui produisent le biogaz ($CH_4 + CO_2$) à partir des substrats élaborés dans les phases précédentes.

La figure 9 présente les différentes phases de la métabolisation anaérobie (Boeglin, 1998).

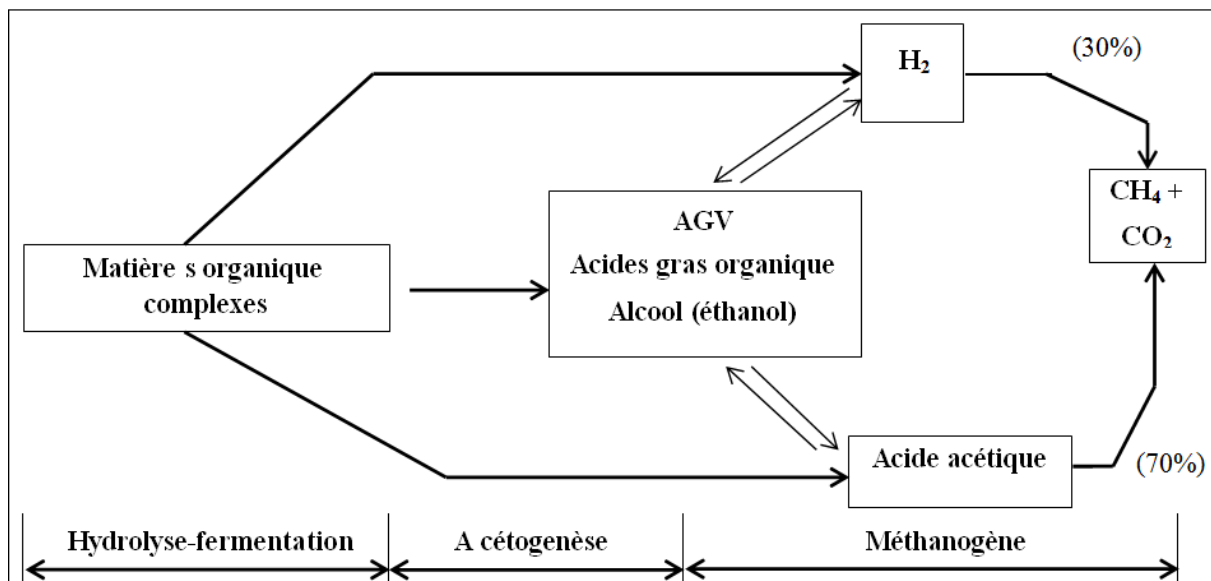


Figure I.8 : Les différentes phases de la métabolisation anaérobie (Boeglin, 1998).

o Le traitement biologique aérobie

Le processus est aérobie si l'oxydation de la matière nécessite de l'oxygène dissous, aboutissant ainsi à la formation de dioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau (H_2O). Dans ce cas, la dégradation biologique est exothermique. Plus rapide et plus complète, c'est elle qui est généralement mise en œuvre dans les procédés de traitement des eaux usées et génère une plus grande quantité de biomasse cellulaire (Driessen and Vereijken, 2003). Ce procédé est indiqué pour traiter des effluents de faibles charges, c'est-à-dire ayant une concentration en DCO biodégradable de moins de 1 g/L (Chan et al., 2009).

Le tableau I.6 présente de façon sommaire les différences majeures entre les deux systèmes de traitement biologique.

Tableau I. 6 : Comparaison de procédés de traitement aérobie et anaérobie (Jaiyeola and Bwapwa, 2016).

Paramètres	Anaérobie	Aérobie
Élimination de la DCO	65–90%	90–98%
Énergie produit	élevée	faible
Énergie consommée	faible	élevée
Production de boues	faible	élevée
Élimination des nutriments (N/P)	faible	élevée
Surface requise	petite	grande
Capital investit	relativement faible	relativement élevé
Prétraitement	suivi invariablement par le traitement aérobie	filtration/désinfection

- **Les systèmes à boues activées**

Ce système comprend deux compartiments principaux :

- Le premier est le bassin d'aération où elles ont lieu les activités biologiques de transformation des polluants biodégradables par l'intermédiaire des micro-organismes en suspension. Outre les matières organiques assimilées par les hétérotrophes, principaux constituants des boues activées les composés azotés peuvent aussi être oxydés par des phénomènes de nitrification- dénitrification. Les bactéries floculantes utilisées dans ce système, en la faculté de transformer les éléments ingérés en matière corpusculaire. Les flocs formés dans le bassin d'aération sont alors conduits vers un second compartiment appelé décanteur secondaire où a lieu la séparation des solides de la phase liquide par décantation. A l'aval de ce traitement un clarificateur comme l'indique la (Figure I.9) permet l'isolation des boues. Pour conserver un stock constant et suffisant dans le bassin des boues activées, une partie des boues extraites du clarificateur est renvoyée en tête du bassin, l'autre partie vers les unités de traitement des boues (Bassompierre, 2007).

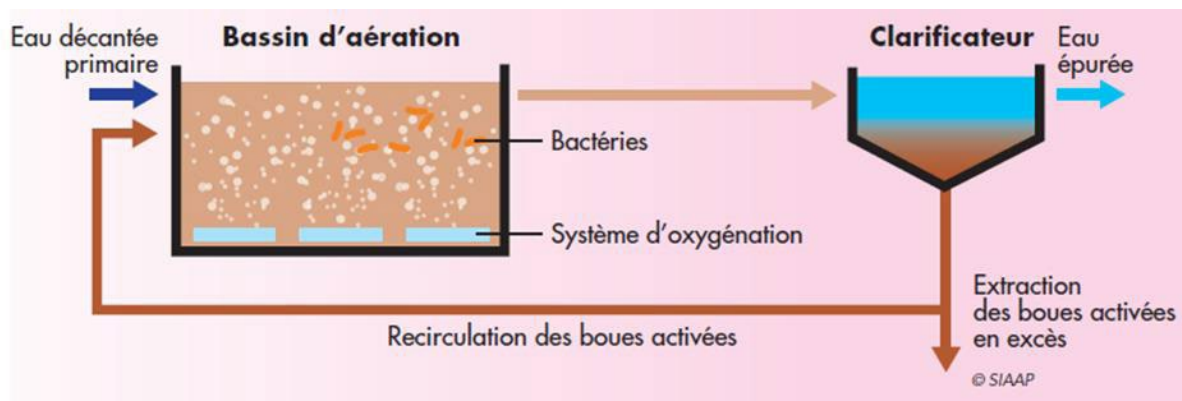


Figure I.9 : Épuration biologique par boues activées (Marcel et Pastor, 2013)

Paramètres de fonctionnement :

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants :

a) Charge massique :

La charge massique C_m est le rapport entre la quantité de pollution dont le substrat introduit dans ce réacteur et la masse de boues activées MVS dans ce réacteur. Cette notion C_m est importante car elle conditionne pour les différents paramètres de boue le fonctionnement de la boue activée, tel que (OIEau,2005) :

- Le rendement épuratoire.
- La production des boues
- Le degré de stabilisation de boues en excès produites
- Les besoins en oxygène ramenés à la pollution éliminée

$$C_m = \frac{DBO_5 \times Q_j}{V_{BA} \times MVS}$$

C_m : la charge massique (kg DBO₅ / kg MVS.j).

V_{BA} (m³) : volume de bassin d'aération

MVS (kg/m³) : concentration en matière sèche.

Q_j (m³/j) : débit journalier d'eau résiduaire à épurer. *

b) La charge volumique (Cv) :

La charge volumique C_v est le rapport de la pollution journalière reçue en Kg de DBO₅ au volume du bassin d'aération. Cette donnée permet d'évaluer le volume de bassin et elle n'a aucune signification biologique (OIEau, 2005).

$$C_v = \frac{DBO_5 \times Q_j}{V_{BA}}$$

C_v : la charge volumique kg DBO₅/ m³.j.

V_{BA} (m³):volume de bassin d'aération.

Q_j (m³/j):débit journalier d'eau résiduaire à épurer.

b) Age des boues :

L'âge des boues est un rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur et la masse journalière des boues extraite de la station. Cette notion d'âge de boue traduit la présence ou l'absence de germe nitrifications (OIEau, 2005).

$$\text{Age} = \frac{C_{bt}}{C_{bex}} = \frac{MES_{BA} \times V_{BA}}{C_{bex}}$$

Age : âge des boues (h).

C_{bt} : concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

C_{bex} : concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l).

L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique.

d) Indice de Mohlman :

L'indice de décantation dite l'indice de Mohlman, est l'un des paramètres utilisés dans les contrôles des boues biologiques des STEP des eaux usées. Cet indice détermine le volume de boue activée décantée en une demi-heure (en ml) par rapport à la masse de résidu sec de cette boue (Satin et Selmi, 2010).

$$I_m = \frac{V_{30}}{M}$$

Avec :

V_{30} : volume de boue obtenu après 30 minutes de décantation d'un litre de boue activée. Une boue activée de bonne qualité a un indice de Mohlman inférieur ou égal à 100. Besoins nécessaires à la synthèse cellulaire des micro-organismes, proportionnelle à la masse de la pollution carbonée assimilée.

Les besoins consommés par l'énergie d'entretien des micro-organismes présents dans le réacteur biologique.

-Les besoins nécessaires pour l'oxydation de l'azote ammoniacal.

• Les lits bactériens

Ce procédé aérobie à cultures fixées consiste à faire supporter les micro-organismes par des matériaux poreux de garnissage (Figure I.10). L'effluent est distribué par aspersion en

surface et l'oxygénation est apportée par ventilation de bas en haut. L'effluent arrive par la partie supérieure alors qu'il est évacué par le fond afin de ne pas perturber la fonction aérobie. De ce fait, ce système présente un inconvénient majeur en ce sens qu'il nécessite un dispositif de relevage. La biomasse se développe à la surface du support et lorsqu'elle devient trop importante, la pellicule bactérienne se détache naturellement, elle doit être alors séparée de l'effluent par décantation.

De nombreux inconvénients sont signalés dans ce procédé à savoir :

- Faibles rendements
- Fréquent colmatage
- Nuisances olfactives
- Ne compense pas suffisamment ses avantages dont un faible fonctionnement (Marcel et Pastor, 2013).

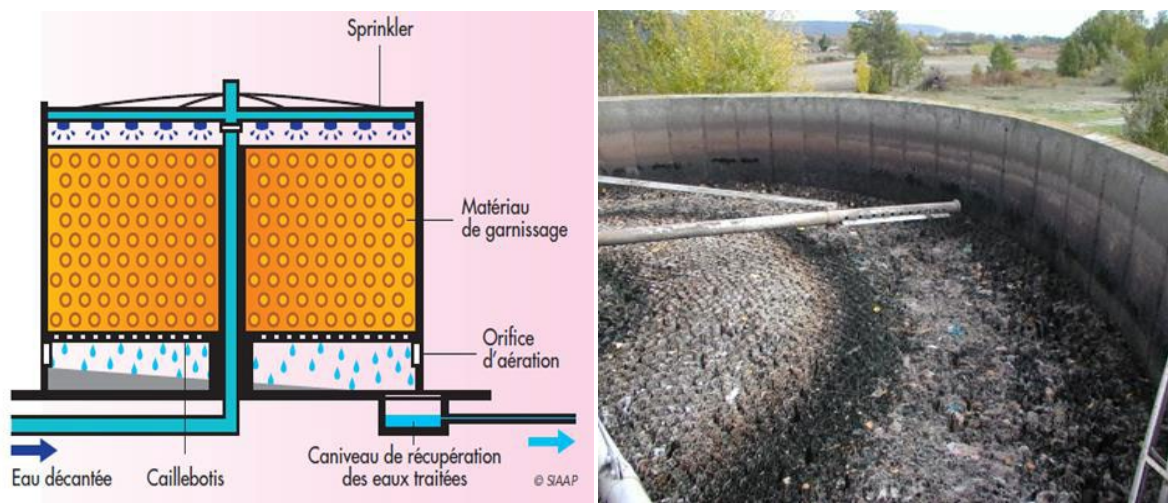


Figure I.10: Schéma d'un procédé lits bactériens (CNAS, 2012).

• Le lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration des eaux usées qui consiste en un lent écoulement de l'eau dans un ou plusieurs réservoirs peu profonds (la profondeur des lagunes varie de 0,5 à 1,5 m) où prolifèrent des bactéries et autres organismes vivants au détriment des matières organiques et des sels minéraux contenus dans les eaux.

L'apport d'oxygène se fait par échange avec l'atmosphère ou par photosynthèse des algues de surface (Figure I.11) qui se forment et fournissent de l'oxygène nécessaire au développement

des bactéries qui vont dégrader cette matière organique selon les processus de fermentation aérobie.

Le temps de séjour dans les réservoirs est élevé (3 à 30 jours voire plus) ce qui entraîne une diminution du nombre d'agents pathogènes (bactéries, virus, parasites...). Le lagunage permet également l'élimination de la pollution microbienne, ce qui est un avantage par rapport aux autres techniques d'épuration. Les boues vont se concentrer sur le fond des lagunes (bassins de terre), intervenir dans la biologie du système et ne devront pas être évacuées avant 5 ou 10 ans (Valiron, 1983).

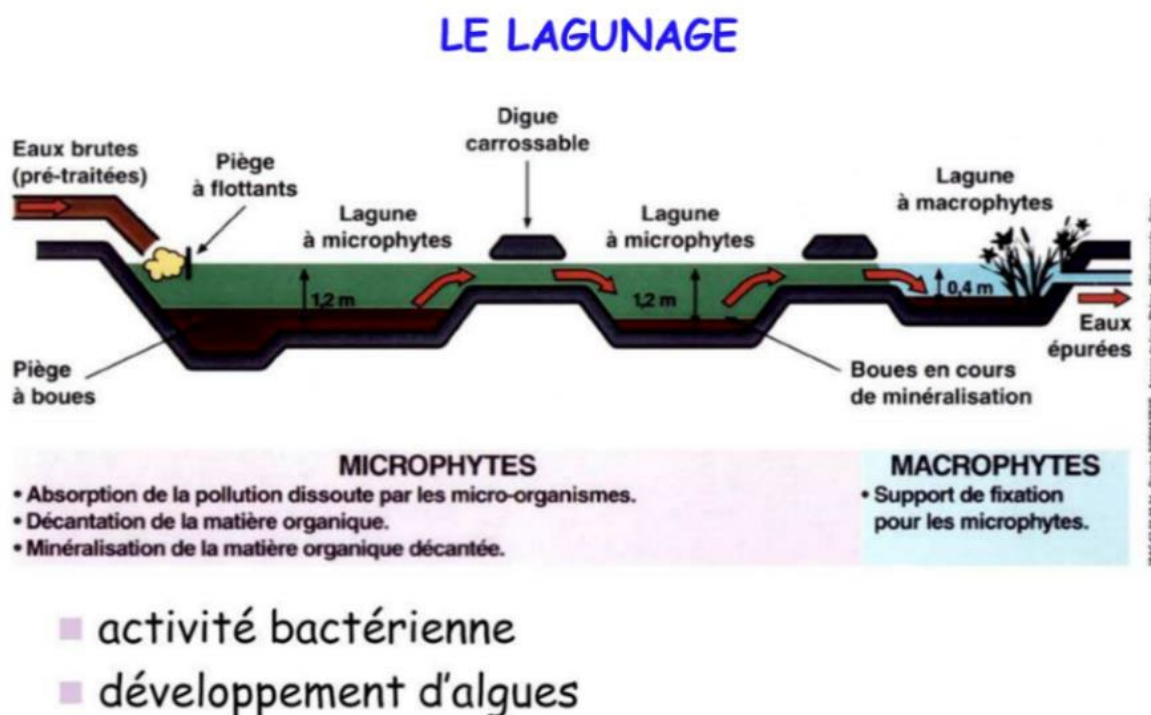


Figure I.11 : Le lagunage : phénomène identique à l'autoépuration (Veolia Eau, 2008).

Lagunage naturel

Le lagunage naturel (Figure I.12) est un procédé extensif d'épuration biologique des eaux dans le principe se repose sur la symbiose algo-bactérienne. Les bactéries dégradent les polluants organiques en sel minéraux et en CO_2 qui sont utilisées par les algues comme nutriments le quelles à leur tour fournissent l'oxygène nécessaire aux bactéries (Schwartzbrod et al., 1991).

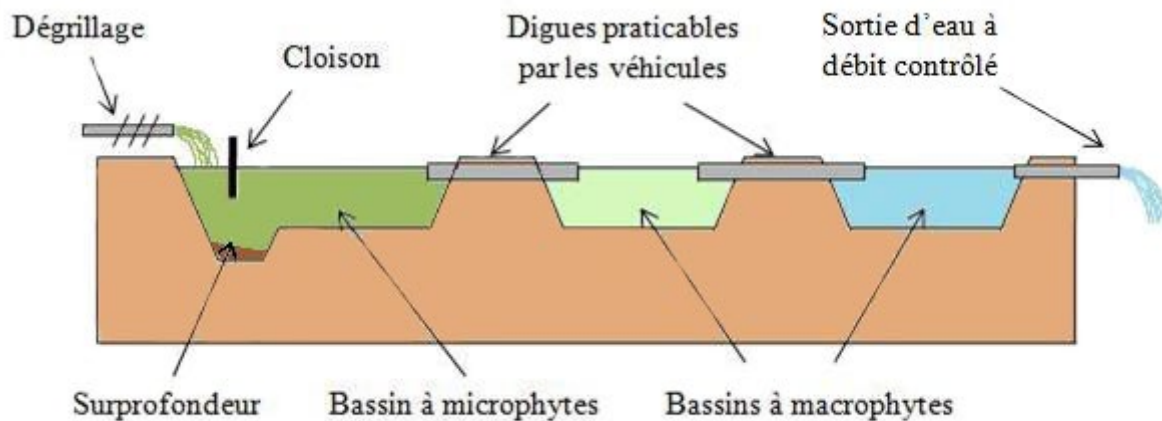


Figure I.12: Schéma en coupe d'une station de lagunage naturel (Cemagref, 2004).

Lagunage aéré

Ce sont de vastes bassins, constituant un dispositif très proche du procédé à boues activées à faible charge. On y effectue une épuration biologique bactérienne comme celle qui se pratique naturellement dans les étangs, en apportant de l'extérieur par insufflation d'air ou oxygénation au moyen d'aérateurs de surface, l'oxygène nécessaire au maintien des conditions aérobies des bactéries épuratrices. Bien que théoriquement elle ne s'impose pas, une recirculation de l'eau traitée et parfois des boues biologiques en tête de lagune est souvent pratiquée. Elle permet d'améliorer le mélange complet et d'assurer une meilleure répartition de la biomasse. Il est rare, en raison de la concentration relativement élevée en matières en suspension, que l'on puisse rejeter directement l'effluent traité à l'exutoire sans décantation finale (Koller, 2004).

I.2.3.4. Le traitement tertiaire

Les traitements tertiaires regroupent tous les traitements complémentaires, visant à affiner la qualité de l'effluent, ayant subi les traitements physico-chimiques et biologiques.

Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. Le traitement le plus utilisé afin de réduire les matières en suspension et la pollution organique biodégradable, est la filtration tertiaire qui, selon la nature du matériau utilisé, permet de réaliser une épuration essentiellement physique ou biologique. Pour fixer les matières carbonées dissoutes non biodégradables (par exemple les détergents), le moyen le plus utilisé est l'adsorption sur charbon actif. Les traitements tertiaires englobent, principalement, l'élimination de l'azote, du phosphore et la désinfection, mais aussi le traitement des odeurs. Parmi les différentes techniques de traitements tertiaires, la

déphosphatation est celle qui est principalement utilisée dans la majorité des stations d'épuration (Degrémont, 1978).

I.2.3.4.1. Élimination de l'azote

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées.

Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification".

Les procédés physiques et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "stripage" de l'ammoniaque) ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût (Bechac et al., 1987).

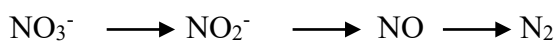
Nitrification : oxydation de (NH_4^+) en (NO_2^-) par des bactéries des germes nitrosomonas.

Nitrification : oxydation de (NO_2^-) en (NO_3^-) par des bactéries de germes nitrobacter.

La réaction globale simplifiée de la nitrification peut s'écrire



Dénitrification : les bactéries dénitrifiâtes anaérobies convertissent le nitrate en azote gazeux (N_2). Cette étape sera réalisée grâce à un bassin tertiaire anaérobie (Degrémont, 2001).



I.2.3.4.2. Elimination du phosphore

Les techniques de déphosphatation qui sont généralement appliquées font appel à des réactions de précipitation (procédés physico-chimiques) ou à des micro-organismes épurateurs qui assurent une sur-élimination du phosphore (procédés biologiques).

La déphosphatation chimique se fait grâce à l'utilisation de réactifs (tels que les sels de fer et d'aluminium ou la chaux) qui donnent naissance à des précipités ou complexes insolubles séparés de l'eau par des techniques de séparation solide-liquide. La déphosphatation biologique repose sur un transfert de phosphore de la phase liquide (eaux usées à épurer) vers la phase solide (boues) par stockage intracellulaire. Cette accumulation conduit à la formation de granules de polyphosphates (poly-P) et entraîne un enrichissement progressif de la boue en phosphore jusqu'à des teneurs très importantes. Il est alors aisé d'assurer l'élimination du phosphore de l'eau par simple soutirage des boues en excès après une étape de décantation. (Satin et Selmi, 1999).

I.2.3.4.3. Désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. C'est pourquoi, la désinfection de l'eau s'impose. La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique, doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore (Cl_2), le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3), le brome (Br_2), l'iode (I_2) et le permanganate de potassium (KMnO_4).

On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ultrasons, ultraviolets (UV) ou rayon gamma (Desjardins, 1990).

I.2.4. Le traitement des eaux usées en Algérie

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à celle donnée à l'approvisionnement en eaux potables. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85% seulement 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées. Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau en même titre que les eaux superficielles et souterraines. En Algérie leur volume annuel est estimé à 600 millions de mètres cube, dont 550 millions de mètres cube correspondant aux agglomérations de taille supérieur à 50.000 habitants (Hartani, 2004).

L'Algérie dispose de 200 systèmes d'épuration et procède au traitement de 600 millions de mètres cube annuellement. Il est procédé à la réutilisation de 50 millions de mètres cube des eaux usées dans l'agriculture. De nombreuses infrastructures d'épuration ont été réalisées au prix de moyen financier important. Cependant beaucoup de programme réalisé n'ont pas eu les effets escomptés, à l'image des stations d'épuration qui sont terminées mais qui sont sans effet en matière de dépollution. Un projet représente un tout lors de son évaluation on est supposé tenir compte à la fois des investissements et des coups d'exploitation et d'entretien. Or, pour un certain nombre d'infrastructures tels que celles de l'assainissement et de l'épuration en particulier, on accepte d'inscrire la réalisation du projet, sans se préoccuper de sa gestion. Dans ce cadre, la coordination entre l'ensemble des acteurs de l'eau s'impose. Le développement qualitatif des métiers de l'eau est une nécessité. L'amélioration des compétences des personnels à tous les niveaux, est à même d'avoir un impact sur

l'amélioration des prestations du service public de l'eau et de l'assainissement (Chocat et Toumi, 2004).

Dans le souci de rattraper le retard dû à l'accroissement urbain, les pouvoirs publics ont suivi une politique de précipitation sans réflexion profonde à long et à moyen terme en ce qui concerne les composantes d'une ville (habitat, réseau électrique etc...). L'assainissement n'a pas dérogé à la règle, les pouvoirs publics ne pensaient qu'à raccorder la population au réseau d'assainissement, oubliant au passage, les autres aspects comme l'épuration des eaux usées, le drainage des eaux pluviales, la gestion et l'entretien du réseau etc... Selon le Ministère des ressources en eau, à la fin du deuxième semestre 2006, on a fait état de 38.000 kilomètres linéaires de réseau en service, dont 12 300 Km linéaires de réseau primaire (collecteurs) et 25 700 Km linéaires de réseau secondaire (Tableau I.7). Le taux de raccordement moyen national calculé sur la base de la moyenne des taux de raccordement des 48 wilayas est de 86 %, pour un volume total d'eau usée rejetée annuellement de 900 Hm³ (MRE, 2006).

Tableau I.7: État du réseau d'assainissement de quelques wilaya (MRE, 2006)

C.W.	WILAYAS	Rac. Moye (%)	Longueur des réseaux(Km).			Volume rejeté (m ³ /j)
			Primaire	Secondaire	Total	
1	ADRAR	83,0	100	240	340	15 262
2	CHLEF	90,0	271	740	1012	56 413
3	LAGHOUAT	95,0	246	337	583	37 384
4	OUMEL BOUAGHI	91,0	279	410	689	47 924
5	BATNA	82,0	305	737	1042	48 364
6	BEJAIA	90,0	703	883	1586	97 543
7	BISKRA	85,0	211	614	824	209 449
8	BECHAR	96,0	88	393	480	36 734
9	BLIDA	91,0	249	509	757	52 233
10	BOUIRA	94,0	187	347	534	36 608
11	TAMANRASSET	85,0	39	138	301	8400
12	TEBESSA	73,0	376	509	884	65 832
13	TELMCEN	92,0	378	648	1026	98 208

14	TIARET	93,0	312	731	1043	81 006
15	TIZIOUZOU	83,0	1378	792	2170	18 923
16	ALGER	81,0	544	2441	2985	218 017

Dans le domaine de l'épuration, selon le MRE, à la fin du deuxième semestre 2006, le parc des stations d'épuration est de:

Inexploitation (nombre et capacité d'épuration):

65 pour un volume de 365 hm³/an et une capacité de 6.168.592 EH.

En cours de réhabilitation (nombre et capacité d'épuration) :

02 stations pour un volume de 19 millions m³/an.

Réhabiliter (nombre et capacité d'épuration) :

06 stations pour un volume de 6 hm³/an encours déréalisation (nombre et capacité d'épuration):

34 stations pour un volume de 400 hm³/an même avec de telles réalisations, la situation des eaux usées reste dramatique, sachant que le volume total des eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m³, dont 550 millions de m³ pour les seules agglomérations du nord et ce chiffre passerait à 1150 millions de m³ à l'horizon 2020 (CNES, 2005).

L'épuration des eaux usées a connu un essor considérable dans notre pays, plus particulièrement à Oran qui a vu l'installation de la plus grande station d'épuration des eaux usées du pays, STEP El Karma en 2009, suivi de la mise en service de la STEP de Cap Falcon à Ain El Turk. Le nombre de STEP en exploitation par l'office national d'assainissement (ONA) et de 154 stations d'épuration dont 76 de types à boues activées, 75 stations par lagunage naturel et 03 filtres plantés (ONA, 2009).

En termes environnementaux la zone de Bejaïa présente plusieurs enjeux :

- Des espaces naturels remarquables (parc national de Gouraya, plages,).

- De nombreux cours d'eau en milieu urbain, fortement contaminés à l'heure actuelle par des déchets ménagers, industriels, ainsi que par des eaux usées. Plusieurs de ces cours d'eau sont canalisés et fermés et présentent un fort taux d'encombrement.

- Le littoral et la mer méditerranée, exutoire naturel des rejets.

Le système d'assainissement de la ville de Bejaïa est structuré autour de deux stations d'épuration et de 12 bassins de collecte des eaux usées (ONA, Audit, 2017).

Chapitre II

Étude expérimentale et description de la station de Sidi Ali Lebher

II.1. Eaux usées et traitement des eaux dans la région de Bejaïa

II.1.1. Présentation de la ville de Bejaïa

Bejaïa est une ville d'environ de 185000 habitants et d'une superficie de 120,22 km². Elle est située 180 Km à l'est d'Alger et 250 Km à l'ouest de Constantine, sur la côte. C'est la ville la plus importante en Kabylie en termes de population. Sa population s'établie à 185882 habitants pour l'ensemble de la commune en 2014. La quasi-totalité des habitants est installée dans la zone urbaine (98,9% de la population globale).

II.1.2. Aspect environnemental

Du point de vue environnemental Bejaïa présente plusieurs espaces naturels (Le parc national de Gouraya, plages). Elle comprend plusieurs oueds contaminés par les eaux usées.

II.1.3. Système d'assainissement

Le système d'assainissement de la ville de Bejaïa est basé sur deux stations d'épuration et plusieurs bassins de collecte des eaux usées. Certains industriels disposent de leur propre prestation d'épuration en rejet au milieu naturel (exemple la COGB, labelle) ou rejettent directement leurs effluents brutes au milieu récepteur, mais ces derniers ne sont pas vocation être collectés dans l'assainissement public (effluents non compatibles avec le réseau ou la station d'épuration, exemple Cevital). La caserne et son école de cadet sont en rejet direct dans les oueds Seghir et Serir. Certains territoires à usage spécifique sont actuellement non raccordés au réseau public. Seules les eaux usées pourraient être raccordées à ce réseau comme :

- Le parc d'attraction du lac Mezia
- Le port pétrolier au nord-est de la brise de mer
- La zone de stockage hydrocarbure Naftal.

Les centres d'assainissement gérés par l'ONA de Béjaïa sont inventoriés dans le tableau II.1

Chapitre II

Étude expérimentale et description de la station de Sidi Ali Lebher

Tableau II.1: Inventaire des centres d'assainissement de la wilaya de Bejaïa (ONA, Audit, 2017).

Commune gérées au 31/12/2015						
Unité	Centre	Commune rattachées au centre	Population (fin2014)	Linéaire (km)	Taux de raccordement (%)	
Bejaia	Bejaia	Bejaia	181387	420	95	
		Tala Hamza	12000	44	93	
	Aokas	Aokas	16630	62	91	
		TiziN'berber	14713	55	87	
		Tichy	16546	45	89	
		Boukhelifa	8935	33	69	
		Souk El Tenine	14313	32	85	
		Melbou	11614	21	70	
		Kherrata	Kherrata	35746	46	90
	Draa El Kaid		29780	55	65	
	Darguina		14416	18	70	
	Ait Smail		16111	45	89	
	Taskriout		16451	47	99	
	SidiAich	Sidi Aich	14038	44	98	
		Leflaye	6554	20	90	
		Tinebdare	5925	41	97	
		Tifra	8563	40	92	
		Ouzelaguen	23446	60	91	
	El Kseur	El Kseur	30413	80	90	
		Fenaia	11903	59	79	
		Toudja	10014	45	49	
		Taourit Ighil	7961	42	80	
	Amizour	Amizour	38891	59	78	
	Total		23	546350	1413	

Chapitre II

Étude expérimentale et description de la station de Sidi Ali Lebher

Dans la région de Bejaïa on recense quatre (04) stations d'épuration des eaux résiduaires (Tableau II.2), qui sont actuellement en exploitation. Deux autres STEP sont en réalisation, l'une à Sidi Aich, l'ouvrage est conçu pour prendre en charge 65000 équivalents traité de 16000 habitants (EH), soit une capacité volumétrique de 15000 m³/j. L'autre station est implantée à coté de la zone industrielle Taharacht (Akbou), avec une capacité de 100000 équivalents habitants (EH) pour un volume d'eaux usées à m³/j. L'impact écologique de ces deux stations est la protection des nappes phréatiques et de l'oued Soummam (ONA, 2022).

Tableau II.2 : Les quatre (O4) stations d'épuration gérées par l'unité de Béjaïa (ONA, 2022).

STEP	Capacité EQH	Débit M ³ /J	Procède d'épuration	Impact	Date d'exploitation par l'ONA
	STEP Aokas	10 000	1 000	Boue activée à faible charge	Novembre 2006
	STEP Bejaia	80 000	9 600	Boue activée à faible charge	Janvier 2014
	STEP Souk El Tenine	47 580	5 710	Boue activée à faible charge	Janvier 2014
	STEP Sidi Ali Lebhar	25 000	3 0.000	Boue activée à faible charge	Juillet 2013

II.2. Cas de la station de Sidi Ali Lebhar

II.2.1. Historique de la station

Le projet d'installation de la STEP a commencé au mois d'avril 2003, il est achevé en 2009. Le premier essai de la station a eu lieu le 02/01/2013 par le tandem groupement hydro traitement Algérie et COMSA Espagne. Il est entré en exploitation le 30/01/2013. L'objectif de cette station d'épuration des eaux résiduaires est d'atteindre des performances en adéquation avec la législation en vigueur et avec des coûts économiquement et socialement

acceptables. Elle est conçue pour protéger le milieu récepteur, en l'occurrence le littoral de la plage de Sidi Ali Lebher. Sa capacité de traitement est de $3000 \text{ m}^3/\text{j}$ pour équivalent de 25000 habitants.

II.2.2. Localisation

La station d'épuration des eaux usées de Sidi Ali Lebher de Bejaïa (Figure II.1) est délimitée à l'est par l'aéroport Abane Ramdane, à l'ouest par une base de vie chinoise, au nord par la mer méditerranéenne et au sud par des terres agricoles. Elle est implantée sur un terrain agricole avec une superficie 31000 m^2 .



Figure II.1: Localisation de la station de Sidi Ali Lebhar

II.2.3. Salle de commande

La figure II.2 se trouvant dans la salle de commande et qui est gérée par le chef de STEP permet un suivi rigoureux des procédés d'épuration des eaux usées.

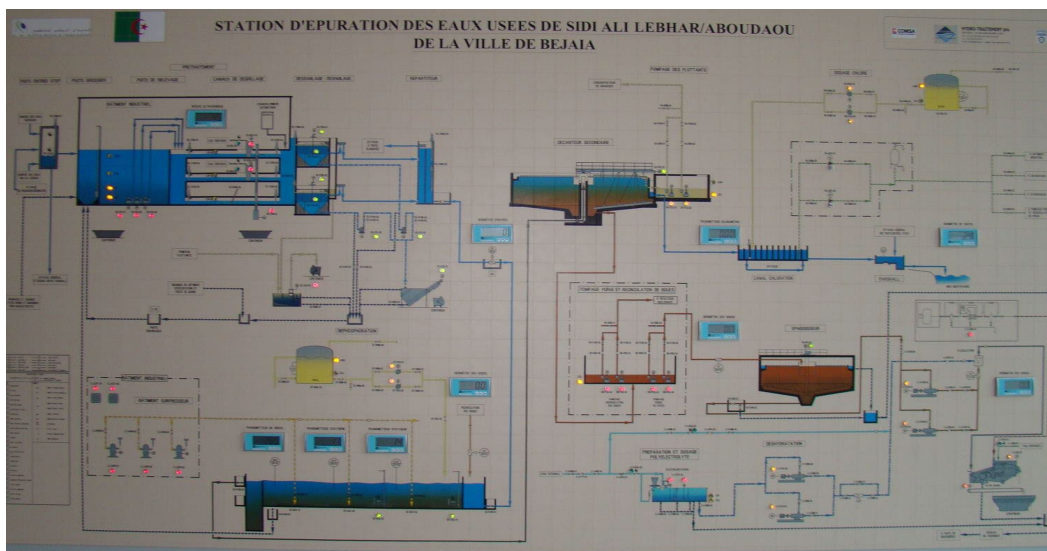


Figure II.2: Salle de commande

II.2.4. Dimensionnement et caractéristiques de la station

II.2.4.1. Caractéristiques générales

Les eaux usées se classent généralement en deux catégories : domestiques et industrielles. La station de Sidi Ali Lebher est conçue pour recevoir les eaux usées du bassin versant du même lieu, d'Aboudaw et Ireyahen.

Elles sont acheminées à la station par un réseau séparatif à écoulement gravitaire

II.2.4.2. Conditions de traitement

Les eaux épurées doivent répondre aux conditions suivantes:

- DBO₅ inférieure ou égale à 30mg/l sur un échantillon moyen de 24 heures.
- MES inférieurs ou égale à 30mg/l sur un échantillon moyen de 24 heures.
- DCO inférieure ou égale à 60mg/l sur un échantillon moyen de 24 heures.
- pH compris entre 6,5 et 8
- concentration moyenne en azote total inférieur ou égale à 40 mg/l.
- concentration moyenne en phosphore total inférieur ou égale à 2 mg/l.

Remarque : la comparaison des résultats d'analyse de la station se fait par rapport aux normes espagnoles

II.2.4.3. Filières de traitement

Une station d'épuration rassemble une succession de dispositifs, emprunté tour à tour par les eaux usées, chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux. Dans ce chapitre nous allons présenter les données de base de la station de traitement des eaux usées de Sidi Ali Lebher.

Le processus d'épuration des eaux usées utilisé dans la station est le suivant :

- dégrillage grossier par grilles avec râteau manuel et mécanique.
- dessablage et dégraissage par le biais de canaux dessableurs aérés, avec écumage.
- traitement biologique dans des réservoirs à boues activées.
- décantation dans des décanteurs secondaires, circulaires à racleur.
- dégrillage moyen par grilles avec râteau manuel dans le canal des boues activées de retour.
- désinfection au chlore.
- les boues excédentaires provenant du procédé d'épuration subissent le traitement suivant :
Épaississement dans des épaisseurs à grille racleuse.

II.2.4.3 .1 .Arrivée de l'eau

• Puits et grille grossière

C'est le premier élément du procès, avec section rectangulaire et fond conique, il est dimensionné pour garantir la sédimentation des éléments lourds.

Les dimensions du puits de grossières sont dans le tableau II.3 :

Tableau II.3 : dimensions du puits et grille grossières

Caractéristiques du puits et grille grossières					
Largeur (m)	Longueur (m)	Profondeur totale (m)	Profondeur utile (m)	Profondeur incliné(m)	Volume utile (m ³)
3	3	1,7	1,5	0,7	10,25

Le temps de séjour dans ce puits est de 2.56 minutes à débit maximal 2010 et 1 minute à débit maximal 2030.

Une cuillère de bivalve de 100 l de capacité pour l'extraction des solides et matières grossières sédimentées au fond du puits a été installée. Celle-ci est transportée par un palan automatique.

Le passage du puits de grossières au puits de pompage se réalise à travers une grille verticale de nettoyage manuel et de passage des barreaux de 50 mm, qui protège les pompes d'eau brute.

• **Puits de pompage**

Les dimensions du puits de relèvement sont dans le tableau II.4 :

Tableau II.4 : dimensions du puits de pompage

Largeur (m)	Longueur (m)	Profondeur totale (m)	Profondeur utile (m)	Volume utile (m ³)
2.5	4	1,7	1,24	12,24

Le groupe de pompes résiduelles du traitement est composé par (2+1) pompes submersibles de 125 m³ /h à 13 m.c.a.

Les impulsions de toutes les pompes sont réalisées par une conduite d'un diamètre de 250 mm, qui débouchent de forme indépendante dans le canal de tamisage.

La capacité maximale qu'on peut pomper par deux pompes est de 250 m³ /h.

On renvoi l'eau jusqu'à l'entrée de la conduite de dégrillage.

Le puits de pompage permettra un temps de séjour de 3.72 minutes pour un débit pointe 2010 et un temps de séjour de 1.1 minutes pour un débit pointe à 2030.

Un débitmètre est installé dans le collecteur de pompage des eaux.

II.2.4.3.2. Prétraitement

Un ouvrage de réception des eaux usées est placé à l'amont du dégrillage et permettra la répartition des débits vers ce dernier.

Le tamisage est réalisé dans un canal de 0,60 m de largeur qui se trouve isolé par des vannes motorisées, situées en amont et en aval. Dans le canal il y a un tamis pour tamisage fin nettoyage automatique de 3 mm de passe.

A la sortie de la zone de tamisage l'eau est conduite jusqu'à un canal qui accède au dessableur isolé par des vannes motorisées. Le canal est dimensionné pour le débit de pointe. Dans le futur il sera prévu un autre canal identique. L'ensemble des canaux traitera le débit pointe pour 2030 (tableau II.5)

Chapitre II

Étude expérimentale et description de la station de Sidi Ali Lebher

Tableau II.5: Procédé de prétraitement

Nombre de canaux	Débit maximum par canal	Débit moyen par canal	Largueur de canal	Longueur de canal	Hauteur d' eau	Hauteur total du canal	Vitesse à débit moyen avant	Vitesse à débit maximale avant
1+1	347 m ³ /h	200 m ³ /h	600 mm	4,50 mm	700 mm	1,350 mm	0,1 m/s	0,2 m/s

Dégrillage

Les dégrilleurs (Figure II.3) sont des maillons essentiels dans la chaîne de traitement des eaux usées ils permettent de protéger l'ensemble des installations de la station notamment les pompes de relevage.

Ilya deux types de grilles:

Une grille d'acier inoxydable à nettoyage automatique installée dans le canal principal, dont les dimensions suivantes dans le tableau II.5 :

Tableau II.6 dimensions de la grille

Largueur (m)	Longueur (m)	Hauteur totale (m)	Grille manuelle (m)	Volume utile (m ³)	Séparation entre barreaux (m)	Hauteur totale de la grille (m)
600	3	2,88	600	12,24	12	2,880



Figure II.3: Dégrilleurs

Pour transporter, drainer et compacter des matières dégrillées, une vis de 8 m de largeur

est installée juste sous chaque dégrilleur, les matières retenues par la grille sont collectées par un conteneur qui est placé juste à la sortie de la presse. En total il y a trois conteneurs de 4 m³ pour les graisses, sables et refus de dégrillage.

• Dessablage et dégraissage

Il est toujours à craindre une présence importante de sable, graisses et huiles pouvant gêner ou freiner le fonctionnement de l'installation. Dans cette phase de prétraitement, il est nécessaire d'installer un équipement pour le dessablage et le déshuilage (Figure II.4)

Il y a une ligne de dessablage- déshuilage avec une largeur unitaire de 2.6 m et une longueur de 8 m. Il sera prévu une autre ligne identique pour 2030.

L'apport d'air au dessabler-déshuileur se réalise grâce à deux turbines submersibles. Chaque turbine aura une puissance de 1.2 KW, et si le volume correspondant à flottation est de 71.6 m³ nous aurons 30 W/m³.

Le dessablage- déshuilage est fourni d'un pont qui court longitudinalement tout Along du canal, à bord duquel se trouve la pompe d'extraction de sable. Cette pompe aspire le sable du fond du dessableur et elle le pousse vers des canaux centraux qui conduisent le mélange eau/sable vers un classificateur de sable, qui décharge le sable dans un collecteur.

Le débit de la pompe de sable qui se trouve à bord des ponts est de 10 m³/h et il assure que le sable ne se dépose pas au fond du dessableur.

Le ramassage des huiles est réalisé grâce à un système de raclettes de surface, qui pousse la graisse accumulée vers la partie latérale des dessableurs - déshuileurs, jusqu'à un canal de ramassage qui se trouve dans sa partie postérieure.

Pour garantir ce ramassage de graisse, le pont du dessableur-déshuileur actionne les raclettes de la façon que ces dernières passent sur la surface au long du chemin d'allée du dessableur, on se levant quand ils arrivent au final du parcours, tandis qu'elles réalisent le voyage de retour soulevés pour ne pas trainer la graisse vers la partie postérieure du dessableur. La graisse et les flottants sont emmenés du canal de graisse jusqu' au séparateur d'huiles et des flottants.

Le séparateur d'huiles est de type à chaîne sans fin et avec des raclettes de surface.

Le classificateur de sable par contre est de type à vis puisque on le considère plus efficace



Figure II.4:Séparation du sable et de la graisse.

La sortie du dessableur-déshuileur s'effectue par une décharge, le dessableur dispose d'une décharge indépendante, avec des conduites et une valve de 150 mm.

Débit maximal par dessableur pour 2010 est de 240 m³/h

Débit maximal par dessableur pour 2030 : 340 m³/h

Les caractéristiques du dessableur- déshuileur sont illustrées dans le tableau II.6

Tableau II.7 dimensions du dessableur-déshuileur

Largeur totale (m)	Hauteur (m)	Hauteur Pyramidale (m)	Longueur (m)	Surface (m ³)
2,6	2,55	1	8	71,90

Besoins d'air

Le débit d'air nécessaire pour le dessableur a été calculé d'après l'expérience dans d'autres installations de caractéristiques similaires avec des aérateurs égaux. Les besoins d'air pour l'élimination des sables sont 20-30 W/m³.

Pour le dessableur on a les caractéristiques suivantes :

Besoin d'agitation : 20-30 W/m³

Volume zone dégraisseur : 71.96 m³

Nombre d'aérateurs : 2 ut

Puissance unitaire : 1.2 KW

Puissance total : 2.4 KW

Besoin d'agitation : 26,8 W/m³

Production du sable

Le calcul de la production de sable totale est fait à partir d'un taux de 60 g de sable par m³ d'eau traitée et une concentration du mélange eau-sable aspiré du dessableur du 0,1%.

Quantité de sable extraite : 390 Kg/ jour

Débit du mélange eau-sable : 147 m³/jour

Production de graisses et de flottants

Étant donné la concentration moyenne des graisses dans les eaux usées et de 70 ppm et la densité de 0.90 g/l. Le résultat de la production de graisse est de 9 m³/j.

II.2.4.3.3. Traitement biologique par boues activées

Après une étude minutieuse des différentes alternatives de traitement secondaire biologique pour traiter les eaux de Sidi Ali Lebher, le système choisi pour ce traitement est le système de Carrousel (Figure II.5).

Le système choisie doit être un système de :

- Haute rendement d'élimination de DBO.
- Haute rendement d'élimination d'azote, nitrification et dénitrification.
- Haute flexibilité opérative pour obtenir la qualité exigée.
- Haute flexibilité opérative pour obtenir la qualité exigée aux conditions d'hiver, c'est-dire avec une température supposé de 14°C.

Le réacteur Carrousel est un système de boues activées à faible charge type canaux d'oxydation, il est très facile pour exploiter et contrôler les conditions anaérobie, anoxiques et oxiqye pour obtenir les rendements adéquats pour chaque situation de charge polluante ou scénario.

Le réacteur a été dimensionné pour faire l'élimination de DBO₅ et la nitrification et dénitrification.

Le process est dimensionné pour 2010 au 2030 ou sera nécessaire une amplitude de deux lignes en plus

Tableau II.8 dimensions du réacteur biologique

Concentration moyenne DBO ₅	Charge en DBO ₅	Concentration moyenne DCO	Charge en DCO	Charge en MES
450 mg/l	1.350 kg/jour	833 mg/l	2.500 kg/jour	1.750 kg/jour



Figure II.5:Réacteur biologique (système Carrousel)

Tableau II.9 dimensions du Réacteur

Besoins en agitation m ³ .air/h	Densité de l'air Kg/m ³	Poids d' d'O ₂ dans l'air (%)	Densité des diffuseurs (%)	Profondeur aération (m ³)
4,391	1,202	25	43	4,3

Le tableau suivant reflète les conditions d'opération tableau II.8:

Tableau II.10: Les conditions d'opération du bassin d'aération

Condition	O₂st.total KgO₂/h	Diffuseurs Ut	Air Nm³/h
Moyenne	268	594	3400
Maximal	342.6	594	4508

- L'apport total d'air entre 3400 et 4665 Nm³/h. un 25 % plus qu'en conditions moyennes.
- La distribution d'air par toute la cuve est réalisée par 3 modules, de 198 diffuseurs EPDM de 30mmdediamètre.

• **Élimination supplémentaire du phosphore**

Le système biologique installé donne lieu à une production de boues en excès de 1260KgSS/jour, pourtant 12,6 Kg P/j sera éliminé (1%). Si la concentration de

phosphore dans l'eau de sortie est de 6 Kg/j donc il sera nécessaire une élimination du phosphore avec précipitation du chlorure ferrique commercial (26,4KgP/jour à éliminer voie chimique), qui présente une richesse de 40% et une densité de 1,425 Kg/l.

La consommation journalière du chlorure ferrique (FeCl_3) est 254 l/jour

II.2.4.3.4. Décantation secondaire

Les performances de l'épuration biologique résultent de l'action du bassin d'aération et du décanteur secondaire (Figure 19) qui est sur le plan technique, forment une seule unité.

Le décanteur circulaire installé a des caractéristiques suivantes :

Nombre : 1

Surface unitaire : 254,47 m²

Diamètre : 18 m

Hauteur d'eau partie cylindrique : 3,6 m

Pente de fond : 10 %

Volume utile total : 916 m³



Figure II.6: Présentation du clarificateur

Tableau II.11 les caractéristiques du décanteur secondaire

	2010	
	Débit moyen	Débit de pointe
	125 m ³ /h	240 m ³ /h
Vitesse ascensionnelle (m ³ /m ² h)	0,49	0,94
Charge MLSS(Kg MLSS/ m ² h)	1,96	3,77
Temps de séjour (h)	7,3	3,8
Charge sur déversoir (m ³ /ml h)	2,7	4,28

II.2.4.3.5. Recirculation des boues et évacuation des boues en excès

Les boues reprises au centre du décanteur sont dirigées gravitairement par l'intermédiaire de tuyauterie vers la station de pompage des boues secondaires pour être recirculées en tête de bassin d'aération ou refoulées vers le traitement des boues.

La recirculation dont le but est de maintenir la concentration nécessaire en boues activées, dans le bassin d'aération pour l'obtention des rendements épuratoires requis, est effectuée par des groupes électropompes.

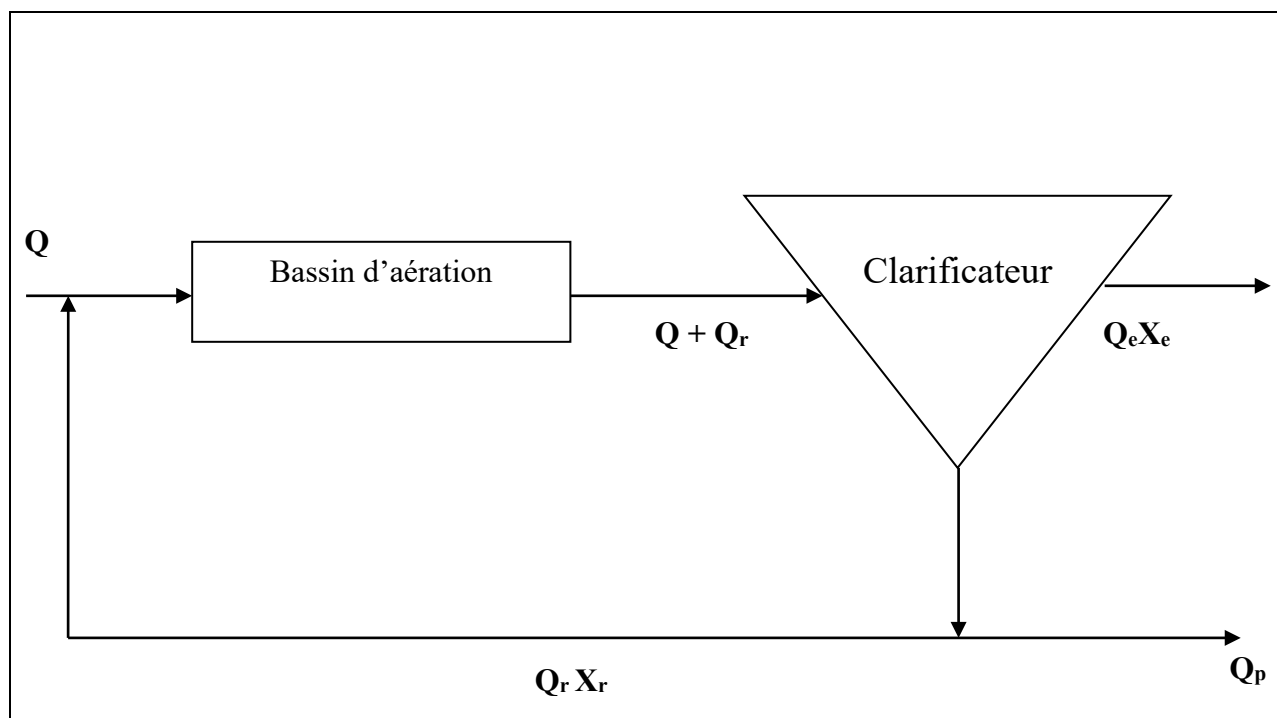


Figure II.7 : Schéma de la recirculation des liquides et boues

La recirculation de la liqueur mixte se fait par les caractéristiques suivantes :

Pompe installées : 1+1

Débit par pompe : 125 m³/h

HMT : 5 m.c.e

Capacité de retour installée : 250 m³/h

Pourcentage recirculation : 100 %

II.2.4.3.6. Boue en excès

Une partie des boues produites au niveau du décanteur secondaire en excès lesquelles ne recirculent pas, sont envoyées vers un système d'épaississement des boues, par (1+1) de pompes submersibles de 20 m³/h.

La production journalière de boues en excès est 994,93+263,63 Kg MS/jour. En considérant que les boues provenant du décanteur ont une teneur en matière sèche de 8 g/l, le volume maximum journalier des boues sera de 157 m³/j.

Le temps de purge de boue journalière est de 10 h/jour.

II.2.4.3.7. Épaississement des boues

L'épaississement consiste principalement en une cuve cylindrique en béton, fournie d'un équipement d'épaississement mécanique actionné au niveau central. Les boues épaisses sont extraites de la trémie du fond de l'épaississeur qui est connectée avec le pompage de boues séchage. Le bilan des boues est représenté par le tableau II.5.

Les caractéristiques de ce poste sont :

Débit d'entrée : 157 m³/j

Production de boues biologiques en excès de : 994,39 Kg/j

Production de boues chimique en excès de : 263 Kg/j

Concentration des boues à l'entrée: 8 g/l

Concentration des boues à la sortie: 20 g/l

Diamètre : 7 m

Surface : 38,48 m²

Hauteur eau : 3,55 m

Volume total : 136,6 m³

Tableau II.12 : Présentation du bilan de boues.

Quantité de boues Kg/j	Concentration moyenne à l'extraction g/l	Concentration moyenne à l'entrée g/l	Débit à l'entrée m ³ /j	Débit d'extraction m ³ /j
1258	20	8	157	62,93

II.2.4.3.8. Déshydratation

L'installation de la déshydratation de boues est fondée sur un filtre bande et dimensionné au principe pour qu'elle puisse fonctionner avec une durée journalière de 10 heures.

Les installations proposées sont :

➤ **Pompage des boues absorbées par déshydratation**

Le débit d'entrée sera de 10 m³/h, les pompes (1+1) hélicoïdales installées porteront les boues épaisses vers le filtre bande. Comme conditionnement chimique à la déshydratation on utilise du poly électrolyte.

➤ **Dosage du poly électrolyte**

Le dosage nécessaire est de 3-4 Kg poly/Tm MS : pour un dosage de 4 Kg poly/TmMS sera nécessaire 6,1 Kg poly/jour.

Le dosage du poly électrolyte est réalisé par un équipement de dosage continu avec deux (dont une de réserve) pompes de dosage de 200-1000 l/h à 20 m.c.a, une équipe automatique de préparation de poly électrolyte de 1000 litre de volume total d'acier inoxydable INOX-304 avec deux électro-agitateurs, et un groupe d'alimentation d'eau, avec tuyère de dilution et débitmètre de mesure.

Pour le lavage de la bande de filtration, il est nécessaire d'utiliser une eau à pression. On installera un groupe de pression de débit 8 m³/h et 10 Kg/cm² de pression. L'eau délavage ne doit pas contenir des solides supérieurs à 150 µ.



Figure II.8 : Traitement des boues



Figure II.9: Transport de boue déshydratée

II.2.4.3.9. Désinfection des eaux traitées

La désinfection de l'effluent se réalise avec hypochlorite de sodium.

Le dimensionnement de cet étage est pour la moitié des débits du 2030. À la future ampliation il sera nécessaire une autre ligne identique.

Les caractéristiques de ce poste sont les suivantes :

Tableau II.13 : Procédé désinfection des eaux traitées

Débit d' entrée moyen de design (50 % 2030)	Débit d' entrée pointe de design (50 % 2030)	Débit d' entrée moyen 2010	Débit d' entrée moyen 2010	Temps de contact	Hauteur d' eau	Longueur	Largeur	- Volume total	Temps de contact à débit moyen	Temps de contact à débit moyen
200m ³ /j	347 m ³ /j	125m ³ /j	240 m ³ /j	20 min	2 m	12 m	4 m	96 m ³	46 min	24 min

Le dosage hypochlorite de sodium

La désinfection (Figure II.10) de l'effluent est réalisée à l'aide d'hypochlorite de sodium.

L'installation est projetée pour doser 6 ppm de chlore actif à débit maximum et 4 ppm à débit moyen. Un bac de 5000 litres de capacité. Un temps de séjour de 41 jours, deux pompes de 20 l/h sont nécessaires.



Figure II.10:Présentation de l'étape de désinfection.

II.3. Méthodologie

II.3.1. Échantillonnage

Afin de déterminer les différents paramètres permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement, une série d'analyses a été faite au cours de ce travail.

L'échantillonnage a été effectué à l'entrée (eaux brutes) et à la sortie (eaux épurées) de la STEP. Nous avons analysé les paramètres suivants : le pH, la température, les matières en Suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO5), la demande chimique en Oxygène (DCO), l'azote total et l'azote ammoniacal. D'autres analyses peuvent être également

Effectués afin de contrôler les paramètres de fonctionnement du processus à savoir : la charge massique, la charge volumique, la concentration des boues dans le bassin d'aération, leur âge et le temps de séjour de l'eau dans le réacteur biologique. L'échantillonnage est fait au sein de la STEP Sid Ali Lebhar durant la période comprise entre le 24/04/2022 et le 19/05/2022). Des prélèvements ont été effectués à deux endroits précis, le premier à l'entrée de la STEP (eau usée brute) et l'autre à la sortie (eau usée épurée).

II.3.1.1.Prélèvement des échantillons

Dans la station d'épuration de Sidi Ali Lebher l'échantillonnage des effluents liquides

s'effectuent automatiquement et en continu à l'aide d'un dispositif automatique d'extraction ce dernier n'est pas fonctionnel , donc le prélèvement se fait quotidiennement à l'aide d'un seau accroché à une perche.Lors des prélèvements il faut respecter les précautions suivantes:

- Laver les mains avant chaque prélèvement et utiliser des gants jetables.

- Lors de l'échantillonnage, il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles qui visent à faire un flaconnage correct et un étiquetage précis afin d'assurer une conservation et traçabilité des échantillons.
- Pour les analyses bactériologiques, les échantillons doivent être prélevés dans des flacons stériles en verre borosilicaté de 250 ml. Ces flacons, une fois bouchés, assurent une protection totale contre toute contamination extérieure.

II.3.1.2. Transport des échantillons

Tout échantillon doit être transporté le plus rapidement possible dans une enceinte réfrigérée (environ 4°C) avec un délai maximum de 6 heures avant l'analyse car La teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau risque de subir des modifications après le prélèvement.

II.3.2 Analyse et mode opératoire

Le laboratoire est le lieu le plus indispensable dans la station d'épuration de Sidi Ali Lebher . Son rôle consiste à contrôler et à surveiller en permanence les eaux brutes et épurées, tout en se référant aux résultats quotidiens des analyses effectués, en vue de vérifier la fiabilité du traitement des eaux avant leur évacuation dans l'environnement.

L'analyse des eaux usée consiste à la détermination des paramètres physico-chimiques et biologiques et les indicateurs de pollution.

II.3.2.1. La Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique) sa mesure permet de mieux connaître le caractère et le comportement d'un échantillon. La température influe également sur certains paramètres physico-chimiques mesurés (notamment pH, conductivité, redox, etc...) (Rodier et al., 2005).

La mesure de la température a été effectuée à l'aide d'un appareil multi paramètres (pH, température et conductivité) mené d'une sonde et d'une électrode en verre (Figure. II.11).

Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et essuyer avec de papier absorbant.
- Introduire la sonde dans l'échantillon d'eau.
- laisser l'appareil se stabiliser et faire la lecture.

- L'appareil affiche le résultat en °C.

II.3.2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH de l'eau constitue une mesure de la concentration en ions hydrogène. C'est un paramètre important car il influe sur le goût de l'eau (l'état de l'eau : acide, base ou neutre) et les réactions chimiques. La mesure de ce paramètre est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un appareil multi paramètres (pH, température et conductivité) (Figure II.11) mené d'une sonde et d'une électrode en verre (Manuel STEP, 2013).

Mode opératoire

- Étalonner le pH-mètre avec des solutions tampons de pH=4 et pH=7.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et essuyer avec de papier absorbant.
- Introduire l'électrode en verre dans l'échantillon d'eau.
- Laisser l'appareil se stabiliser et faire la lecture.



Figure II.11: Appareil multi paramètres (pH, température et conductivité).

II.3.2.3. Les 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'obtiennent par filtration des effluents peu chargés, La mesure de MES repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement

pesée à vide) (Figure II.12) de 0,45 microns et les résidus sur cette dernière sont pesés. Le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtrée donne la concentration de MES en mg/l (Manuel STEP, 2013).

Mode opératoire

- Sécher le filtre de 0,45 μm à 105 °C.
- Peser à 0,1 mg près, après passage au dessiccateur (P0).
- Mettre en place l'équipement de filtration et le dispositif d'aspiration en marche.
- Verser l'échantillon (V ml) sur le filtre et rincer le filtre ainsi que les parois de l'entonnoir de filtration avec 10 ml d'eau distillée.
- Laisser essorer le filtre pour le mettre ensuite sur la boîte Pétri et sécher à 105°C.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur (Figure II.13) et peser jusqu'au poids constant (P1).

La Teneur en matières en suspension (MES)

$$\text{MES}(\text{mg/l}) = \frac{(P_1 - P_0) * 1000}{V}$$

P0 : Poids du filtre vide.

P1 : Poids de filtre après filtration.



Figure II.12: La pompe à vide **Figure II.13:** Le dessiccateur

II.3.2.4. Demande biochimique en oxygène(DBO₅)

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon, mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie (Rodier et al, 2005).

Chapitre II

Étude expérimentale et description de la station de Sidi Ali Lebher

Elle se résume par la réaction chimique suivante :

Substrat + micro-organisme + O₂ + CO₂ + H₂O + énergie + biomasse

Mode opératoire

- Dans un flacon contenant un barreau magnétique, introduire un volume de l'échantillon qui dépend de la DBO₅ mesurée.
- Ajouter un inhibiteur de nitrification.
- Dans la nacelle (le goulot), introduire 2 à 3 grains d'hydroxyde de potassium.
- Prendre toutes les précautions pour que la solution ne déborde pas et ne risque pas de contaminer l'échantillon.
- Fermer ensuite hermétiquement le flacon.
- Mettre ce flacon à incuber à 20 °C pendant 5 jours sous agitation constante (Figure II.14).
- Pendant les 5 jours il faut agiter l'échantillon d'eau continuellement. Le senseur DBO₅ mémorise automatiquement chaque 24 heures une valeur de mesure, 5 jours maximum.



Figure II.14: Equipement DBO système

II.3.2.5. La demande biologique en oxygènes (DCO)

C'est un paramètre de détermination de la teneur de l'ensemble des matières organiques biodégradable ou non. Le test consiste à une oxydation chimique de la matière organique par un oxydant fort (acide) à température élevée et par le dichromate de potasse.

Les substances oxydables réagissent avec une solution d'acide sulfurique et de bichromatée potassium en présence de sulfate d'argent en tant que catalyseur. La présence de chlorure est masquée avec le sulfate de mercure (Manuel STEP, 2013).

On mesure la diminution de la coloration jaune du Cr^{6+} .

La réaction globale est la suivante :



Mode opératoire

- Sélectionner le programme de la DCO : Le programme DCO chauffe les cuves pendant 2 heures à 150 °C. Lors de phase de refroidissement, 4 signaux sonores indiquent que les cuves ont été refroidies jusqu'à une température de 120°C.

- Préparation des cuves (Figure II.15) :

1- Mélanger le contenu Kit pour avoir une solution homogène.

2- Pipeter 2 ml d'échantillon avec précaution.

3- Fermer le tube et nettoyer l'extérieur de celle-ci.

4- Mélanger.

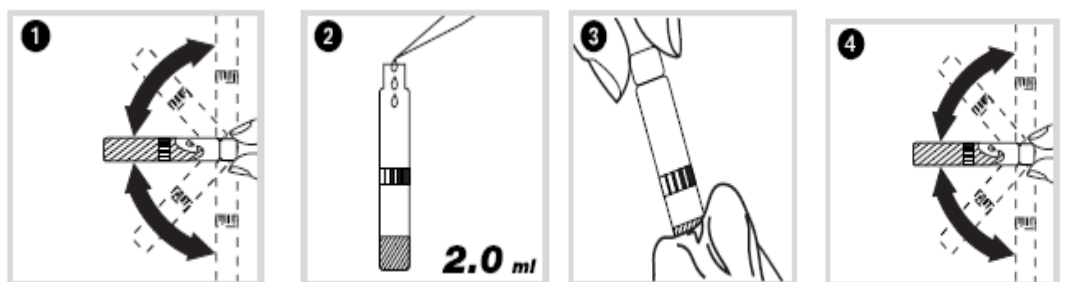


Figure II.15 : Préparation des cuves

- Le thermostat chauffe jusqu'à atteindre la température définie ; deux signaux sonores indiquent que la température requise est atteinte.

- Placez les tubes dans un bloc de chauffage et refermez le couvercle de protection. Chauffer dans le digesteur DCO classique (Figure II.16) : 2h à 150°C. 3 signaux sonores indiquent la

fin du programme de température. Le thermostat refroidit.

- Enlever le tube chaud et invertir avec prudence 2 fois.
- Laisser refroidir à température ambiante dans le support de tubes.
- Bien nettoyer l'extérieur du tube et mesurer avec programme spectrophotomètre HACH.

L'instrument utilise l'identification par code-barres pour définir automatiquement la longueur d'onde appropriée pour l'analyse et calcule immédiatement le résultat grâce aux facteurs enregistrés.



Figure II.16 : La mesure de la DCO.

Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous allons présenter schématiquement sur des diagrammes les différentes analyses effectuées sur les eaux brutes et traitées de la station d'épuration de Sidi Ali Lebher de Bejaia.

Nous avons pris en considérations les paramètres mesurés durant notre stage ainsi que ceux effectués durant les années antérieurs, depuis l'ouverture de la station.

Les résultats sont analysés et comparés aux normes recommandées par l'OMS et le JORA afin d'évaluer les performances de la station d'épuration par boues activées de Sidi Ali Lebhar.

III.1. Interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques et biologiques**III.1.1. La température (T)**

La température est un paramètre physique déterminant, il reste toujours responsable de plusieurs réactions pouvant se produire dans l'eau. La représentation graphique des températures enregistrées durant la période de notre stage de l'année 2022 sont illustrées dans la figure III.1, on constate d'après ce graphe que la valeur de la température n'a jamais dépassée celle de la norme qui est 30°C selon l'OMS et JORA.

Elles se situent dans un intervalle qui va du minimum de 15,5°C au maximum de 18,1°C à l'entrée, et entre 16,77°C et 21,4°C à la sortie.

La figure III.2 représente la variation de la moyenne annuelle de la température des eaux brutes de notre station ainsi que son écart type, couvrant les années 2017 à 2021. Ces températures moyennes annuelles ne montrent guère de différence significative avec celles enregistrées au cours de notre stage en 2022 et demeurent largement inférieures à la norme de rejet.

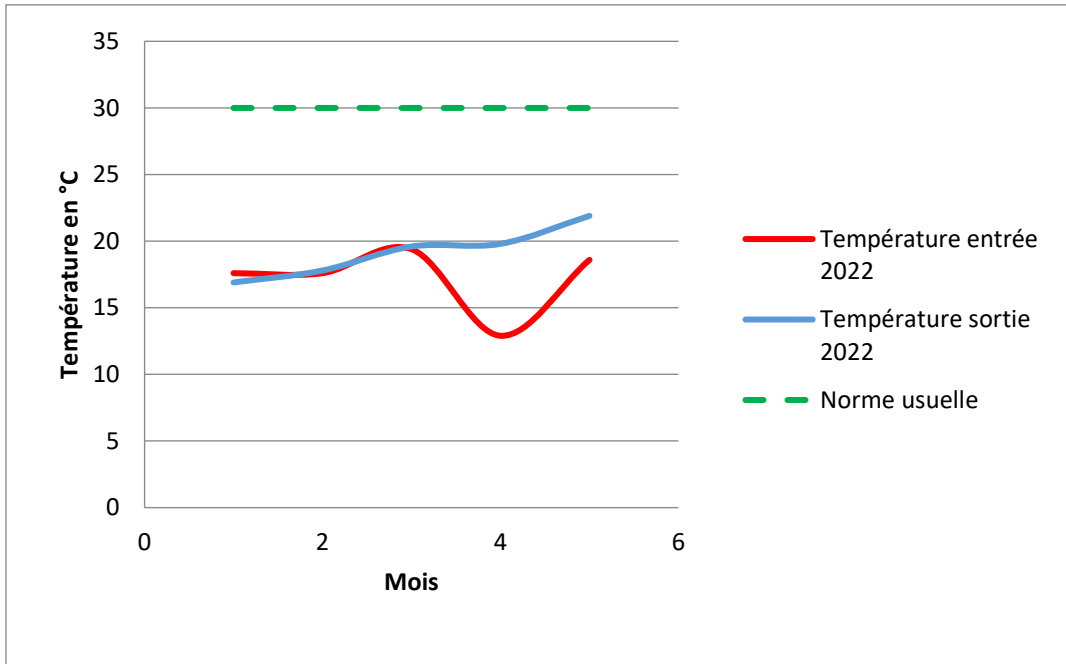


Figure III.1 : Variations mensuelles de la température des eaux brutes(E) et épurées(S)

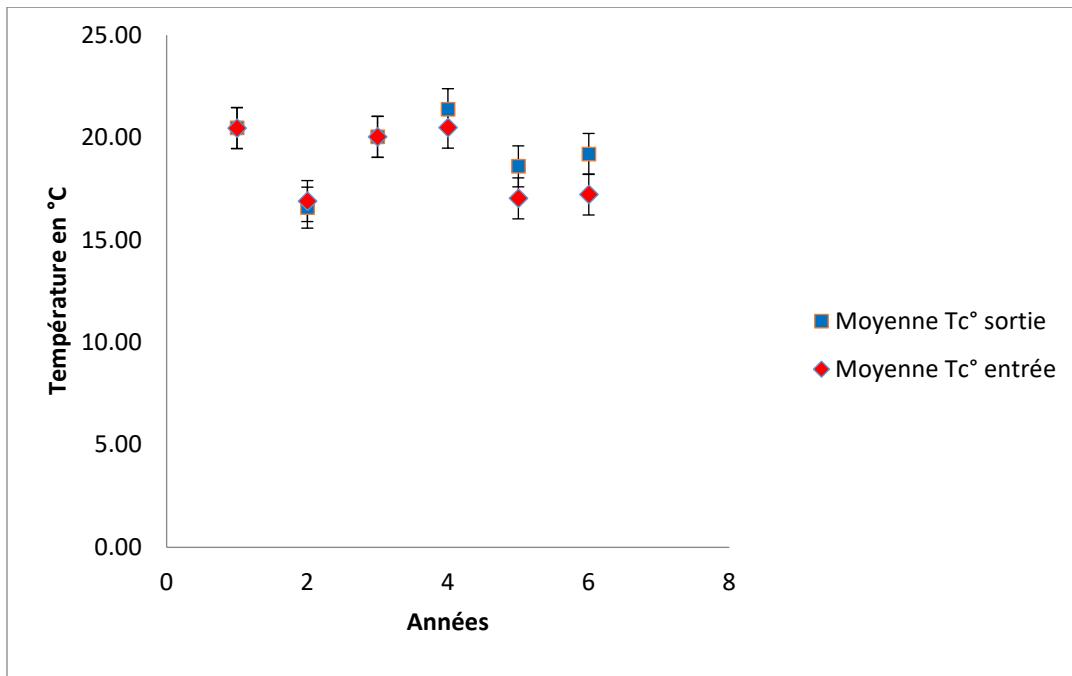


Figure III.2 : Moyenne annuelle et écart type de la température des eaux brutes

III.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène nous renseigne sur l'acidité et la basicité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la station. L'objectif principal du traitement de rapprocher les eaux rejetées dans la nature de la neutralité.

La figure III.3 montre le regroupement des résultats des pH obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP. Les valeurs du pH des différents échantillons se situent dans un intervalle qui va du minimum de 7,50 au maximum de 7,80 à l'entrée, et entre 7,21 et 7,53 à la sortie. Ces valeurs sont favorables à l'action bactérienne, pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie.

Les résultats ainsi obtenus sont conformes à la norme de 6,5 – 8,5 selon l'OMS et JORA.

La figure III.4 représente la variation de la moyenne annuelle du pH ainsi que son écart type. Il s'avère que toutes les teneurs en élément du pH ainsi que la variation de son écart type est située entre la norme inférieure et la norme supérieure (6,5-8,5).

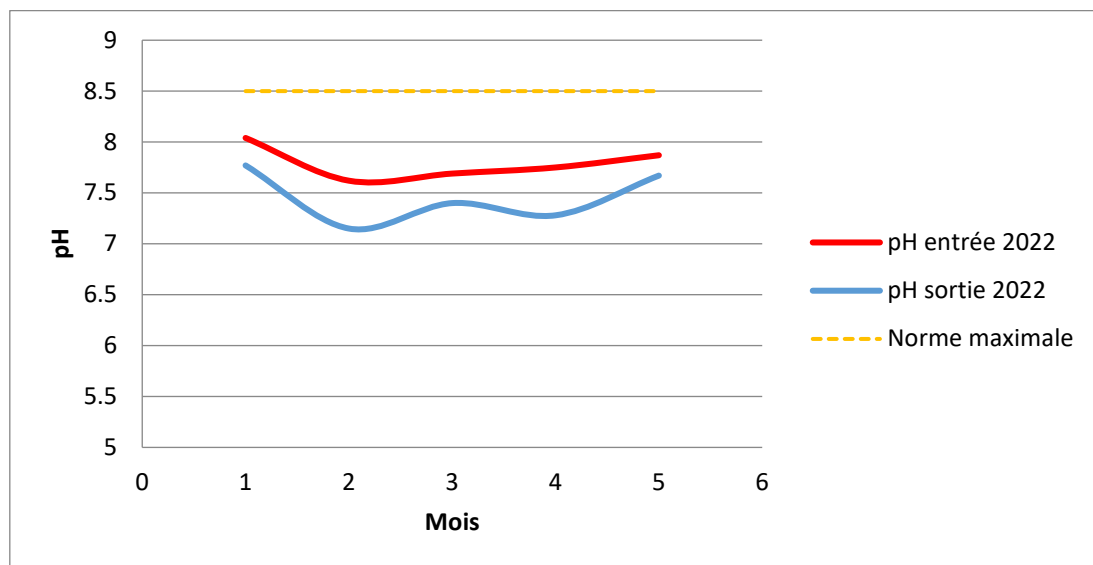


Figure III.3 : Variations mensuelles du pH des eaux brutes(E) et épurées(S)

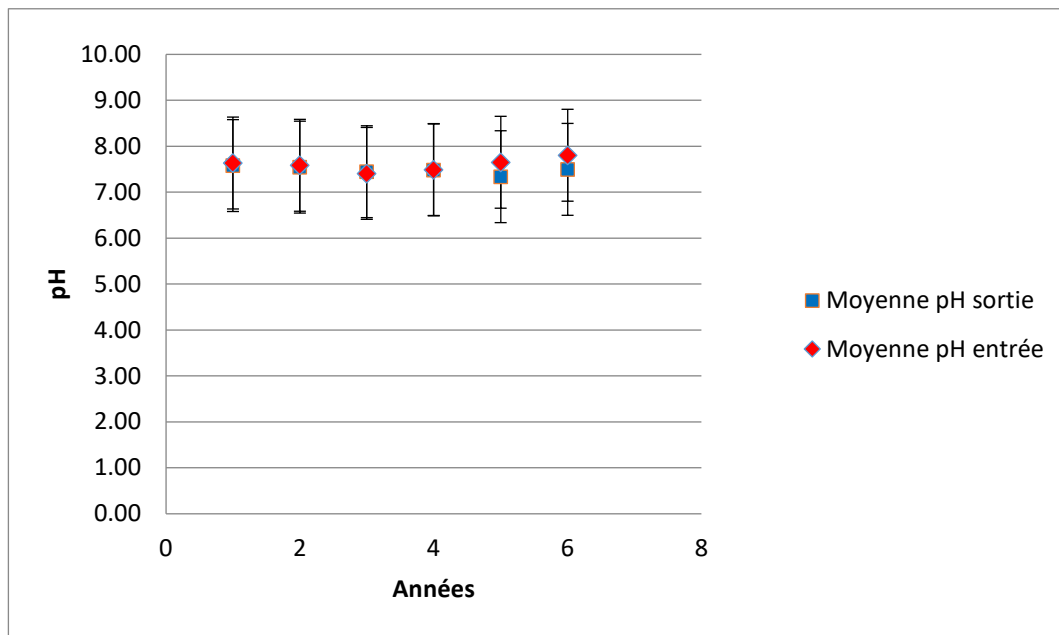


Figure III.4. Moyenne annuelle et écart type du pH des eaux brutes

III.1.3. Matières en suspension (MES)

La matière en suspension (MES) englobe tous les éléments se trouvant dans l'eau sur la figure III.5 sont représentées les teneurs en MES mesurées à l'entrée et à la sortie de la STEP. D'après ces résultats, les valeurs des matières en suspensions des différents échantillons se situent dans un intervalle qui va du minimum de 215 mg/l au maximum de 286 mg/l à l'entrée, et entre 5,7 mg/l et 19 mg/l à la sortie. La présence des MES cause la turbidité de l'eau et peut affecter la croissance des différents organismes qui y vivent (Rodier et al, 2009). Toutefois, les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide. Pour cette raison leur diminution ou même leur élimination reste une exigence au niveau des STEP. Ces valeurs de taux présentant dans le graphe sont élevées mais demeurent inférieure à la norme du rejet de l'OMS 30 mg/l et à celle du JORA à 35 mg/l.

La figure III.6 représente la variation de la moyenne annuelle de la MES. Il s'avère que toutes les teneurs en élément du MES sont largement supérieures à la norme.

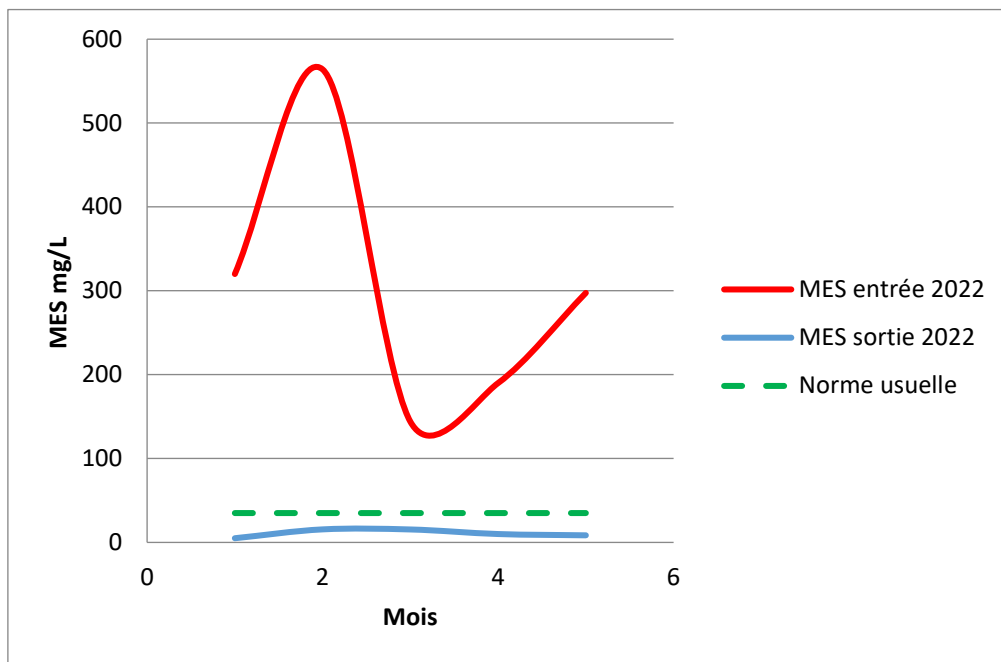


Figure III.5 : Variations mensuelles des MES des eaux brutes(E) et épurées(S)

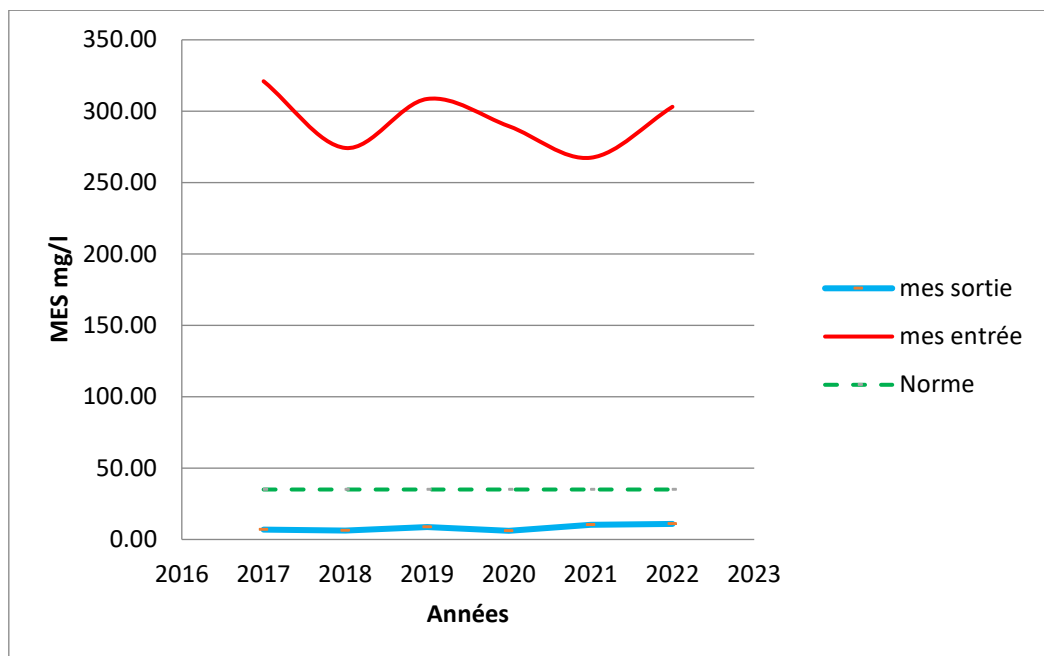


Figure III.6. Moyenne annuelle de la MES des eaux brutes

III.1.4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est présentée comme la quantité d'oxygène nécessaire pour pouvoir dégrader une matière organique (figure III.6).

La figure III.6 est un regroupement des résultats de la DBO₅ obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP représenté durant notre période de stage de l'année 2022. D'après ces résultats, les valeurs de la DBO₅ des différents échantillons se situent dans un intervalle qui va du minimum de 195 mg/l au maximum de 280 mg/l à l'entrée, et entre 4 mg/l et 7 mg/l à la sortie. On observe que le traitement au niveau de la STEP a diminué la DBO₅. Les valeurs de DBO₅ des eaux rejetées sont conformes aux normes algériennes (JORA) 35 mg/l et sont proches de celles décrites par l'OMS qui sont fixées à 30 mg/l.

A cet effet, il ya lieu de signaler que le maximum de pollution organique biodégradable est éliminé par la STEP.

La figure III.8 représente la variation de la moyenne annuelle de la DBO₅. Il s'avère que toutes les teneurs en élément de la DBO₅ sont largement supérieures à la norme.

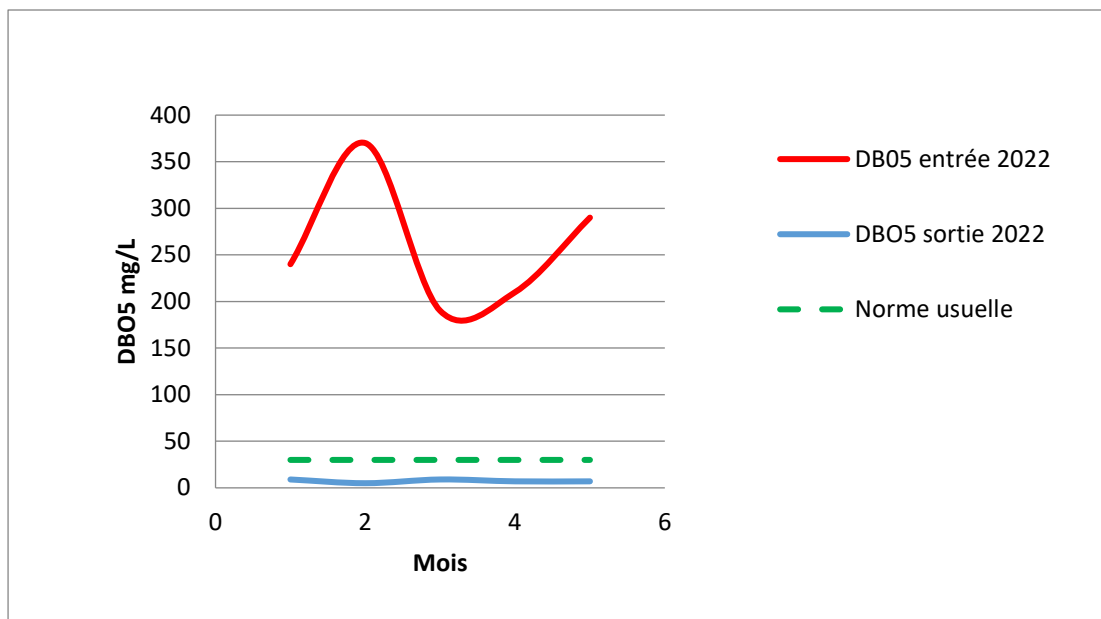


Figure III.7 : Variations mensuelles de la DBO₅ des eaux brutes(E) et épurées(S)

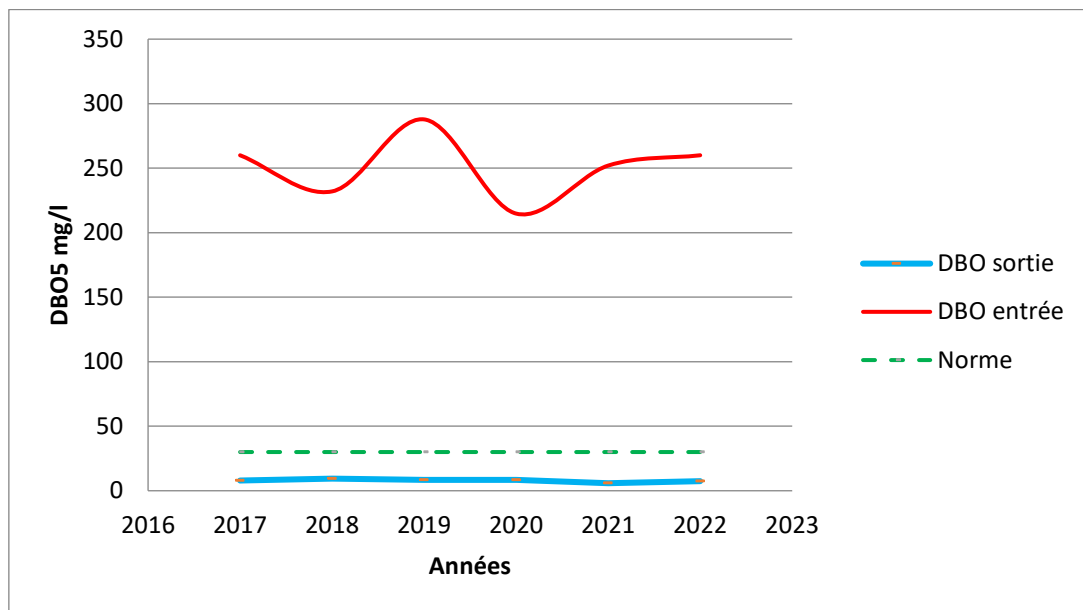


Figure III.8. Moyenne annuelle de la DBO5 des eaux brutes

II.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est présentée comme la quantité d'oxygène nécessaire pour pouvoir dégrader une matière chimique (figure III.9).

La figure III.7 est un regroupement des résultats de la DCO obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP durant la période de notre stage de l'année 2022. D'après ces résultats, les valeurs de la DCO des différents échantillons se situent dans un intervalle qui va du minimum de 365 mg/l au maximum de 596 mg/l à l'entrée, et entre 30,4 mg/l et 37,2 mg/l à la sortie. La demande chimique en oxygène est utilisée pour exprimer la charge de pollution ou de substrat. De plus, c'est un paramètre qui peut être dosé rapidement. Ceci renseigne sur la quantité totale des matières organiques et minérales présentes dans le substrat. Les valeurs de DCO à la sortie de la STEP sont conformes aux normes algériennes (JORA) 120 mg/l et aux normes de l'OMS 90mg/l concernant les rejets.

La figure III.10 représente la variation de la moyenne annuelle de la DCO. Il s'avère que toutes les teneurs en élément de la DCO sont largement supérieures à la norme.

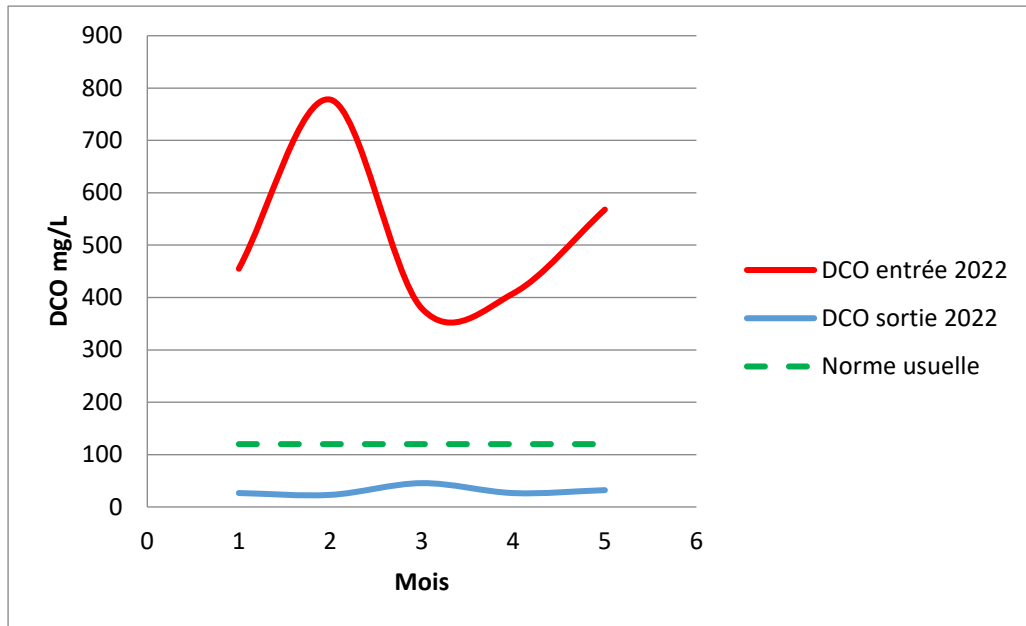


Figure III.9 : Variations mensuelles de la DCO des eaux brutes(E) et épurées(S)

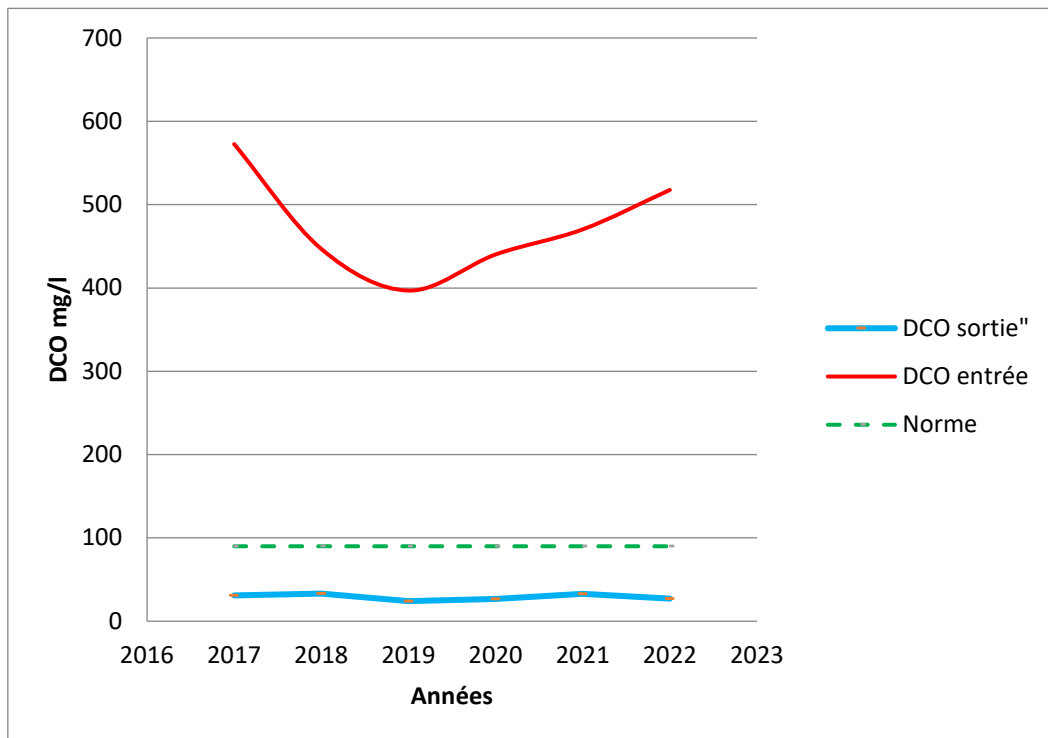


Figure III.10. Moyenne annuelle de la DCO des eaux brutes

Conclusion

A la lumière de cette présente analyse des résultats et discussions à travers ces différentes mesures, il est clair que le traitement physico-chimique et biologique des eaux usées à la STEP de Sidi Ali Lebhar est presque suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants et de réduire le risque sanitaire à un degré tolérable et que toutes les teneurs en éléments à la sortie sont largement inférieures à la norme maximale acceptée.

Toutefois, dans le traitement microbiologique, la non élimination totale de plusieurs bactéries indique une insuffisance dans le fonctionnement de la station et de déduire que l'eau traitée n'est pas encore recommandée à une utilisation agricole.

Conclusion générale

Notre projet, de fin d'étude, a été pour nous une occasion de suivre de près les différents mécanismes régissant un important programme de protection de l'environnement et du développement durable. Cette opportunité d'utiliser nos connaissances théoriques et d'en acquérir d'autres, d'ordre technico-pratique dans le domaine du traitement des eaux usées, que ce soit en amont ou en aval d'une longue série de mesures quantitatives et qualitatives.

Notre étude consiste donc à une contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement dans la station d'épuration des eaux usées de Sidi Ali Lebhar, dans la perspective de réutilisation des eaux usées épurées mais aussi dans la protection des milieux naturels récepteurs.

Les paramètres indicateurs de pollution obtenus durant notre stage, indiquent que le système épuratoire est satisfaisant, et les résultats sont en accord avec les normes de rejet des effluents de boue activée imposées par la réglementation en vigueur, Les effluents traités ont été caractérisés par une température dans la normale saisonnière et un pH variant dans le domaine de la neutralité et la DCO, MES et la DBO₅ se sont avérées conformes.

A la lumière des résultats obtenus, on conçoit qu'une station de traitement des eaux usées doit avoir le moins d'impacts possibles sur le milieu récepteur. Pour cela, la station doit avoir les plus hautes capacités épuratoires possibles. C'est le moins qu'on puisse conclure sur la STEP de Sidi Ali Lebhar.

Cependant, il est nécessaire, pour évaluer davantage sa qualité de :

- Compléter les analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses microbiologiques, ainsi qu'un contrôle de la boue activée.
- Agrandir la STEP en la dotant d'un plus grand nombre de bassins d'aération afin de pallier l'impuissance du dispositif vis-à-vis de la grande charge polluante entrant quotidiennement dans la station.
- Suivre l'évolution des paramètres de l'eau rejetée par la station tout le long de son parcours au sein de la mer de Sidi Ali Lebhar afin d'évaluer les conséquences de l'utilisation de ces eaux sur l'irrigation, sur l'environnement et la santé humaine et animale.

Aujourd'hui en Algérie, les rejets des stations d'épuration des eaux usées ne sont pas mis en valeur. Les eaux épurées sont malheureusement déversées dans la nature au lieu d'être exploitées dans l'irrigation, et les boues sont entassées dans les stations d'épuration au lieu d'en faire profiter le secteur de l'agriculture et bien d'autres secteurs. Cette situation prendra sûrement fin un jour. Pour y remédier, il suffit juste d'avoir cette volonté d'attirer l'attention des acteurs concernés, à savoir les responsables en charge du secteur des ressources en eau, les pouvoirs publics ainsi que les agriculteurs.

References Bibliographiques

- **A. Liénard et al, (2004) :** Qualité des eaux et prévention des pollutions, Schéma en coupe d'une station de lagunage naturel, **Cemagref.**
- **Albert Amselem** rapport de Montréal, 26 avril 2013. Étude des effets de la minéralisation de boues, la méthanisation par digestion anaérobie, université de Québec.
- **Aussel Henri., Colette le Bache., Gaziella Domier (2004) :** Traitement des eaux usées ED 5026, 4 pages.
- **Barthe, C., J. Perron et J.M.R. Perron (1998) :** Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable, document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155p. +annexes.
- **Bassompierre Cindy (2007) :** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Domain_stic. Inge. Institut National Polytechnique de Grenoble- INPG. Français.
- **Baumont- S, Camard-P- Lefranc A- Franconi -P, (2005) :** Réutilisation des eaux épurées, risque sanitaires et faisabilité en ile de France- institut d'aménagement et d'urbanisme ile de France.
- **Bechac J.P. et Boutill P, (1987) :** Traitement des eaux usées, 2ème édition. Ed. Eyrolles, p 281.
- **Briefert, C. and Perraud, R. (2001) :** Chimie de l'environnement Air, Eau, Sols, déchets. De Boeck Université, Paris, 436p
- **BOEGLIN, J-C. (1998),** Traitement biologique des eaux résiduaires, mesure (J 3942). Edition Technique de l'ingénieur, Paris.
- **Bonjiovanni, J.-M., (1998) :** Traitement des boues résiduaires par l'association en série Université de Pau et des pays de l'Adour.
- **Bontoux, F.,** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, 2ème édition CEBEDOC, Diffusion Lavoisier 1993, p 170
- **Boudez, j-c., (2001) :** Rhéologie et physico-chimie des boues résiduaires pâteuses pour l'étude du stockage et de l'épandage. Thèse de doctorat Ecole Nationale du génie Rural, des Eaux et des forêts (ENGREF) de paris.
- **Bourrier, R., Satin, M., & Selmi, B. (2017) :** Guide technique de l'assainissement. 5e ed. Paris: Éditions Le Moniteur.
- **Boutin, C,** ingénieures N°34-p-47 a 55, éléments de comparaison technique et économiques des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, 22 mars 2010
- **Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004) :** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Ile- de -France. Rapport ORS ,220 p.
- **Brisou K.J., (1989) :** Indicateur et niveau de pollution des eaux usées, Rapport SRETIE N°88.

- **CANLER (2001) and CANLER et PERRET (2004,2007)**, Documents techniques FNDAE (données physico-chimiques) **ASANO et al. (2007)**. Documents techniques FNDAE (données microbiologiques).
- **CARDOT C. (1999)** : Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologique, Ed. Ellipses, France, 256p.
- **Chan, Y.J., Chong, M.F., Law, C.L., Hassell, D.G., (2009)**: A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. Chem. Eng. J. 155, 1–18. doi : 10.1016/j.cej.2009.06.041
- **Chocat. B ; Toumi. B (2004)** : Problématique de l'assainissement en Algérie, la Houille blanche pp130-136
- **Crime M.** Le traitement des eaux industrielles chargées en métaux lourds - turbine de l'eau, N°561 (1993) 3 -19.
- **CROSCLAUDE G. – LIVRE- .G.-LIVRE- (1999)** : Usages et polluants. ; Tome II : 210 p
- **Degrémont (2005)** : Mémento Technique de l'eau 2ème édition tome 1 édition Lavoisier
- **Degrémont** - Mémento technique de l'eau, 1236p, 8ème Ed, 178, relié, 1978.
- **Degrémont t**, mémento technique de l'eau, dixième édition, tom 1 et 2. 2005.
- **Degrémont G.** Mémento Technique de l'Eau, version électronique 2001
- **Deronzier, G., Schétrite,S., Racault, Y., Liénard, A., Héduit, A., D., Duchéne P., (2001)** : Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités technique, FNDAE n°25 – CEMAGREF ,
- **Desjardins. R, (1990)** : Le traitement des eaux, 2^{ème} édition revue de l'école polytechnique de Montréal.
- Document technique, Le volume des eaux usées épurées estimé à 500 millions m³/an, CNES, 2005 Algérie.
- **Deshayes M, 2007- 2008**, Guide pour l'établissement des plans d'assurance de la qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boue activée en lot séparés, mémoire de projet de fin d'étude, INSA de Strasbourg
- **Desjardins R., (1997)** : Le traitement des eaux», deuxième édition, édition Ecole polytechnique de Montréal, Canada, p 303.
- **Driessen, W., Vereijken., (2003)** : Recent developments in biological treatment of brewery effluent. Inst. Guild Brew. Conv. Livingstone Zamb. 10.
- **DROUART, E. VOUILLAMOZ, J-M. (1999)** : Alimentation en eau des populations menacées. Edition HERMANN, Paris.
- **Dugniolle – H., (1980)** : l'assainissement des eaux résiduaires domestiques CSTC revue n°3 septembre.
- **ECKENFELDER W., (1982)** : Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Caractéri - station – Techniques d'épuration – Aspects économiques. L. Vandevenne, (trad) xiv, Tec & Doc Lavoisier, Paris, 503p.
- **Edberg, SC , EW Rice, RJ Karlin et MJ Allen., (2000)**: Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, 88:106S-116S.

- **Elmund, GK, MJ Allen et EW Rice., (1999):** Comparison and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ. Res.*, 71: 332-339.
- **Forstner, U. and Wittman, G.T. (1983)** Metal Pollution in the Aquatic Environment. 2nd Edition, Springer, New York. ..
- **Gaujous D., (1995) :** La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Ed. Technique et documentation. Lavoisier, Paris. 220p.
- **GOMELLA, C & GUERRE, H., (1978):** Le traitement des eaux publiques, industrielles et Privées», Ed. Eyrolles, Paris, 262 p.
- **Hartani, T., (2004) :** la réutilisation des eaux usées en irrigation Mitidja Algérie INA Alger
- **Jaiyeola, A.T., Bwapwa, J.K., (2016) :** Treatment technology for brewery wastewater in a water-scarce country : A review. *South Afr. J. Sci.* 112, 1–8.
- **Jarde E., (2002) :** Composition organique de boues résiduaires de stations d'épuration lorraines ,caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation» [en ligne].
- Journal officiel de la république Algérienne (**JORA**) **2005.**
- **Karia, GL. R.A., Christian., (2003) :** Wastewater traitement, concepts and design approach» 365 pages.
- **Kessira, M., (2013) :** Valorisation des eaux usées épurées en irrigation, Synthèse Internationale du Projet, Sécurité d'utilisation des eaux usées en agriculture, Téhéran, Iran, 26-28 Juni.
- **Koller E., (2004) :** Traitement des pollutions industrielles. Ed, Dunod. Paris, 424p.
- **Lada Kochtcheeva and Ashbindu Singh. (2000):** An assessment of risks and threats to human health associated with the degradation of ecosystems.
- **Leclerc H., Gaillard J.L. et Simonet M. (1995) :** Microbiologie générale, La bactérie et le monde bactérien. Paris : Doin Éditeurs, 516-517-535.
- **Léonard A., (2002) :** Etude du séchage convective des boues de station d'épuration suivi de la texture par micro-tomographie a rayon x, thèse de doctorat, Faculté des sciences appliquées, université de Liège.
- L'intégration du développement durable dans les projets de quartier, MRE ; 2006
- Manuel documentaire sur la problématique des eaux usées **ONA 2015**
- **Marcel, Francis Pastor., (2013) :** L'assainissement des eaux usées en agglomération parisienne, principes et procédés SIAAP, colombe, p 92.
- **Martin G. (1987) :** Présence des produits phosphorés dans l'environnement. in : Point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau-air) (éd. Martin, G) 3, Lavoisier.
- **More, T.T., Yan, S., Tyagi, R.D., Surampalli, R.Y., (2012):** Applications of Membrane Processes for Concentrated Industrial Wastewater Treatment, in: Membrane Technology and Environmental Applications. American Society of Civil Engineers, pp. 217–238.
- **Mozas, M & Ghosn, A,** Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie, document technique 2013

- **Manuel STEP**, Procédé normalisé du travail, station de traitement des eaux usées Sidi Ali Lebhar Bejaia, PNT analytique DCO (Manuel interne), 22/01/2013.
- **OIEau**, office international de l'eau-conception / dimensionnement : caractérisation des eaux usées disponible sur : DFE/ CNFME/ L : utilisât/ JP/F07/DOCPDA-1/Caractérisation des EU. Doc- 2005.
- **ONA** « office national de l'assainissement Algérie» 2009, Document travail
- **ONA** « office national de l'assainissement Algérie» 2015.
- **ONA**, Système de Management environnemental, ISO 14001, Audit, 2017
- **ONA** « office national de l'assainissement Algérie» 2022.
- **OMS, 2000**, Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2- critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la santé, 2^e édition, 1050 p.
- **Jean-Claude BOEGLIN, Jean-Louis ROUBATY** .Procédés chimie - bio - agro | Opérations unitaires. Génie de la réaction chimique 2007.
- **PNUE/OMS, 1977**. Recommandations pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional des **P'OMS** pour l'Europe, Copenhague, 168p.
- **Ramade F., 2002**. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. (eds.) , Dunod, Paris, 1085 pp.
- **Rejsek, F. , (2002)** : Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. Science et techniques de l'environnement. 360 p.
- **Rodier J., (2009)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer», 9eme édition, édition Dunod, Paris,.
- **Rodier J, Bazin C, Broutin JP, Chambon P, Champsaur H, Rodier L. 1996**. L'Analyse de l'Eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux de Mer (8th edn). Dunod : Paris ; 1384.
- **Rodier J, Legube B, Merlet N., (2009)** : L'Analyse de l'Eaux, Eaux Naturelles Eaux Résiduaires, Eaux de Mer (9th edn), Dunod : Paris.
- **Rodier, J. (2009)** : L'Analyse de l'Eau Eaux Nturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer (9e édn, Paris Dunod)
- **Rodier, J., Legube, B. and Merlet, N. (2005)** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- **sandquist M and N papadakis (1982)**, surging incombined free surface pressurized, systems journal and transportation engineering.
- **SATIN M., SELMI B., (1999)** : Guide technique de l'assainissement, Moniteur référence technique, Editions du moniteur, Paris.
- **Satin M et Selmi B**, Guide technique de l'assainissement, Edition le Moniteur Paris, 2006.
- **Satin, M., Bourrier, R., Selmi, B.** Guide technique de l'assainissement, 4^{ème} édition, le moniteur référence technique, Parise, 2010.
- **Schwartzbrod et al**, virologie des milieux hydriques, source 1991, éditeur Technique et documentation Lavoisier, Paris, pages 304 p

- **Shi, H., 2000.** Industrial wastewater types, amounts and effects, in: point sources of pollutions: Local effects and it's control. Encyclopedia of Life Support Systems, Paris, France, p. 4.
- Stations d'épuration, STEP EL KARMA et STEP CAP FALCON, manuel ONA 2009
- **SILMAN SY, PAPA Sidy TALL,** Etude de réhabilitation de la station d'épuration de SALY PORTUDAL, 2002-2003.
- **Simate, G.S., Cluett, J., Iyuke, S.E., Musapatika, E.T., Ndlovu, S., Walubita, L.F., Alvarez, A.E., (2011) :** The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. Desalination 273,235–247. doi : 10.1016/j.desal.2011.02.035
- **Taradat – Henry. M,** chimie des eaux, 2^{ème} Edition, les éditions du griffon d'argile, 1992 pp 213-215.
- **UN WATER, 2017,** Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017. Place de Fontenoy, 75352 Paris 07-SP.
- **VALIRON F. (1983).** La réutilisation des eaux usées. Paris, édition du BRGM. Lavoisier.
- **Veolia Eau. (2008) :** Les Enjeux d'assainissement. Service Technique. Marseille: Région Sud -Est.
- **Vilagines, R, (2003) :** Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrologie. 2^{ème} Ed, Lavoisier, paris, 198 pp.

Annexe

1. Les paramètres d'analyses à l'année 2017

1. La température (T)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	15,8	16,8	18	18,9	22,1	23	25,41	27,2	24,4	–	17,6	15,8
Sortie	15,4	16,6	18,1	19,1	22,7	23,7	26,26	27,3	24,8	–	16,7	14,5

2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	7,59	7,59	7,78	7,55	7,64	7,78	7,70	7,52	7,65	–	7,58	7,61
Sortie	7,53	7,53	7,79	7,52	7,63	7,68	7,61	7,50	7,56	–	7,50	7,53

3. Matière en suspension (MES)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	302	381	363	340	283	359	269	294	412	–	249	279
sortie	5,00	3,00	2,00	5,00	3,00	2,00	3,00	22,00	12,00	–	10,00	9,00

4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	290	375	320	360	305	285	260	245	345	–	220	230
sortie	6	4	4	6	7	7	13	DB	12	–	3	4

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	526	657	649	702	584	587	614	482	661	–	433	404
Sortie	28,15	31,1	26,65	29,25	35,2	20	31	31,2	42,4	–	30	35,1

2. Les paramètres d'analyses à l'année 2018

1. La température (T)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	16,8	14,5	16,4	19,2	–	–	–	–	–	–	–	17,6
Sortie	16,3	14,5	16,9	18,6	–	–	–	–	–	–	–	16,6

2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	7,42	7,56	7,67	7,40	–	–	–	–	–	–	–	7,88
Sortie	7,37	7,45	7,62	7,37	–	–	–	–	–	–	–	7,92

3. Matière en suspension (MES)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	287	352	258	212	309	226	206	310	288	209	255	379
sortie	7,00	8,00	11,00	10,00	2,00	2,00	2,00	7,00	2,00	4,00	10,00	9,00

4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	210	340	240	180	300	220	260	250	200	220	230	290
sortie	6	5	7	12	8	9	13	9	9	8	8	4

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	440	591	388	314	510	406	446	520	355	419	424	542
Sortie	41,2	33,1	38,4	34,5	31,3	27,5	36,6	34	26,7	29	37,8	36,2

3. Les paramètres d'analyses à l'année 2019

1. La température (T)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	17,5	17,5	16,9	18,1	21,1	23	25,8	26,9	–	–	16,6	16,9
Sortie	16,9	16,9	17,1	18,2	21	23,3	26,7	27	–	–	16,6	16,7

2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	–	–	7,08	–	6,95	7,57	7,54	7,59	7,56	7,70	7,36	7,34
Sortie	–	–	6,86	–	7,05	7,63	7,70	7,74	7,62	7,74	7,33	7,35

3. Matière en suspension (MES)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	204	284	194	358	307	326	327	525	420	261	282	215
sortie	6,00	7,00	12,50	7,00	16,00	11,00	10,00	10,00	4,00	5,00	9,25	7,58

4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	90	180	110	290	210	290	252	470	320	190	207	232
sortie	3	5	3	3	9	7	9	11	9	7	6	7

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	200	370	200	498	571	–	–	–	–	–	428	511
Sortie	27,4	39,2	18	10	26	–	–	–	–	–	26,7	21,73

4. Les paramètres d'analyses à l'année 2020

1. La température (T)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	14,1	19,6	14,1	–	–	–	24,4	26,35	25,7	22,81	19,99	17,30666667
Sortie	13,9	19,7	21	–	–	–	25	27,25	25,79	22,83	19,83	17,15555556

2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	7,41	7,35	7,47	7,35	7,56	7,48	7,54	7,73	7,32	7,37	7,59	7,75
Sortie	7,40	7,47	7,52	7,07	7,65	7,62	7,56	7,40	7,39	7,44	7,61	7,70

3. Matière en suspension (MES)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	295	310	189	282	460	351	287	262	203	216	271	348
sortie	8,11	4,00	2,67	6,90	10,13	11,20	7,02	6,00	2,42	3,54	3,54	7,28

4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	258	267	130	185	335	345	303	230	130	182	229	240
sortie	4,00	5,00	4,00	5,00	11,00	9,00	11,00	10,00	8,00	7,00	6,00	8,00

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Entrée	450	482	319	383	692	657	428	470	246	278	422	465
Sortie	30,85	25	17,15	18,95	31,55	35,6	28,2	28,35	24,45	24,98	29	29,95

I. Les paramètres d'analyses à l'année 2021

1. La température (T)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Entrée	16,96	17,5	17,1	15,5	18,1
Sortie	16,77	17,6	17,9	19,3	21,4

2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Entrée	7,62	7,61	7,59	7,76	7,68
Sortie	7,21	7,31	7,27	7,37	7,53

3. Matière en suspension (MES)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Entrée	280,1	274	286	215	282
Sortie	5,7	7	12	19	8

4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Entrée	202	280	253	195	330
Sortie	5,2	6	4	7	7

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Entrée	467,5	444	479	365	596
Sortie	30,95	30,4	31,6	37,2	34,6

5. Tableau des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal officiel de la République Algérienne, 2006)

Paramètre	Unités	Valeur limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	Mg/l	35
DBO ₅	Mg/l	35
DCO	Mg/l	120

-II. Les paramètres d'analyses à l'année 2022

1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Mois	janvier	Février	Mars	Avril	Mai
PH _E	8,04	7,62	7,69	7,75	7,87
PH _S	7,77	7,15	7,4	7,28	7,67

2. La température (T)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Température _E	17,6	17,6	19,4	12,9	18,6
Température _S	16,9	17,8	19,6	19,8	21,9

3. Matière en suspension (MES)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
MES _E	320	564	144	190	297,5
MES _S	5	15,55	15,45	10	8,46

4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
DBO _{5 E}	240	370	190	210	290
DBO _{5 S}	9	5	9	7	7

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
DCO _E	455	778	379	408	568
DCO _S	26,6	23,1	45,5	26,5	32,1

II. Tableau des normes physico-chimiques de rejets de l'organisation mondiale de santé OMS (1989).

Paramètre	Unités	Valeur limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
O ₂	Mg/l	5
MES	Mg/l	30
DBO ₅	Mg/l	30
DCO	Mg/l	90

Résumé

La station d'épuration (STEP) de Sidi Ali Lebher de Bejaia a pour fonction de d'effectuer d'abord le traitement physique des eaux usées domestiques.

Ensuite, il vient le tour de l'épuration, qui se fera grâce aux micro-organismes présents dans les eaux usées, les bactéries épuratrices effectuent le métabolisme pour dégrader la matière carbonée et azotée dans deux milieux aérobie et anaérobie au sein des compartiments de la STEP qui est le bassin biologique où on trouve un mélange homogène des floccs bactériens et de l'eau usée.. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur, destiné à séparer l'eau épurée (qui seront rejetés enfin en milieu aquatique) des boues. Le dernier procédé consiste en la désinfection des eaux épurées (chloration).

Notre mission était de suivre les différents procédés et le suivi de plusieurs paramètres des eaux avant et après les analyses.

Il en ressort que tous les éléments analysés répondent en normes des rejets.

Mots clés : épuration, eaux usées, boues activées, aération, micro-organismes, matière carbonée et azotée, STEP, liqueur mixte, Sidi Ali Lebher, procédé épuratoire.

Abstract

The purification station (STEP) of Sidi Ali Lebher of Bejaia has the function of carrying out first the physical treatment of domestic wastewater.

Then, comes the turn of the purification, which will be done thanks to the micro-organisms present in the wastewater, the purifying bacteria perform the metabolism to degrade the carbonaceous and nitrogenous matter in two aerobic and anaerobic environments within the compartments of the STEP, which is the biological basin where there is a homogeneous mixture of bacterial floccs and wastewater. After a sufficient contact time, the mixed liquor is sent to a clarifier, intended to separate the purified water (which will finally be discharged into the water environment) from the sludge. The last process consists of the disinfection of the treated water (chlorination).

Our mission was to follow the different processes and the monitoring of several water parameters before and after the analyses.

It appears that all the analyzed elements meet the standards of the discharges.

Keywords: purification, wastewater, activated sludge, aeration, microorganisms, carbonated and nitrogenous matter, STEP, mixed liquor, Sidi Ali Lebher, purification process.