

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



UNIVERSITE AHMED DRAIA- ADRAR

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Matière

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Physique

Option : Chimie de l'Environnement

Thème

Dimensionnement d'une station d'épuration type
lagunage naturel à la commune de Reggane,
Adrar

Présenté Par :
Mr. Abdellah BEN OMAR
et
Mr. Abdelkader BAKARI

Devant le jury composé de :

Mr. Nadhir DAMBA	Président	MCB	Université Ahmed Draia-Adrar
Mr. Said SLIMANI	Examineur	MCB	Université Ahmed Draia -Adrar
Mr. Abdelmadjid HABCHI	Promoteur	MCB	Université Ahmed Draia -Adrar

Année Universitaire 2021/2022

Dédicaces

À mes très chers parents, source de vie,
d'amour et d'affection.

À toute ma famille, source d'espoir et de
motivation.

À mes chers frères, source de joie et de
bonheur.

À tous mes amis.

Abdelkader BAKARRI

Dédicaces

À la mémoire de ma mère,

*À mon père qui m'a soutenu et encouragé durant ces années
d'études.*

*À mes frères, Ceux qui ont partagé avec moi tous les
moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont
chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon
parcours.*

*À ma petite famille, mes proches et à ceux qui me donnent de
l'amour et de la vivacité.*

*À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je
souhaite plus de succès.*

À tous ceux que j'aime.

Abdellah BENOMAR

Remerciements

Tout d'abord nous rendons grâce à Dieu, lui qui nous a permis d'être bien portant afin d'effectuer ce travail du début jusqu'à la fin. Nous remercions nos parents respectifs pour leurs soutiens durant notre parcours de formation. Nos remerciements s'adressent à notre encadreur Mr Abdelmadjid HABCHI, MAA à l'université d'Adrar, pour avoir accepté de diriger ce travail. Son soutien, sa compétence, son enthousiasme, sa disponibilité et sa clairvoyance m'ont été d'une aide inestimable. Nos remerciements vont aussi au membre du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce travail et de participer à la soutenance.

Par ailleurs, nos remerciements à l'équipe de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien à Adrar, au suivi efficace de notre travail pendant les essais et la période de stage.

ملخص

تعني السياسة البيئية والتنمية المستدامة في العالم بتوعية الإنسان بضرورة تحكمه في نفاياته المنزلية والحضرية. تعتمد معالجة المياه المستعملة الى انتاج مياه نقيه تمكن الانسان من إعادة استخدامها في القطاع الزراعي أو تصريفها في الطبيعة دون أن تترك أي آثار ضارة على البيئة. الهدف الرئيسي من عملنا هو معالجة المياه المستعملة لمنطقة رقان، وذلك من خلال اقتراح إنشاء محطة معالجة (بحيرة طبيعية). قصد معرفة بعض خصائص هاته المياه، قمنا بأخذ عينات من أماكن مختلفة وإجراء عليها بعض التحليل مثل : DCO، BOD₅، MES، الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة، و التوصيل الكهربائي(EC).

Résumé

La politique environnementale dans le monde et le développement durable implique que l'être humaine maîtrise de ses rejets domestiques et urbains. L'épuration des eaux usées consiste à produire une eau usée épurée qui peut être réutilisée en secteur agricole ou rejetée dans la nature sans effet nocif sur l'environnement.

L'objectif de notre travail consiste à traiter les eaux usées de la région de Reggane à partir de création d'une station d'épuration (lagunage naturel). Dans notre travail nous avons également fait l'analyse des certains paramètres tels que : DCO, DBO₅, MES, le pH, la température, et la conductivité électrique (CE).

Abstract

Environmental policy in the world and sustainable development implies that human controls his domestic and urban waste. Sewage treatment consists of to producing purified wastewater that can be reused in the agricultural sector or discharged into nature without harmful effects on the environment.

The aim of our work is to treat wastewater of Reggane region by the creation of a treatment station (natural lagoon). In our work we have also analyzed certain parameters such as: DCO, BOD₅, TSS, pH, temperature, and electrical conductivity (EC).

Liste des abréviations

DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours
MES	Matière en Suspension
DCO	Demande Chimique en Oxygène
ONS	Office National des Statistiques
STEP	Station d'Épuration
PDAU	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
EH	Equivalents Habitant
ACL	Asemblée Communale Locale
CE	Conductivité Électrique

Liste des schémas

Schéma I.1 Classification des eaux usées.....6
Schéma II.1 Schéma général de l'épuration à boues activées.....11
Schéma II.2 Minéralisation des matières organiques.....13
Schéma V.1 : Schéma type de lagunage propose.....50

Liste des figures

Figure II.1 : Lagunage naturel.....13
Figure II.2 Les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical.....17
Figure II.3 Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal.....18
Figure IV.1 :Localisation de commune de Reggane.....31

Liste des photos

Photo II.2 le prétraitement eaux usées.....15
Photo II.3 Lagunage aéré.....15
Photo IV.1 : Le rejet de Reggane.....33
Photo IV.2 Thermomètre électrique (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien).....38
Photo IV.3 pH-mètre (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien).....38
Photo IV.4 Conductimètre (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien).....38
Photo IV.6 DBO mètre pour la détermination de DBO₅ (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien).....39
Photo IV.7 DCO-mètre (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien).....40

Liste des tableaux

Tableau IV.1 Données climatiques à Reggane (Source : infoclimat 2009-2015).....	31
Tableau IV.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations en (mm).....	31
Tableau IV.3 Calcul de la population.....	34
Tableau IV.4 Estimation de débit.....	35
Tableau IV.5 : Les performances pour les quatre niveaux de traitement.....	37
Tableau IV.6 Dimensions dégrilleurs.....	41
Tableau IV.7 Dimensions de station de refoulement.....	41
Tableau V.1 : Dimensions de dégrilleur.....	45
Tableau V.2 : Dimensions de déssableur	45
Tableau V.3 : Dimensions de déshuileur	46
Tableau V.4 : Dimensions de regard	46

Table des matières

Résumé.....	I
Liste des abréviations.....	II
Liste des schémas.....	III
Liste des figures.....	III
Liste des photos.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Table des matières.....	V
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Les eaux usées

I.1 Définition.....	5
I.2 Types des eaux usées.....	5
I.2.1 Les eaux usées domestiques.....	5
I.2.2 Les eaux de ruissellement.....	5
I.2.3 Les eaux usées agricoles.....	5
I.2.4 Les eaux usées industrielles.....	6
I.3 Paramètre physico-chimique et bactériologiques des eaux usées.....	6
I.3.1 Analyses physico-chimiques.....	6
I.3.2 Analyses bactériologiques.....	8

Chapitre II : Procède de l'épuration des eaux usée

II.1 L'épuration des eaux usées.....	10
II.2.1. Procède de Boue activée.....	10
II.2.1.1. Définition.....	10
II.2.1.2. Mode de fonctionnement.....	10
II.2.1.3. Schéma général de l'épuration de boue activée :.....	11
II. 2.1.4. Avantages et inconvénients du procédé à boues activées:.....	11
II.3 Procède de lagunage:.....	12
II.3.1 Définition.....	12
II.3.2 Type de lagunage.....	12
II.3.3. Procède d'épuration par plante.....	18
II.3.3.1 Le bassin de finition à hydrophytes.....	18

Chapitre III: La pollution

III.1 La pollution.....	21
III.2. Classification.....	21
III. 2.1. Pollution physique :.....	21
III. 2.2. Pollution chimique :.....	21
III. 2.3. Pollution biologique :.....	21
III. 3. Origine de la pollution.....	22
III. 3.1. Pollution domestique.....	22
III. 3.2. Pollution par les matières en suspension (MES).....	22
III. 3.3. Pollution par les substances chimiques.....	22
III. 3.3.1. Pollution par le phosphore.....	23
III. 3.3.2. Pollution par les différentes formes d'azote.....	23
III. 3.4. Pollution urbaine.....	24

III. 3.5. Pollution agricole.....	24
III. 3.5.1. Utilisation des engrais en agriculture.....	24
III. 3.5.2. Utilisation des pesticides en agriculture.....	25
III. 3.6. Pollution industrielle.....	25
III. 4. Les principaux polluants.....	25
III.4.1 Les matières organiques.....	26
III.4.2 Les éléments minéraux.....	26
III.4.3 Les métaux lourds.....	26
III.4.4 Les matières pathogènes.....	26
III.4.5 Les substances toxiques.....	26
III. 5. Conséquences de la pollution.....	27
III. 5.1. Conséquences sanitaires.....	27
III. 5.2. Conséquences écologiques.....	28
III. 5.3. Conséquences esthétique.....	28
III. 5.4. Conséquences industrielles.....	28
III. 5.5. Conséquences agricoles.....	28

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1 Introduction.....	31
IV.2 Identification la zone d'étude.....	31
IV.3 Présentation de l'agglomération.....	31
IV.3.1 Climat.....	32
IV.3.2 Température.....	32
IV.3.3 Précipitations.....	32
IV.3.4 Vents.....	33
IV.3.5 Evaporation.....	33
IV.3.6 Humidité.....	33
IV.3.7 L'insolation.....	33
IV.4 Calcul de la population.....	35
IV.5 Calcul de débit des eaux usées.....	35
IV.6 Principe général.....	36
IV.7 Principe de la filière retenue.....	36
IV.8 Données de base du projet.....	37
IV.8.1 Quantitatif des eaux usées (Commune de Reggane, horizon d'étude 2050).....	37
IV.8.2 Nature des eaux usées.....	37
IV.8.3 Les normes imposées de rejet.....	38
IV.8.4 Caractéristiques du site d'implantation à proposer.....	38
IV.9 Les paramètres analysés.....	38
IV.9.1 La température.....	38
IV.9.2 Le potentiel hydrogène (pH).....	39
IV.9.3 La conductivité électrique (CE).....	39
IV.9.4 La demande biologique en oxygène DBO ₅	40
IV.9.5 La demande chimique en oxygène DCO.....	40
IV.10 Descriptif des ouvrages projets.....	41
IV.10.1 Amenée des eaux usées à l'entrée de la STEP.....	41
IV.10.2 Dégrilleur.....	42
IV.10.3 Station de refoulement.....	42
IV.10.4 Conduites de refoulement.....	42

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1 Introduction.....	44
V.2 Caractéristiques organoleptiques.....	44
V.2.1 Couleur.....	44
V.2.2 Odeur.....	44
V.3 Les paramètres analysés.....	44
V.3.1 pH.....	44
V.3.2 La conductivité électrique.....	44
V.3.3 La température.....	45
V.3.4 Les matières en suspension MES.....	45
V.4 La station d'épuration STEP à proposer (prétraitement).....	45
V.4.1 Dégrilleurs.....	45
V.4.2 Dessableurs.....	46
V.4.3 Déshuileur.....	47
V.4.4 Regard de répartiteur.....	47
V.4.5 Dimensionnement des lagunes.....	47
V.4.5.1 Estimation théorique de la composition des eaux usées.....	47
a. Charge journalière.....	48
b. Concentration de l'effluent.....	48
c. Calcul de la pollution le jour de l'AID.....	48
d. Estimation de la pollution exceptionnelle.....	49
e. Estimation de la pollution exceptionnelle.....	49
V.5 Le bassin de lagunage.....	50
V.5.1 Schéma type du lagunage proposé.....	50
V.5.2 Dimensionnement des bassins.....	51
V.5.2.1 Le premier bassin.....	51
V.5.2.2 Les bassin d'ordre 2 et 3.....	52
V.6 conclusion.....	53
Conclusion générale.....	54
Références bibliographiques.....	55

Introduction générale

Introduction générale :

La politique environnementale du monde et le développement durable permettent à l'homme de maîtriser ses propres rejets domestiques et urbains.

L'épuration des eaux usées consiste à produire une eau usée épurée qui peut être réutilisée en secteur agricole ou rejetée dans la nature (l'environnement) sans effet nocif sur les sols, les plants et l'être humain donc sur l'environnement. Par conséquent, la plupart des pays africain ont tendance à recourir aux procédés moins coûteux et biologique devient de jour en jour une nécessité.

Aujourd'hui, près de la moitié de la population mondiale vit dans les zones urbaines ; en 2025, ce chiffre dépassera 60%, soit environ 5 milliards de personnes. Cette croissance de la population citadine est particulièrement importante dans les pays pauvres : entre 1970 et 2000, cette population sera vraisemblablement passée de 635 millions à plus de 2 milliards, soit une augmentation de presque 350 % en 30 ans, alors que dans les pays riches elle ne sera que de 54%. Dans beaucoup de villes du Tiers Monde, la moitié seulement des besoins en eau potable est satisfaite et il manque dramatiquement d'infrastructures pour évacuer les eaux usées et les eaux de pluie, d'où les inondations et les maladies souvent meurtrières. De plus, la qualité des ressources en eau douce se dégrade çà cause des pollutions industrielles et domestiques. C'est un problème que les pays développés connaissent bien ; ils tentent de le résoudre depuis quelques années déjà, grâce à une technologie de plus en plus sophistiquée dont les pays pauvres ne disposent pas.

Dans ces conditions, et compte tenu de la croissance urbaine à venir ; vivre aujourd'hui dans une ville où l'eau est disponible en quantité suffisante et ne présente aucun danger pour la santé, et où les eaux usées sont évacuées sans risque pour les êtres humains et l'environnement, est une chance et même un luxe. (AITEC 2013)

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration. En effet, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %. D'après un rapport publié par l'Office national d'Assainissement (ONA) en 2015, l'Algérie compte 120 stations d'épuration qui produisent un volume de 14,6 millions de mètres cubes par mois d'eaux usées épurée. Toutefois ce volume reste très réduit par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours déversées dans les différents milieux naturels. (SAADI M., LAHMAR F. 2018).

En effet, ce n'est qu'en 2004 que le ministère des ressources hydrauliques a pris en charge la mise en œuvre du projet, qui comprenait la mise en place d'un système expérimental d'épuration des eaux usées basé sur un procédé naturel.

L'ACL de Reggane est dotée d'un réseau d'assainissement type séparatif destinée à collecter les eaux usées domestiques et pluviales ayant cinq (05) points de rejet. Les diamètres des collecteurs d'eaux usées varient entre Ø200, Ø250, Ø315, Ø400 et Ø500 mm en PVC avec des regards en béton, d'une profondeur variant de 1,5 m à 4,5 m.

Actuellement, elle détient cinq (05) points de rejet, à savoir :

RJ1 : 1er rejet d'Azrafil considéré comme un rejet secondaire de très faible débit ;

RJ2 : 2ème rejet de Taourirt c'est un rejet secondaire et sera raccordé au rejet de Reggane ACL (RJ3) ;

RJ3 : 3ème rejet de Reggane. Ce point de rejet sera le rejet principal de la commune de Reggane qui prendra en charge le maximum de Ksour, c'est le rejet le plus important ;

RJ4 : 4^{ème} rejet d'Ain Zeglouf (présente d'un traitement autonome qui est une lagune naturelle) ;

RJ5 : 5ème rejet d'Ait Messaoud considéré comme un rejet secondaire et non raccordable aux autres Ksour dû à sa topographie (HPO, 2016).

L'objectif de ce travail consiste à traiter les eaux usées de la région de Reggane avec une création d'une station d'épuration (lagunage naturel), en analysant les paramètres suivants : DCO, DBO5, MES, le pH et la température, La conductivité électrique (CE).

Ce travail est organisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre traite les généralités sur les eaux usées.
- Le deuxième chapitre est consacré au procédé de l'épuration des eaux usées.
- Le troisième chapitre la pollution.
- La quatrième chapitre étude expérimentale, matériels et méthode.
- La cinquième chapitre étude expérimentale, résultats et discussions.

En fin nous terminons avec une conclusion générale suivie par des références bibliographies.

Chapitre I : Les eaux usées

I.1 Définition :

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution. Certains des eaux usées peuvent avoir un caractère toxique.

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traitée avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources.

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que nous évacuons en tirant la chasse d'eau et lorsque nous utilisons nos éviers est considéré comme de l'eau usée.

Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées (Bachi, 2010)

I.2 Types des eaux usées :

Les eaux usées sont réparties en 4 catégories :

I.2.1 Les eaux usées domestiques

Sont énumérées comme étant notamment celles issues des installations sanitaires, des cuisines, du nettoyage des bâtiments, des lessives à domicile, de certains petits établissements et qui sont destinées à être déversées dans une station d'épuration.

I.2.2 Les eaux de ruissellement

Sont d'origine pluviale sont aussi considérées comme étant des eaux usées, si ce n'est qu'elles font, dans certains cas, l'objet d'un traitement séparé dans le cadre de leur évacuation.

I.2.3 Les eaux usées agricoles

Sont des « eaux usées provenant d'établissements ou sont gardés ou élevés des animaux entraînant une charge polluante globale inférieure à un chiffre maximal fixe par le gouvernement et qui ne sont ni des jardins zoologiques ni des ménageries permanentes ».

Parmi ces eaux, il faut distinguer :

➤ Les eaux brunes

Sont des eaux issues des aires non couvertes de parcours ou d'attente des animaux, souillées régulièrement par ces animaux.

➤ Les eaux de cours

Sont des eaux issues des aires en dur, souillées occasionnellement par les animaux lors

de leur passage et par les engins agricoles lors de leurs manoeuvres, a l'exclusion de toute aire de stockage proprement dite.

➤ **Les eaux vertes**

Sont des eaux de lavage des sols de salles de traite.

➤ **Les eaux blanches**

Sont des eaux usées issues du lavage des installations de traite.

Ces eaux font l'objet d'un traitement particulier, et ne peuvent en aucun cas se retrouver à l'égout. Une exception existe toutefois pour les eaux blanches qui peuvent, exceptionnellement être envoyées à l'égout moyennant l'accord de l'organisme d'assainissement agréé.

I.2.4 Les eaux usées industrielles

Sont des eaux usées autres que les eaux usées domestiques et agricoles. (Husson, Gobert, 2012).

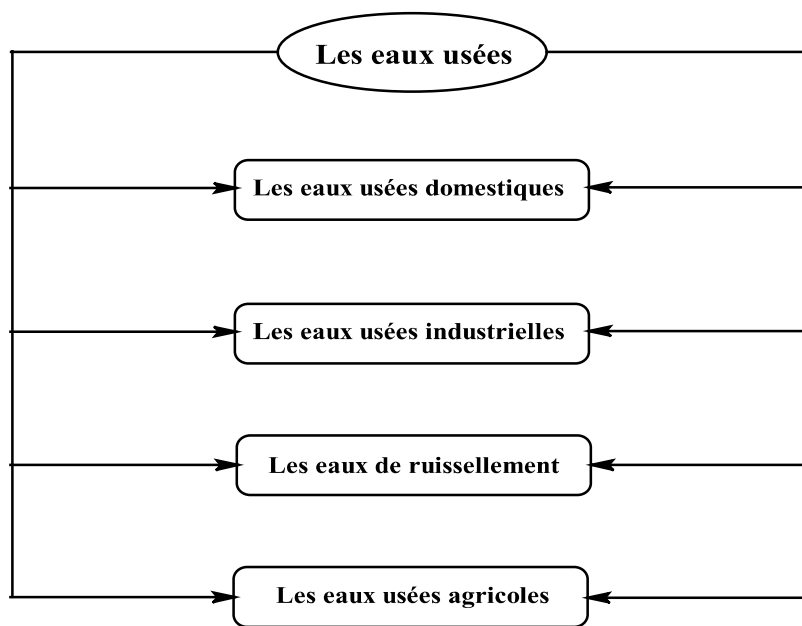


Schéma I.1 Classification des eaux usées

I.3 Paramètre physico-chimique et bactériologiques des eaux usées

I.3.1 Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques concernent le pH, la conductivité électrique, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO₅) et l'oxygène dissous et les nitrites (NO⁻²), les nitrates (NO⁻³) et les phosphates (PO₄⁻³) (Hamdi, 2012).

✓ **Potentiel hydrogène (pH)**

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H⁺) de la solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre (Rodier, 1996).

✓ **La température (T)**

L'augmentation de la température conduit à la diminution de la solubilité des gaz (oxygène). L'augmentation de la température est également favorisée l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation.

L'effet catalytique des enzymes en fonction de la température, passe par un maximum entre 33°C et 35°C, mais toutes ces réactions consomment de l'oxygène, si leur importance augmente. Les réactions chimiques ralentissent avec la diminution de la température jusqu'à un seuil où elles s'arrêtent totalement (moins de 5°C), tandis qu'une température très élevée cause la mortalité des quelques espèces d'êtres vivants.

✓ **La conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le siemens par mètre (S/m) : 1S /m = 10⁴ μS/cm = 10³ S/m. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau.

✓ **Matières en suspension (MES)**

La séparation des MES se fait par centrifugation. L'échantillon est mis en rotation à grande vitesse. L'application de la force centrifuge sur les particules solides permet de les rassembler dans le fond du tube sous forme d'un culot. Ce culot sera lavé, à l'aide d'eau distillée, placé sur un papier filtre, puis mis à sécher à 105°C. Le résidu sec est ensuite pesé. La concentration (C) des matières en suspension (MES) sera de:

$$C \text{ (mg/l)} = \frac{(M_1 - M_0) * 1000}{V}$$

soit:

M₀ : masse du papier filtre avant utilisation (mg) ;

M₁ : masse du papier filtre après utilisation (mg) ;

V : volume de l'échantillon (ml).

✓ **L'oxygène dissous**

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques .

✓ **Demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

Elle correspond à la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par une biomasse pour décomposer les matières organiques. Elle est mesurée à partir d'un DBO mètre, et exprimée en $mg\ d'O_2/l$ L'échantillon est incubé dans l'enceinte thermostatée à 20°C en présence d'air. Les microorganismes présents, consomment l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. La mesure de cette perte en oxygène est effectuée durant cinq jours par le principe hydrostatique (changement de niveau de mercure) (Baumont, 1997).

✓ **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau

✓ **Rapport de DCO/DBO₅**

Les matières présentes sont caractérisées d'une part selon qu'elles sont des solides en suspension (matières en suspension – MES) ou qu'elles sont oxydables, soit par un oxydant chimique (demande chimique en oxygène DCO), soit naturellement grâce aux processus biochimiques naturels, c'est-à-dire biodégradables (demande biochimique en oxygène DBO) (Rodier ,1996).

✓ **Les nitrites, les nitrates et les phosphates**

Ils sont dosés par colorimétrie, à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR/2000, qui donne par lecture directe, les concentrations de chaque élément. Le dosage des nitrites, nitrates et phosphates ont été réalisés au niveau du laboratoire de la station.

I.3.2 Analyses bactériologiques

Les analyses microbiologiques portent sur la recherche des coliformes totaux, les coliformes fécaux, les clostridium sulfito-réducteurs et les salmonella (Hamdi ,2012).

Chapitre II :

Procède de l'épuration des eaux usée

II.1 L'épuration des eaux usées :

L'épuration consiste à éliminer les matières minérales et organiques en suspension et en solution, ainsi qu'un certain nombre de déchets divers afin d'obtenir une eau épurée, conforme aux normes. L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour altérer le moins possible le milieu récepteur (Baichi, 2010).

II.2 Les procédés de l'épuration des eaux usées :

- Boue activée
- Lagunage naturel
- Lagunage aéré
- Lagunage macrophytes et microphytes.

II.2.1. Procède de Boue activée

II.2.1.1. Définition

L'épuration biologique des eaux usées par le procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter et appelé bassin d'aération. Le développement des boues est assuré par un brassage, formé surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisations. L'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et de surface (Canler, 1999).

II.2.1.2. Mode de fonctionnement

- Prétraitement
- Epuration primaire
- Epuration secondaire
- Epuration tertiaire
- Séparation des boues et de l'eau

II.2.1.3. Schéma général de l'épuration de boue activée

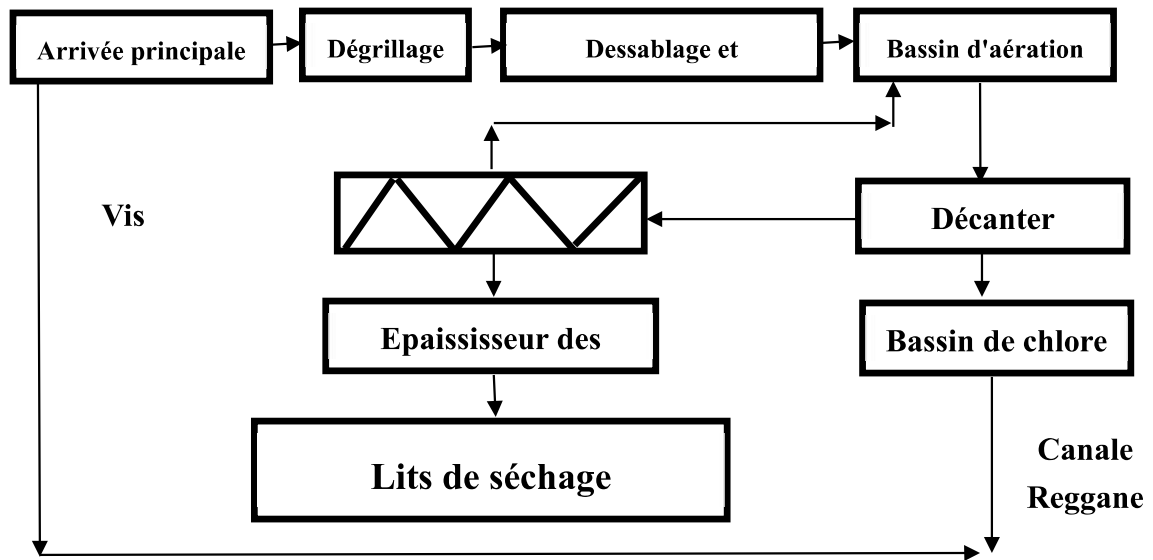


Schéma II.1 Schéma général de l'épuration à boues activées

II. 2.1.4. Avantages et inconvénients du procédé à boues activées

a. Avantages

- Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites)
- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification).
- Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.
- Facilite de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée (Perera et Baudot, 2001).

b. Inconvénients

- Coûts d'investissement assez importants.
- Consommation, énergétique importante.
- Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière.
- Décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser.
- Forte production de boues qu'il faut concentrer.

II.3 Procède de lagunage:

II.3.1 Définition

Le lagunage peut aussi être linéaire et avoir vocation de corridor biologique (utilisant un fossé ou ici une berge de canal, en bordure de Deule, en aval de Lile). Le lagunage, est une technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la déséutrophisassions. Le principe est de recréer des bassins « tampons » durant lesquels les eaux usées vont transiter, avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

Les phénomènes d'autoépuration des eaux se font ainsi dans ces bassins, de grande surface, plutôt que dans le milieu naturel (lac, rivière) qui est ainsi préservé des conséquences néfastes de ce phénomène d'autoépuration (la dégradation de la matière organique par les micro-organismes aérobies, entraîne une chute du taux d'oxygène dissous, ce qui a pour conséquence d'asphyxier la macrofaune et microflore aquatique (Doulye, 2002).

II.3.2 Type de lagunage

- a- Lagunage naturel.
- b- Lagunage aéré.
- c- Lagunage macrophytes et microphytes.

a . Lagunage naturel

Sous climat tempéré, le lagunage naturel nécessite une superficie de 10 à 15 m² par équivalent-habitant. On compte sur une station de 2 à 5 bassins disposés en série (avec un optimum pour 3 bassins), profonds de 1 à 1,7 mètres ou les effluents à traiter séjournent au total de 50 à 80 jours.

a.1 Mode de fonction-nement :

Prétraitement

- **Bassin naturel** : Dans ce bassin, l'élimination des déchets passe par deux voies :
- **La voie physico-chimique** : naturellement des réactions chimiques ont lieu dans l'eau entre les différents éléments minéraux déjà présents. Ces réactions tendent vers une certaine neutralité entre les différents composés ;
- **La voie microbiologique** : C'est le moyen le plus efficace où les déchets organiques sont progressivement dégradés par les bactéries.

Ce sont les bactéries qui jouent le rôle principal dans l'épuration des eaux en éliminant la matière organique par un processus connu sous le nom de minéralisation : Cela consiste à dégrader De la matière organique complexe en composés minéraux simples grâce à l'activité d'un enchainement micro-organismes (dans l'eau : essentiellement constitué de bactéries) (Perera et Baudot.2001).



Schéma II.2 Minéralisation des matières organiques

Cette minéralisation de la matière organique par les différentes bactéries permet la production d'eau, de sels minéraux (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) et de gaz (CO_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 ...), qui vont progressivement se diriger vers le second bassin(lagunage naturel).

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique .

a.2 Schéma général de lagunage naturel :

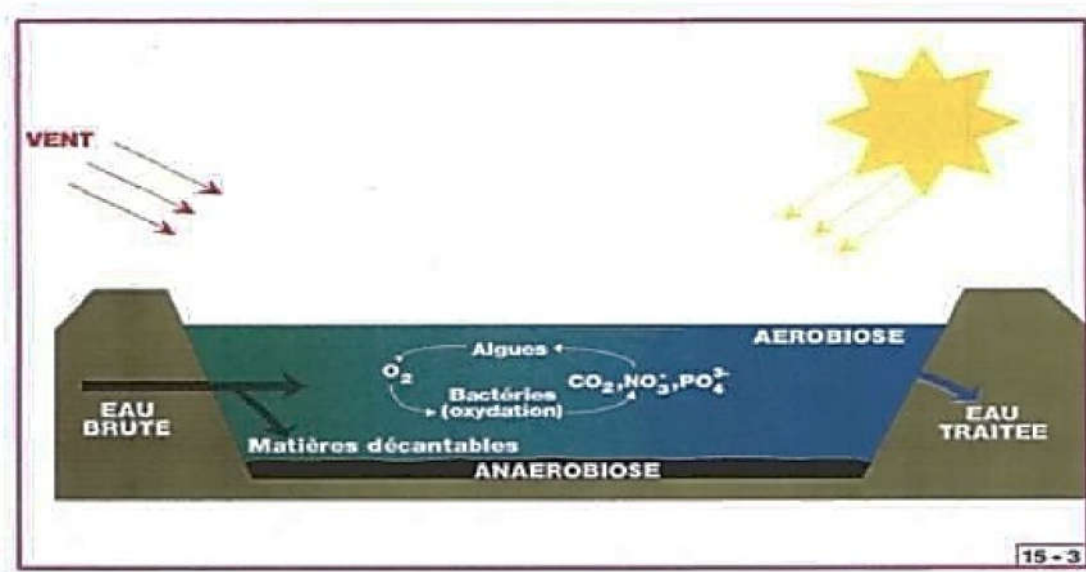


Figure II.1 Lagunage naturel

a.3 Avantages et inconvénients de lagunage naturel :

Avantages

- Faible coût d'exploitation
- Bonne intégration paysagère
- Bonne élimination des pathogènes, de l'azote et du phosphore
- Production de boues moins importante (qu'une station classique de type " boues activées), très minéralisées et donc peu fermentescibles.

Anconvénients

- Système respectueux de l'environnement.
- Difficulté et coût important de l'extraction des boues.
- Qualité du rejet variable selon les saisons.
- Matière en suspension importante en rejet (organismes planctoniques).
- Variations saisonnières de la qualité d'eau de sortie.
- En cas de mauvais fonctionnement ou de mauvais entretien.

b. Lagunage aéré :

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. L'oxygénation est dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air (Aerm, 2007).

- **Dans l'étage d'aération:** les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).
- **Dans l'étage de décantation:** les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantaent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire ce qui est préférable de deux bassins qu'il est possible de boy-passer séparément pour procéder à leur curage.

Mode de fonctionnement

- **Prétraitement**
- **Lagunes :**

Lagune d'aération : L'aération mécanique favorise le développement des bactéries

au

détriment de la population algale. Pour limiter les dépôts qui peuvent perturber le traitement et pour prévenir la formation d'algues microscopiques, il est nécessaire de surdimensionner les aérateurs.

Lagune de décantation : C'est le lieu de séparation physique des boues biologiques et de l'eau épurée. Cette lagune doit être régulièrement curée afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les dépôts de boues. La forme du bassin doit être rectangulaire avec un rapport longueur sur largeur de 2 à 3.

Lagune de finition : On peut y ajouter une lagune de finition de type mixte (microphytes et macrophytes) pour affiner le traitement notamment au niveau de l'azote et du phosphore.

L'élimination de ces deux paramètres peut se faire également pour le premier au niveau d'un réacteur de nitrification avec recirculation d'une partie des effluents en tête de lagune primaire et pour le second par voie physicochimique .

Schéma général de lagunage aéré :



Photo II.2 le prétraitement eaux usées



Photo II.3 Lagunage aéré

Avantages et inconvénients du lagunage aéré :

Avantages

- Accepte les variations assez importantes de charge organique ou hydraulique
- Accepte les effluents concentrés
- Accepte les effluents déséquilibrés en nutriments
- Bonne intégration paysagère
- Boues stabilisées
- Fréquence de curage espacée (tous les deux à cinq ans).

Inconvénients

- Nécessite un agent spécialisé pour l'entretien du matériel électromécanique
- Nuisance sonore possible
- Coût d'exploitation relativement élevé (forte consommation énergétique) .

C .Procède de Lagunage à macrophytes et microphytes

C .1. Lagunage à macrophytes :

Le lagunage à macrophytes est effectué dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau. Les bassins sont en général totalement couverts de plantes qui maintiennent ainsi des conditions anaérobies de dégradation de la matière organique initiée dans le décanteur digesteur. Les boues qui remontent sont piégées par les racines des plantes où se développe une intense activité bactérienne. La fourniture d'oxygène au milieu se fait par l'intermédiaire des racines des plantes (Doulye, 2002).

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

Plantation de végétaux (scirpes lacustres, phragmites, massettes, iris, joncs) dans 0,60 m d'eau sur un substrat sablograveleux de 0,40 m d'épaisseur.

Fonctionnement :

Les végétaux fixent les colonies de bactéries sur la base de leurs tiges et leurs rhizomes (tiges souterraines), ce qui améliore les performances des organismes épurateurs. Par ailleurs, ils absorbent par leurs racines une partie (10% environ) des sels minéraux-nitrates et phosphates-issus de la décomposition de la matière organique présente dans les eaux usées.

C.2. Lagunage à microphytes :

C'est le système le plus simple. Un bassin de 2 m de profondeur est utilisé pour éviter l'installation de plantes autres que les algues unicellulaires. Il reçoit des eaux brutes, chargées de matières organiques, après un « dégrillage » et un passage dans un bac dégraisseur. La présence d'une pellicule grasseuse compromettrait le bon fonctionnement du système (Baichi).

Ce traitement repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries. Grâce au rayonnement lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes. Les bactéries, ainsi que certains champignons microscopiques dégradent la matière organique en azote ammoniacal. Celui-ci, dans un milieu bien oxygéné, se transforme en nitrates assimilables par les algues, tout comme les phosphates qui proviennent en majeure partie des eaux de lessives.

Fonctionnement :

Repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries. Grâce au rayonnement lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes. Les bactéries – ainsi que certains champignons microscopiques – dégradent la matière organique en azote ammoniacal. Celui-ci, dans un milieu bien oxygéné, se transforme en nitrates assimilables par les algues, tout comme les phosphates qui proviennent en majeure partie des eaux de lessives. Les algues se multiplient alors dans le milieu et ainsi de suite.

C.3. Les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

Le premier étage alimenté 3,5 jours et laissé au repos 7 jours, le second est alimenté 3,5 jours et laissé au repos 3 jours l'infiltration rapide. L'oxygénation est favorisée par la présence des roseaux et l'alimentation est réalisée par bûchées (apports ponctuels homogènes sur la surface du filtre). (Brouillet, 2008)

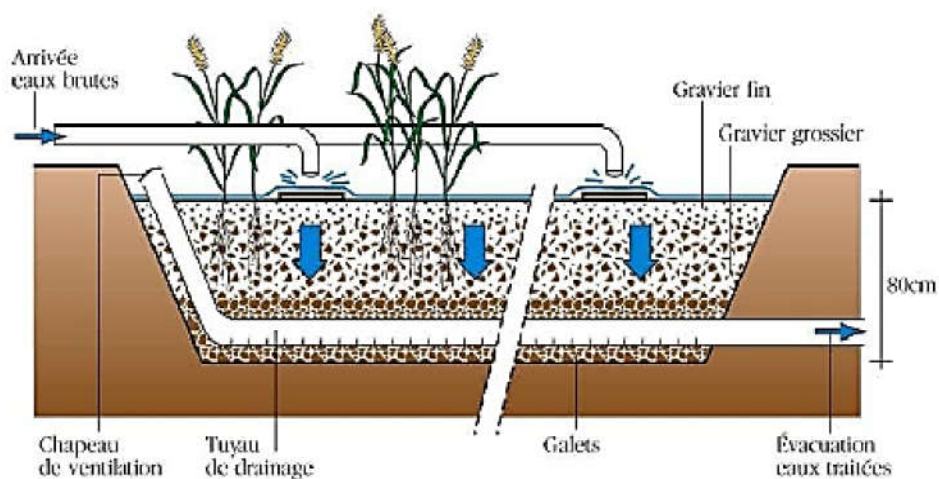


Figure II.2 Les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

C.4. Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal :

Le filtre est anoxique ou anaérobie. Il est saturé par un apport permanent d'effluent ayant obligatoirement subi un traitement primaire. Dans ce cas, on ne construit généralement qu'un filtre .

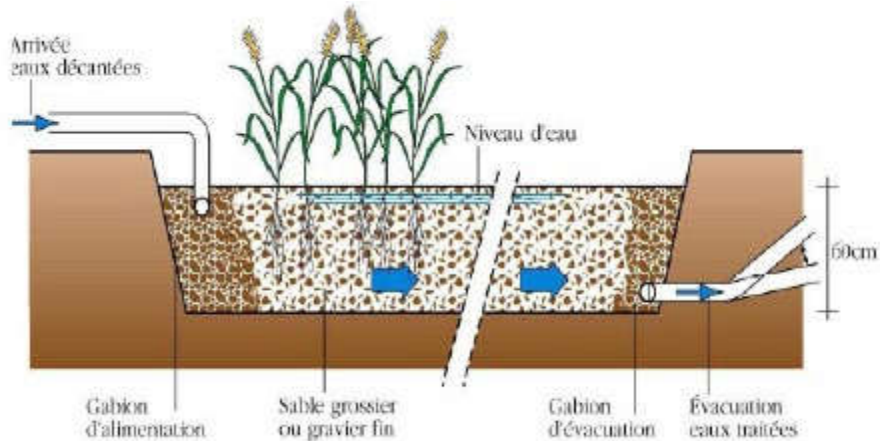


Figure II.3 Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal

II.3.3. Procède d'épuration par plante :

II.3.3.1 Le bassin de finition à hydrophytes

Lagune hébergeant des plantes poussant sous l'eau (hydrophytes) et servant de bassin de Finition. Parmi les espèces utilisables, citons les fougères aquatiques du genre Azolla, assez difficiles à maintenir toutefois, la jacinthe d'eau, particulièrement efficace mais peu adaptée à nos climats, les renoncules aquatiques, les myriophylles, les cornifles, certains potamots, les élodées. (chaib ,2002)

a. Fonctionnement :

Le séjour prolongé de l'eau au contact des hydrophytes permet une absorption importante de sels minéraux, ce qui évite l'eutrophisation du milieu naturel récepteur.

L'oxygène émis par les plantes favorise l'oxydation des ions ammonium résiduels. Là où il n'existe pas d'exutoires satisfaisants, les eaux du bassin de finition peuvent être épandues de diffuse dans un système boisé qui servira de piège pour les nitrates résiduels.

b. Avantages et inconvénients

❖ les obligations de fauchage des végétaux compliquent la gestion (surtout pour les lagunes de grandes dimensions (conditions d'accès à toutes les parties de la lagune) sans que les performances n'en soient améliorées

- ❖ rapidité de la mise en route du processus. C'est pourquoi les lagunes à microphytes sont indispensables dans tous les systèmes de lagunage. Pour compléter l'épuration, il est bon de les faire suivre de bassins dédiés aux macrophytes.
- ❖ la plupart des macrophytes est capable d'assimiler les métaux lourds, toujours présents dans les eaux usées et nocifs pour l'environnement.
- ❖ Il convient d'« écrémer » la surface de l'eau si les colonies de lentilles deviennent envahissantes. Ces plantes flottantes n'ont pas un rendement épurateur intéressant, sauf pour le phosphore, et elle privent de lumière les végétaux épurateurs subaquatiques.

Chapitre

III :

La pollution

III.1 La pollution:

Cette pollution est les résultats d'une modification totale ou partielle défavorable d'une substance. Cette pollution est essentiellement attribuée aux activités humaines, mais quand on analyse les différentes pollutions produites, on s'aperçoit qu'en dehors de l'homme qui est au centre de cette responsabilité, il y a des causes naturelles (les volcans, les orages, les tremblements de terre, etc.). Plusieurs définitions ont été proposées pour le terme « pollution », parmi lesquelles est une dégradation d'un milieu naturel par des substances chimiques et des déchets industriels. (Définition de Larousse). Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources en produits agricoles, en eau, et autres produits biologiques.

Une eau polluée est une eau qui se subit l'activité humaine, directement ou indirectement ou sous l'action d'un effet biologique ou géologique, une modification de son état ou de sa composition qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée (Bulletin Officiel, 1995). Une eau usée est définie comme étant une eau qui a subi une modification de sa composition ou de son état du fait de son utilisation.

III. 2. Classification

Il existe plusieurs manières pour classer la pollution., selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories :

III. 2.1. Pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) (Harrlekas, 2008)

III. 2.2. Pollution chimique :

Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables.

III. 2.3. Pollution biologique :

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques, etc.)

III. 3. Origine de la pollution

Il existe quatre catégories : urbaine, domestique, agricole et industrielle.

III. 3.1. Pollution domestique

Elle se forme principalement de rejets domestiques (eaux de lavage, huiles de vidange, matières fécales, etc.).

Les matières organiques que nous rejetons dans les eaux usées proviennent principalement de nos excréments (urines et matières fécales) évacués par les eaux de vannes (eaux des toilettes). Elles contiennent de nombreux micro-organismes, plus ou moins pathogènes.

Cette pollution présente un danger pour les écosystèmes aquatiques. Dans l'eau, en présence d'oxygène, les micro-organismes aérobies dégradent la matière organique en composés minéraux, en consommant cet oxygène, par le processus d'oxydation. Ainsi, lorsqu'une eau usée, très riche en matières organiques, est rejetée sans traitement préalable dans les eaux de surface, les micro-organismes aérobies utilisent alors une grande partie de l'oxygène dissous dans l'eau, provoquant la diminution de la quantité d'oxygène disponible pour les autres organismes aquatiques. Cependant, la vie aquatique dépend de la teneur en Oxygène dissous dans l'eau.

III. 3.2. Pollution par les matières en suspension (MES)

L'ensemble des particules minérales et organiques en suspension dans l'eau constitue les MES. L'augmentation des MES dans les eaux superficielles provoque l'obscurcissement du milieu : la lumière y pénètre moins bien, et cette perte de luminosité entraîne une diminution de l'activité de photosynthèse. De plus, les MES contiennent des matières organiques favorisant l'activité des micro-organismes aérobies.

III. 3.3. Pollution par les substances chimiques

Les eaux usées domestiques se composent de diverses substances chimiques plus ou moins nocives. Ces substances proviennent des différents produits que nous utilisons. On répertorie sur le marché 100.000 substances chimiques différentes, en quantité très faible, mais en nombre de molécules important. Ces produits combinés les uns aux autres constituent de véritables « cocktail » de molécules à effets inconnus. Les seuils de toxicité définis par la réglementation s'appliquent aux substances isolées, mais ne prennent pas en compte ces effets

du cocktail. De timides études ont été réalisées sur la toxicité des mélanges de substances polluantes.

La pollution chimique constitue une réelle menace pour la santé et la survie des espèces. Les techniques d'épuration pour ces produits impliquent des coûts prohibitifs.

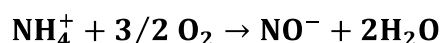
III. 3.3.1. Pollution par le phosphore

Chacun nous rejette en moyenne 4 grammes de phosphore/jour. La moitié provient de notre métabolisme (phosphore organique) ; l'autre moitié des détergents que nous utilisons. Ceux-ci contiennent en effet du phosphore sous forme de phosphates (forme minérale). Le phosphore est conservatif, c'est à dire qu'il passe successivement de l'état minéral à l'état organique et vice versa sans perte gazeuse, selon le pH du milieu, la quantité d'Oxygène disponible et l'activité des êtres vivants. Cela signifie qu'il reste dans le milieu (sol, eau) accumulé par les plantes (Sandrine C, 2008). Le phosphore minéral est naturellement mis en circulation par lessivage des sols et dissolution dans les eaux continentales. Les végétaux l'incorporent dans diverses substances organiques. Il est indispensable à la vie, puisque l'essentiel de nos réactions cellulaires l'utilise : transfert d'énergie, reproduction, respiration....

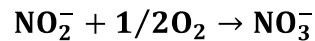
Le phosphore n'est pas toxique intrinsèquement, sa présence en abondance dans les milieux hydrauliques superficiels représenté une problématique. Les phosphates sont des substances nutritives. L'apport exagéré dans les eaux de surface augmente la production des algues et des plantes aquatiques. Plus il y a d'algues, moins il y'a d'oxygène dans l'eau, et les conditions de vie deviennent difficiles pour la flore et la faune des milieux aquatiques. Ce phénomène provoque l'« asphyxie » dans les eaux de surface : c'est l'eutrophisation.

III. 3.3.2. Pollution par les différentes formes d'azote

L'élément d'azote existe principalement sous forme ionique (ammonium NH_4^+ , nitrite NO^- et nitrate NO_3^-) ainsi que sous forme gazeuse (N_2). L'origine de ces polluants est par ordre décroissant : l'utilisation massive des engrais, le développement industriel et le rejet des eaux résiduaires urbaines. Nos eaux usées contiennent de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. L'azote organique est un élément constituant des cellules vivantes : végétales ou animales. L'azote ammoniacal NH_4^+ , provient de la décomposition de l'azote organique par les bactéries et des rejets directs des êtres vivants (urines, excréments). Les nitrites NO^- proviennent de la dégradation de la matière organique et de l'oxydation de l'azote ammoniacal:



Les nitrates NO_3^- sont le résultat final de l'oxydation de l'azote ammoniacal :



L'azote gazeux N_2 est très présent dans l'air (70%), et peut être soluble dans l'eau ; grâce à les bactéries dénitrifiantes qui permettent le transfert de l'azote organique en azote gazeux.

Les ions NH_4^+ et NO^- sont très toxiques pour la faune aquatique et posent des problèmes pour la santé publique. Ils induisent une prolifération bactérienne dans les eaux. Ces ions se transforment en milieu acide faible en ions nitrites qui sont toxiques pour l'organisme humain. Les nitrates constituent aussi un agent fertilisant susceptible de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique (Sandrine Cabrit, 2008).

III. 3.4. Pollution urbaine

Ce sont les eaux usées des habitations et des commerces entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants notamment des rejets industriels rejetés par de petites entreprises. L'agglomération à l'égout est une expression significative, elle exprime cette diversité. On trouve également les excréments, les restes d'aliments, les déversements d'abattoirs, les déversements hospitaliers, les lessives, les détergents, les insecticides, les hydrocarbures, les déchets de la petite industrie et divers produits toxique (Bontaux, J. 1994).

III. 3.5. Pollution agricole

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines.

Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates (Demba A, et al. 2011).

III. 3.5.1. Utilisation des engrais en agriculture

La modernisation de l'agriculture et son intensification ont été généralement accompagnées d'une utilisation abusive et non rationnelle des engrais azotés. La fertilisation minérale se solde par un accroissement des rendements.

L'utilisation excessive des engrais peut entraîner un excès d'azote qui peut entraver la production agricole par plusieurs mécanismes et polluer l'environnement.

III. 3.5.2. Utilisation des pesticides en agriculture

Les pesticides sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre leurs ennemis afin d'augmenter les rendements. (ministère de l'Environnement, 2001).

III. 3.6. Pollution industrielle

Les rejets liquides industriels véhiculent une importante pollution organique et toxique à l'environnement (Industrie alimentaire, Industrie agricole, Tannerie et textile, Papeterie, Industrie physique, Industrie chimique, Industrie pétrochimie).

Ce type de pollution peut avoir un effet toxique sur les organismes vivants et nuire au pouvoir d'autoépuration de l'eau, ou causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, radioactivité, etc.).

La pollution des eaux est un problème mondial dont les aspects et la portée sont évidemment différents selon le niveau de développement des pays. La prévention est donc essentielle et repose sur les 3 aspects suivants:

- L'aspect réglementaire qui consiste à fixer des normes
- L'aspect sanitaire comporte en particulier le contrôle technique des installations
- L'aspect scientifique et technologique enfin correspond à l'amélioration des procédés de dépollution.

Malgré tout il reste encore beaucoup de travail à faire notamment en ce qui concerne les effluents des industries textiles, eaux usées les plus mal traitées et sont caractérisés par de fortes colorations, de fortes variations de pH, de fortes demandes chimiques en oxygène (DCO) et bio toxicité accrue à l'égard des bactéries (Arslan, 2001)

III. 4. Les principaux polluants:

Les phénomènes de pollution des eaux se traduisent par des effets particuliers liés aux spécificités écologiques propres aux milieux aquatiques. En effet l'eau peut dissoudre de nombreuses substances chimiques et biologiques. Par conséquent, tout polluant peut être véhiculé fort loin de la source de contamination. La problématique des déchets présents dans l'eau peut être abordée de plusieurs façons, qui donnent chacune lieu à une classification

différente. Ainsi, les impuretés peuvent être identifiées suivant qu'elles soient vivantes ou inertes, minérales ou organiques, solides ou dissoutes. D'autres techniques de classification sont basées sur leur dimension, leurs degrés de toxicité... ,

Parmi les principaux polluants on peut distinguer les suivants:

III.4.1 Les matières organiques

Constituent, de loin, la première cause de pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques (déjections animales et humaines, graisses,...) Sont notamment issues des effluents domestiques, mais également des rejets industriels (industries agro-alimentaires, en particulier.

La pollution organique peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'auto-épuration n'est pas atteinte.

III.4.2 Les éléments minéraux

Regroupent essentiellement les produits azotés ainsi que les produits phosphorés. Ces matières proviennent principalement des activités agricoles. La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou des troubles physiologiques chez les animaux.

III.4.3 Les métaux lourds

Les plus fréquemment rencontrés mais qui sont aussi les plus dangereux sont le mercure, le cuivre, le cadmium, le chrome, le plomb et le zinc. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique. La pollution radioactive peut avoir des effets cancérigènes et mutagènes sur les peuplements aquatiques.

III.4.4 Les matières pathogènes

Sont constituées de virus et bactéries entraînant souvent une inhibition des mécanismes biologiques. La pollution microbiologique se développe conjointement à la pollution organique, par une prolifération des germes d'origine humaine ou animale dont certains sont éminemment pathogènes.

III.4.5 Les substances toxiques

Sont des composés chimiques de synthèse, issus des activités industrielles et agricoles. Les conséquences souvent dramatiques de la pollution chimique sur les écosystèmes, varient

suivant la concentration de composés dans les rejets.

- ✓ **Les hydrocarbures:** provenant des industries pétrolières et des transports, ces composés chimiques sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables. Leur densité inférieure à l'eau les fait surnager et leur vitesse de propagation dans le sol est 5 à 7 fois supérieure à celle de l'eau. Ils constituent un redoutable danger pour les nappes phréatiques.

Une autre classification très importante est fondée sur le pouvoir de dégradation des déchets polluants. On distingue ainsi deux classes principales:

- ✓ **Les matières biodégradables :** affectées par les activités biologiques des microorganismes, ces substances sont soumises aux divers processus biochimiques de conversion. Cette fraction biodégradable peut être structurée en deux groupes:
 - 1- **Les matières aisément dégradables,** sont des substances solubles et directement absorbées par les bactéries.
 - 2- **Les matières lentement dégradables,** sont des substances formées d'un mélange de substances organiques solides, colloïdales et solubles. Ces matières sont soumises à certains processus intermédiaires avant d'être absorbées par les populations bactériennes.
- ✓ **Les matières non-biodégradables :** ces substances inertes ne subissent aucun phénomène biologique de transformation. Ces matières sont soit présentes dans les eaux résiduaires, comme les métaux lourds, soit issues des phénomènes de mortalité des micro-organismes au cours des processus biologiques d'épuration. Les composants non-biodégradables solubles peuvent traverser la station d'épuration sans être modifiés mais les matières inertes en suspension peuvent être éliminées par des mécanismes de décantation.

III. 5. Conséquences de la pollution

III. 5.1. Conséquences sanitaires

Les conséquences sanitaires sont donc celles à prendre en compte en priorité. Elles peuvent être liées à l'ingestion d'eau, de poissons, mais aussi au simple contact avec le milieu aquatique (cas de nombreux parasites). Les conséquences sanitaires pouvant intervenir au travers de phénomènes complexes.

La conséquence sanitaire d'une pollution est variable dans le temps en fonction de l'usage de l'eau : par exemple, la pollution d'une nappe non exploitée n'a aucune conséquence sanitaire immédiate, mais peut en avoir longtemps après si on utilise cette eau pour l'alimentation en eau potable (Destain J., 2002).

III. 5.2. Conséquences écologiques:

Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état de milieu pollué par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution.

Ceci n'a rien d'évident, la pollution se traduisant parfois uniquement par l'accentuation d'un phénomène naturel.

D'une manière générale, les conséquences écologiques sont à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu à courts et longs termes. Dans certains cas, la conservation du milieu à l'état naturel peut être aussi choisie comme un objectif en soi.

III. 5.3. Conséquences esthétique

Les conséquences esthétiques sont, par définition, les plus perceptibles, et c'est donc celles dont les riverains et le grand public auront, en premier, conscience.

On peut également distinguer deux autres conséquences liées à l'utilisation de l'eau comme produit.

III. 5.4. Conséquences industrielles

L'industrie est un gros consommateur d'eau : il faut par exemple 1 m³ d'eau pour produire 1 kg d'aluminium.

La qualité requise pour les utilisations industrielles est souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion, entartrage), que biologique (problèmes de bio fouling, c'est-à-dire d'encrassement des canalisations par des organismes). Le développement industriel peut donc être stoppé par la pollution.

III. 5.5. Conséquences agricoles

L'eau est, dans certaines régions, largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée).

La texture du sol, sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau. De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols.

Chapitre IV : Matériels et méthodes

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1 Introduction

Depuis la fin de l'année 2001, l'Algérie a adopté pour le traitement des eaux usées des centres ruraux et urbains le lagunage naturel comme étant la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique. (H. Belkacem et al. 2016).

La particularité de ce procédé c'est qu'il nécessite un faible coût d'investissement et d'exploitation avec peu d'expertise technique. Par ailleurs, l'utilisation de grandes superficies demeure une contrainte majeure de ce procédé particulièrement dans les zones urbaines où le foncier est coûteux et parfois non disponible (Hydro Projet Ouest).

IV.2 Identification la zone d'étude

Le présent travail traite l'étude d'un système d'épuration des eaux usées par lagunage de la ville de Reggane Wilaya d'Adrar et où la population avoisinera 48175 équivalents habitant à l'horizon 2050 (HPO, 2016).

L'objet de ce travail consiste à l'élaboration d'une étude de la nature des effluents des eaux usées et la conception d'une nouvelle station de traitement.

Le principe d'épuration des effluents générés par cette ville consiste à traiter les eaux usées à partir d'un système d'épuration de type lagunage naturelle.

IV.3 Présentation de l'agglomération

Le territoire de la commune se situe au sud de la wilaya d'Adrar. La ville de Reggane est située à 135 km à vol d'oiseau au sud-est d'Adrar et à 145 km par la route. La commune de Reggane est délimitée comme suit :

- Au Nord par la commune de Sali ;
- Au Sud par la commune de BBM ;
- À l'Est par la commune d'Aoulef et In ghar ;
- A l'Ouest la wilaya de Tindouf

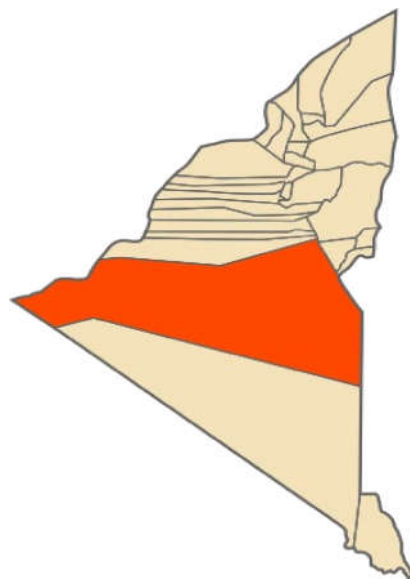


Figure IV.1 : Localisation de commune de Reggane.

IV.3.1 Climat

Le climat de Reggane est de type saharien : un climat désertique chaud et sec pendant la saison estivale durant le moins de mai à septembre, et froid du moins de décembre à février.

IV.3.2 Température

La température est 46.9 °C pour le mois le plus chaud (juillet), et 10 °C pour le mois le plus froid (janvier). La température moyenne annuelle est de 35.93 °C (Tab IV.1).

Tableau IV.1 Données climatiques à Reggane (Source : infoclimat 2009-2015)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Température minimale Moyenne (°C)	9.4	12.2	15.9	20.6	24.7	29	32.9	31.6	28.7	22.5	15.3	11.5
Température Moyenne (°C)	16	18.7	23.1	28.5	32.4	36.6	39.9	38.5	35.5	29.6	22.3	17.8
Température maximale Moyenne (°C)	22.6	25.2	31.9	36.4	40	44.1	46.9	45.5	42.4	36.8	29.3	24.9

IV.3.3 Précipitations

La pluviométrie dans la région d'étude est très réduite et irrégulière à travers les saisons et les années (moins de 15 mm annuelles). Sa répartition est marquée par une sécheresse presque absolue, du mois de mai jusqu'au mois d'août (Tab IV.2).

Tableau IV.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations en (mm)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations	0.8	0	0.3	0	0	0	0	0	5.8	2	0	0

IV.3.4 Vents

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat. On relève que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les valeurs des vitesses supérieures à 5 m/s représentent une fréquence de 20 à 40 %. Les vents dont la vitesse est supérieure à 20-47 m/s sont observés dans la région. La direction des vents dominants est de secteur Nord-Est et Nord, sauf en juillet et Août où elle est de secteur Est et Nord -Est avec une fréquence de 25 % pour le Nord-Est et 16 % pour le secteur Nord. En été, les vents sont chauds et secs, de direction Sud-Est et Sud-O et sont accompagnés de sables.

IV.3.5 Evaporation

C'est un phénomène naturel dans lequel l'eau passe à l'état gazeux sous l'effet de la température. Elle est purement physique et dépend des autres facteurs climatiques. Elle touche aussi bien les surfaces d'eau libres que les quantités d'eau retenues dans les couches peu profondes du sol.

L'évaporation est très élevée avec un total de 5000 mm/an. Les valeurs mensuelles se trouvent supérieures à 200 mm, alors que le maximum est obtenu au cours de la période (Juillet – Août) avec une valeur de 724 mm.

IV.3.6 Humidité

L'humidité relative de l'air est faible. La moyenne annuelle est de l'ordre de 30 %, avec un maximum de 72 % au mois de décembre, et un minimum de 19 % pour le mois de juillet.

IV.3.7 L'insolation

L'ensoleillement est considérable à Reggane, il est de 300 h/mois, avec un maximum au mois de juillet, de l'ordre de 370 h et un minimum de 280 heures.



Photo IV.1 : Le rejet de Reggane

IV.4 Calcul de la population

Le développement démographique de la population se calcule par la formule financière des intérêts composés :

$$P = P_0 \times (1 + t)^n$$

Dans laquelle :

- * **P** : nombre d'habitants à un horizon donné.
- * **P₀** : population à l'horizon de référence.
- * **t** : taux de croissance naturelle en pourcentage de la population.
- * **n** : nombre d'année.

Ce taux observé en Algérie a subi une régression importante au cours des 2 dernières décennies, il a chuté de 3.56 pendant les années 70 à 3.2 durant la décennie 80 pour la dernière décennie et selon (ONS), ce taux se stabilise actuellement autour de 2.8 %. A notre cas le taux d'accroissement c'est T = 3.5 selon le (PDAU) de la commune de Reggane. La population P₀ est supposée croître selon un taux de croissance annuel égale à T jusqu' à l'horizon de notre projet (Hydro Projet Ouest. 2016).

Nombre d'années séparent l'année de référence de l'année pour laquelle on calcule le nombre d'habitants.

Dans notre étude, nous allons prendre l'année 2050 comme horizon de notre projet. En effet nous considérons qu'au-delà de cette date le développement démographique de la zone devient imprévisible et aléatoire. Pendant cette période nous considérons selon les hypothèses de calcul de la formule des intérêts composés que le taux de croissance naturelle reste constant (Tab. IV.3).

Tableau IV.3 Calcul de la population

Année	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Population	20.034	24.90	29.617	33.82	38.903	44.020	48.175

IV.5 Calcul de débit des eaux usées

La production des eaux usées sera estimée à la base de la consommation théorique de l'eau potable par la zone d'étude. Cependant, l'eau consommée n'est pas entièrement rejetée, et nous estimons que 20 % de cette consommation n'arrivent pas au point de collecte. D'où l'introduction d'un coefficient de rejet de 80 % (Hydro Projet Ouest. 2016). (Tab. IV.4)

Tableau IV.4 Estimation de débit

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Population	20.034	24.90	29.617	33.82	38.903	44.020	48.175
Dotation l/jour/hab	180	180	180	180	180	180	180
Consommation (m ³ /j)	3508,38	3606,12	4482,18	5331,06	6087,60	7002,54	7923,6
Consommation (l/s)	40,60	41,74	51,87	61,70	70,46	81,05	91,71
Consommation + Equipment (l/s)	40,09	47,61	56,54	67,16	79,75	82,55	85,44
Coefficient de pointe	1,54	1,54	1,54	1,53	1,53	1,53	1,53
Consommation de pointe (l/s)	61,73	73,36	87,07	102,75	122,03	126,30	130,72
Coefficient de rejet	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Débit rejeté (Q _r) (l/s)	49,38	58,65	69,66	82,20	97,62	101,04	104,57
Débit rejeté Max (l/s)	104,57 l/s						
Débit rejeté Max (m³/h)	376,45 m ³ /h						
Débit rejeté Max (m³/j)	9034,84 m ³ /j						

IV.6 Principe général

Dans la plupart des cas l'épuration des eaux usées passe par la mise en place des systèmes d'assainissement de type conventionnel (boues activées, bio- disques, lits bactériens, digesteurs etc.). Malheureusement, leur installation et leur fonctionnement exigent une main d'œuvre qualifiée, de plus, une fois installés, ces systèmes subissent des pannes régulières, ce qui les rend difficilement explicables, surtout dans le contexte socio-économique. C'est pourquoi l'utilisation du lagunage se présente de nos jours comme une alternative intéressante aux systèmes conventionnels, et constitue une solution d'épuration moins coûteuse en énergie et facilement intégrable dans le paysage (Hydro Projet Ouest. 2016).

IV.7 Principe de la filière retenue

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux qui permet de séparer les éléments solides de la phase liquide par une sédimentation et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries.

Les bassins de lagunage sont généralement destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer, et ensuite au milieu récepteur. Un bassin de lagunage, s'il est assez simple dans sa réalisation et dans son aspect extérieur, est en réalité un système d'épuration ou entrent en jeu toute une série de processus physiques, chimiques et biologiques extrêmement

complexes.

Le fonctionnement repose sur la constitution d'une chaîne alimentaire complète, il est basé sur la symbiose entre de véritables êtres vivants est dépendante de très nombreux facteurs non maîtrisables : la température, l'ensoleillement (BBS 2018).

- Prétraitement

Avant l'entrée des eaux usées dans la 1^{ère} lagune, un prétraitement primaire est réalisé pour faciliter la suite des opérations, le prétraitement permet une séparation mécanique simple de certains déchets, évitant ainsi un comblement accéléré des lagunes.

On distingue trois procédés de prétraitement :

- 1- Un dégrilleur, pour retenir les gros objets,
- 2- Un dessableur, qui permet de retenir le dépôt des sables et graviers au fond d'une fosse,
- 3- Une zone de déshuilages mécanique, qui permet de retenir les graisses et les déchets flottants.

Notre cas a proposé un ouvrage de dégrilleur avant l'entrée des eaux usées dans la station de refoulement pour protéger les équipements hydrauliques (BBS 2018).

IV.8 Données de base du projet

IV.8.1 Quantitatif des eaux usées (Commune de Reggane, horizon d'étude 2050)

- Débit d'eau usée engendré par le rejet de centre de la commune de Reggane : 9034.84 m³/j,
- Débit de pointe : 130.72 l/s,
- Capacité de la future (STEP) de centre de la commune de Reggane : 62785 (EH).

IV.8.2 Nature des eaux usées

Les eaux usées à traiter proviennent essentiellement des rejets domestiques. L'estimation de la charge polluante a été calculée à partir des résultats des analyses physico-chimiques. La nature biologique de la pollution prédominante de l'eau étudiée (DCO/DBO₅ = 2), montre que l'épuration par procédé biologique est possible (BELGHYTI. D et al, 2009).

Les ratios de pollution retenus pour quantifier les rejets d'eaux usées sont les suivants :

- * DBO₅ = 54 g/EH.j → 313 mg/l
- * MES = 75 g/EH.j → 417 mg/l

- * DCO = 90 g/EH.j → 625,5 mg/l (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien).

IV.8.3 Les normes imposées de rejet

Les normes de rejet respecté par le lagunage naturel (D3) (meilleur rendement par rapport au lagunage naturel). Le tableau suivant (Tab. IV.5) illustre les performances pour quatre niveaux de traitement.

Tableau IV.5 : Les performances pour les quatre niveaux de traitement (circulaire 97-31 du 17 Février 1997)

D1	D2	D3	D4
Rendement en flux MES ≥ 50 %	-	-	
Rendement en flux DBO ₅ ≥ 30 %	Rdt DBO ₅ ≤ 35 mg/l	-	Rdt DBO ₅ ≤ 25 mg/l
Rendement en flux DCO ≥ 30 %	-	Rdt DCO ≥ 60 %	Rdt DCO ≤ 125 mg/l
Rendement en flux NK 1 ≤ 10 %	Rdt NK ≤ 30 mg/l	Rdt NK ≥ 60 %	Rdt NK ≥ 60 à 95%

La circulaire de février 1997 cite les moyens techniques d'épuration pour atteindre ces performances :

- * **D1** : décanteur – digesteur ;
- * **D2** : Lagunage aéré, Lits bactériens... ;
- * **D3** : lagunage naturel ;
- * **D4** : Boues activées en aération prolongée ou faible charge, infiltration

IV.8.4 Caractéristiques du site d'implantation à proposer (localisation et superficie disponible)

Lors de la sortie sur terrain, un site a été retenu officiellement afin d'abriter la future STEP à Reggan qui se situe à environ 10 km au Sud-Ouest de l'ACL de Reggane. Le choix de ce STEP est conditionné par le fait que le rejet actuel de la commune de Reggane aboutit près du site. Les coordonnées géographiques du site sont : 26°40.59 N ; 0° 06.43 E 158 m (Reggane - Google Maps)

IV.9 Les paramètres analysés

IV.9.1 La température

La mesure des valeurs des températures a été fait à l'aide d'un thermomètre électrique.



Photo IV.2 Thermomètre électrique (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien).

IV.9.2 Le potentiel hydrogène (pH)

La mesure des valeurs de potentiel hydrogène (pH) ont été fait à l'aide d'un pH-mètre.



Photo IV.3 pH-mètre (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien)

IV.9.3 La conductivité électrique (CE)

La mesure des valeurs de conductivité électrique (CE) a été fait à l'aide d'un conductimètre

-



Photo IV.4 Conductimètre (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien)

IV.9.4 La demande biologique en oxygène DBO₅

La DBO₅ représente la consommation d'oxygène des matières organiques lors de leur biodégradation. La mesure de DBO₅ a été faite à l'aide d'un DBO mètre. On ajoute une quantité déterminée de l'échantillon dans les flacons de ce photomètre. Ensuite, les flacons sont placés en étuve, et les valeurs de DBO₅ sont affichées sur le bouchon et mémorisées d'une manière automatique pendant les 5 jours (Lourenço Da Silva, 2008).



Photo IV.6 DBO mètre pour la détermination de DBO₅ (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien)

IV.9.5 La demande chimique en oxygène DCO

La DCO représente la consommation d'oxygène lors de la dégradation chimique de la matière organique. La DCO est réalisée par la méthode de bichromate de potassium (AFNOR T90 -101). Pendant 2 heures de l'effet de chauffage (à 150 °C) dans un thermo-réacteur, la matière organique de l'échantillon est oxydée, en présence d'un milieu acide (H₂SO₄) et de sulfate d'argent (Ag₂SO₄) comme un catalyseur. Le sulfate de mercure (HgSO₄) est ajouté pour éviter l'interférence des chlorures.

Après refroidissement, l'excès de bichromate de potassium est dosé à l'aide d'une solution de sulfate fer ammonium [sel de Mohr Fe (NH₄)₂ (SO₄) 6H₂O] 0.25 N, et la DCO est exprimé par la relation suivante :

$$\text{DCO} = \frac{(V_T - V_E) \times 8000 \times T \times d}{V_e} \text{ (en mg d'O}_2\text{/l)}$$

Avec :

- * V_T : volume de sel de Mohr pour le témoin ;
- * V_E : volume de sel de Mohr pour l'échantillon ;
- * T : titre de sel de Mohr ;
- * d : facteur de dilution ;
- * V_e : la prise d'essai de l'échantillon.



Photo IV.7 DCO-mètre (Laboratoire de l'unité de recherche sur les énergies renouvelables en milieu saharien)

IV.10 Descriptif des ouvrages projets

IV.10.1 Amenée des eaux usées à l'entrée de la STEP

Les caractéristiques du futur collecteur de rejet vers la station d'épuration sont :

- Conduite d'amenée des eaux usées du rejet de Reggane (RG1) vers la station de refoulement de diamètre 630 mm polychlorure de vinyle (PVC) avec un linéaire de 32 m ;
- Conduite de la station de refoulement vers le prétraitement de diamètre 630 mm en Polyéthylène Haute Densité (PEHD) PN 10 avec un linéaire de 1 270 m.
- Un (01) ventouse (pour l'évacuation de l'air dans la conduite) sur le point le plus haut (point 14) de la conduite de refoulement ;
- Un (01) vidange sur le point le plus bas (point 23).

IV.10.2 Dégrilleur

Les critères de dimensionnement et les caractéristiques géométriques des dégrilleurs sont présentés dans le tableau suivant (Tab. IV.6) :

Tableau IV.6 Dimensions dégrilleurs

Nombre d'ouvrage	U	01
Longueur	m	07
Largeur	m	3.5
Hauteur d'eau	m	0.5
Vitesse maximum de passage	m/s	0.6
Coefficient de colmatage δ	-	0.4
Espacement entre les barreaux	mm	30
Diamètre des barreaux	mm	12
Inclinaison de la grille	-	80

IV.10.3 Station de refoulement

La station de refoulement a pour objet de relever les eaux usées collectées gravitairement à partir du dégrilleur grossier (Tab. IV.7).

Tableau IV.7 Dimensions de station de refoulement

Débit de pointe	l/s	267
N° de cycle par heure	/	06
Diamètre de refoulement	mm	630 PEHD PN10
Conduite d'entrée station de refoulement	mm	630 PVC
Côte fil d'eau d'arrivée dans la STR	m	157.73
Côte radiée de la STR	m	155.43
Nbre de conduite de relevage	/	01
Nbre total de pompe y compris celles de secours	/l	03
Linéaire de la conduite de refoulement	mL	1270
Arête de la bêche	m	4
Hauteur de marnage	m	1.5
Volume de marnage	m ³	20
Une garde en dessous de la conduite d'arrivée	m	0.3
Une hauteur en eau non utile + sous aspiration	m	0.5
HMT de chaque conduite de relevage	m	12

IV.10.4 Conduites de refoulement

Pour les conduites de refoulement, le calcul du diamètre est effectué à partir du débit de pointe déterminé, en cherchant à obtenir une vitesse de l'ordre de m/s environ.

En 2019 l'APC de Reggane crée un projet d'environ de 10 km, le diamètre de la conduite de refoulement est $\varnothing=400$ mm, PN10, EPHD (jusqu'à ce jour cette conduite reste en attente).

Chapitre V : Résultats et discussions

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1 Introduction

Le système d'épuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel est considéré parmi les procédés les plus utilisés dans les pays à climats chauds arides à semi-arides (Boutayeba, A. Bouzidia, 2012). Dans ce chapitre de mémoire nous allons discuter tous les résultats obtenus.

V.2 Caractéristiques organoleptiques

V.2.1 Couleur

D'après une simple observation d'œil, il est remarqué que l'eau à la sortie est plus claire, elle est moins claire au milieu et plus turbide (noire) à l'entrée, ces observations indiquent la diminution des MES au niveau du bassin. Les résultats ont été conformes aux normes algériennes de rejet (couleur claire) (JORA, 1993), ce qui confirme l'efficacité du traitement dans l'élimination de pollution.

V.2.2 Odeur

L'odeur des eaux des trois prélèvements au niveau des différents points, était désagréable mais à différents degrés. L'odeur la plus désagréable était au niveau de la fosse septique, ceci n'a été pas conforme aux normes algériennes de rejet (odeur inexistante pour les eaux traitées) (JORA, 1993). Cette mauvaise odeur est due à la dégradation des composés organiques ou des bactéries clostridium qui dégagent les H₂S (source de mauvaise odeurs) (Rodier, 1996).

V.3 Les paramètres analysés

V.3.1 pH

Pour mesurer le pH de l'eau de rejet de Reggane on a choisi trois points de prélèvement : Au début de rejet, le pH est égal 8,4. On constate que l'eau est basique lorsqu'il contient beaucoup matière organique.

Au milieu de rejet le pH est nul, à cause de la diminution des matières organique et l'évaporation de gaz SO.

A la fin de rejet le pH est d'environ 6, signifie une dégradation complète des matières organique et la production de H₂SO₄.

V.3.2 La conductivité électrique

La conductivité électrique est exprimée en mS/cm, mesurée à 25° C. C'est un paramètre généralement le plus mesuré, en particulier dans les régions arides et semi-arides, pour estimer la valeur totale en sels solubles dans l'eau. La salinité est probablement le paramètre simple le plus important, qui détermine le système de culture et la gestion des terres irriguées avec l'eau usée (FAO, 2003).

La valeur maximal de la conductivité électrique a été 3,53 mS/cm au mois de mai, l'évaporation d'eau à cause de la température élevée augmente la concentration de la salinité, tandis que la valeur minimale a été 2,93 mS/cm au mois de novembre, l'évaporation est diminuée, et la concentration des sels solubles dans l'eau est faible.

V.3.3 La température

Les valeurs de la température durant la période de travail ont tendance à baisser en s'orientant vers la sortie de la station. Les moyennes de température des différents points de prélèvement ont diminuée de la fosse septique vers le boîtier de contrôle.

Après la mesure de la température d'eau dans le rejet durant les mois de l'année on trouve que :

Il existe une variation de la température entre 15°C et 35°C, cette variation a une relation directe avec le changement des saisons et aussi le début et la fin de rejet.

V.3.4 Les matières en suspension MES

Les teneurs de matière en suspension, des prélèvements effectués à différents points de la station, ont diminuée en allant de l'amont vers l'aval, avec une valeur maximale de l'ordre de 343 mg/l, enregistrée au niveau de la fosse septique. La valeur minimale enregistrée à la sortie de la station a été 24 mg/l. Le rendement était de 93 % pour les deux mois, ce taux explique l'efficacité de ce genre de procédé d'épuration. Et ce qui confirme ça c'est les résultats obtenus au niveau du boîtier de contrôle (à la sortie), qui ont été conformes aux normes algériennes de rejet (30 mg/l) (MOLLID, 2002).

V.4 La station d'épuration STEP à proposer (prétraitement)

V.4.1 Dégrilleurs

Le dégrilleur est un ouvrage construit en béton armé, destiné à retenir les objets volumineux solides dont les dimensions sont supérieures à la maille du dégrilleur choisi (S., RENOUE, 2006).

Nous avons préconisé un (01) dégrilleurs. L'avantage principal de cet ouvrage est la protection des équipements de la station tels que les conduites, les vannes, les bassins, ...etc.

Le nettoyage s'effectue deux fois par année. Les déchets sont recueillis dans les bacs de stockage. Après égouttage, les déchets seront évacués vers la décharge publique ou incinérés sur place (Tab V.1).

Tableau V.1 : Dimensions de dégrilleur

Nombre d'ouvrage	U	1
Longueur	m	5.6
Largeur	m	2.6
Hauteur d'eau	m	0.5
Vitesse maximum de passage	m/s	0.6
Coefficient de colmatage δ	/	0.5
Espacement entre les barreaux	mm	20
Diamètre des barreaux	mm	08
Inclinaison de la grille	/	80°

Le couloir de dégrillage comporte deux couloirs principaux traitant chacun le débit de pointe.

V.4.2 Dessableurs

Le rôle du dessableur est de retenir les matières minérales lourdes ayant un diamètre supérieur à 200 μm ($\varnothing > 200\mu\text{m}$) (Rouaiguia B. et Belhouchet T. E., 2017).

Nous avons préconisé deux (02) compartiments identiques de forme rectangulaire et de profondeur d'eau de 0,4 m, traitant chacun la totalité du débit à traiter. Il permet la décantation des résidus les plus denses (sable). L'élimination du sable évite l'ensablement des bassins. Le dessablage sera réalisé à partir de chenaux rectangulaires disposés en parallèle et dans lesquels se produit une décantation (Tab V.2).

Tableau V.2 : Dimensions de dessableur

Nombre d'ouvrage	U	2
Longueur	M	5.2
Largeur	M	2.6
Hauteur d'eau	M	0.4
Vitesse de sédimentation/particules	m/s	0.02
Vitesse d'entraînement (de transit)	m/s	0.3

V.4.3 Déshuileur

Les huiles et graisses sont séparées sous forme de boues flottantes dans l'ouvrage comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération (Bachi, 2010).

- Temps de séjour (t_s) varie entre 5 à 20 minutes $\rightarrow t_s = 10$ minutes ;
- La vitesse ascensionnelle (V_{asc}) varie de 15 à 20 m/h $\rightarrow V_{asc} = 15$ m/h.

Tableau V.3 : Dimensions de déshuileur

Nombre d'ouvrage	U	1
Longueur	m	9.2
Largeur	m	07
Hauteur d'eau	m	2.5

V.4.4 Regard de répartiteur

Tableau V.4 : Dimensions de regard

Nombre d'ouvrage	U	01
Arête de regard	m	03
Hauteur	m	1.5

V.4.5 Dimensionnement des lagunes :

V.4.5.1 Estimation théorique de la composition des eaux usées

Pour la charge polluante, les études les plus récentes montrent qu'au niveau d'une habitation, les eaux usées rejetées par un individu contiennent de 35 à 55 g de DBO_5 et environ 60 g de MES par jour (Onema, 2010).

On peut donc admettre comme valeurs de base pour petite et moyenne collectivité :

- $DBO_5 \rightarrow 50$ g par usager desservi et par jour.
- MES $\rightarrow 60$ g par usager desservi et par jour.
- MES $\rightarrow 15$ g de rejet en azote (N) par usager et par jour.
- MES $\rightarrow 60$ g de rejet en phosphore (P) par usager et par jour.

Les deux factures premières suffisent pour évaluer la charge polluante ainsi que les caractéristiques polluantes comme suit (Husson R. et Gobert J., 2012) :

a. Charge journalière

$$C = \frac{n \times N}{1000}$$

Où :

- **C** : La charge journalière en kg/j (DBO₅ ou MES)
- **n** : norme de rejet spécifique en g/habitant/j (de DBO₅ ou MES)
- **N** : Nombre d'habitants à l'horizon considéré (c.-à-d. l'an 2050)

$$C_{\text{DBO}_5} = \frac{50 \times 48175}{1000} = 2408.75 \text{ kg}_{\text{DBO}_5}/\text{j} \quad \Rightarrow \quad C = 2408,75 \text{ kg}_{\text{DBO}_5}/\text{j}$$

$$C_{\text{MES}} = \frac{60 \times 48175}{1000} = 2890.50 \text{ kg}_{\text{MES}}/\text{j} \quad \Rightarrow \quad C = 2890,50 \text{ kg}_{\text{MES}}/\text{j}$$

b. Concentration de l'effluent

$$C = \frac{C_{\text{DBO}_5} \times 10^6}{Q_{\text{moy}} \times 10^3}$$

Ou

- **Q_{moy}** : débit d'eaux usées journalière en m³/j
- **C**: charge journalière en kg/j (DBO₅ ou MES)

$$C_{\text{DBO}_5} = \frac{2408,75 \times 10^6}{9034,84 \times 10^3} = 266.60 \text{ mg/l} \quad \Rightarrow \quad C_{\text{DBO}_5} = 266.60 \text{ mg/l}$$

$$C_{\text{MES}} = \frac{2890,50 \times 10^6}{9034,84 \times 10^3} = 319.87 \text{ mg/l} \quad \Rightarrow \quad C_{\text{MES}} = 319.87 \text{ mg/l}$$

c. Calcul de la pollution le jour de l'AID

Il s'agit d'une pollution très spécifique due à la fête religieuse ou l'on égorge en moyenne (01) un mouton par foyer.

Pour l'évaluation de cette pollution exceptionnelle nous avons un certain nombre de paramètres à considérer (HPO. 2016) :

- Population : 48175 ha
- Nombre de foyer : 4000-6000 → 5500 foyers
- Poids moyen d'un mouton : 20 Kg
- Poids total des moutons : 110000 kg

- Volume d'eau par kg de carcasse : 8 l/kg
- DBO₅ par kg de carcasse : 16 g/kg.

d. Estimation de la pollution exceptionnelle

d.1. Charge de pollution

$$C_P = P_{\text{tot}} \times 16$$

$$C_P = 110000 \times 16 = 1760 \text{ kg}_{\text{DBO}_5} \Rightarrow C_P = 1760 \text{ kg}_{\text{DBO}_5}$$

d.2. Volume d'eau

$$V_O = P_{\text{tot}} \times 8$$

$$V_O = 110000 \times 8 = 880 \text{ m}^3 \Rightarrow V_O = 880 \text{ m}^3$$

d.3. Charge spécifique le jour de l'Aid

$$C_S = \frac{C_{\text{DBO}_5} \times 10^6}{V_O \times 10^3}$$

Ou

- C_s: charge spécifique en mg (DBO₅)/l
- V_O : Volume d'eaux en m³
- C : charge de pollution en kg (DBO₅)

$$C_S = \frac{1760 \times 10^6}{880 \times 10^3} = 2000 \text{ mg/l} \Rightarrow C_{\text{DBO}_5} = 2000 \text{ mg}_{\text{DBO}_5}/\text{l}$$

e. Estimation de la pollution exceptionnelle

La pollution exceptionnelle est une pollution qui vient de l'ajout des eaux usées domestique dans le réseau d'assainissement. La station doit épurer, de ce fait nous allons estimer approximativement la concentration en cette période de fête en utilisant la formule suivante (Fartas. T, 2011) :

$$C_t = \frac{(C \times V) + (C_1 \times V_1)}{(V + V_1)}$$

Où :

- C_t : concentration totale le jour de l'aide en mg/l de DBO_5
- V : Volume journalier d'eau usée en période normale.
- C : concentration charge spécifique en période normale.
- V_1 : Volume journalier correspondant à la pollution due à la fête.
- C_1 : charge spécifique due à la fête.

$$C_t = \frac{(266.60 \times 48175) + (2000 \times 880)}{(48175 + 880)} \Rightarrow C_t = 297.70 \text{ mg/l de } DBO_5$$

V.5 Le bassin de lagunage

V.5.1 Schéma type du lagunage proposé

Pour justifier un bon dimensionnement des bassins de lagunage, on peut citer la considération suivante :

- Assurer l'activité photosynthétique par une surface adaptée à ce besoin.
- Permettre par l'adaptation des volumes disponibles à la dégradation des matières organique pendant un temps de séjour convenable.
- Faciliter les phénomènes hydrauliques et de dilution par un écoulement permanent sans zones préférentielles.
- Assurer la permanence de l'écoulement en assurant l'étanchéité des bassins.
- Etablir une bonne stratification thermique.

La plupart des auteurs ont trouvé que les meilleurs rendements en écoulement sont de type piston ou pour des bassins en série par rapport au bassin unique mélangé (H. EL HAITE. 2010).

La lagune totale comprend une succession de trois bassins dont le premier occupera 40 à 50% de la superficie totale.

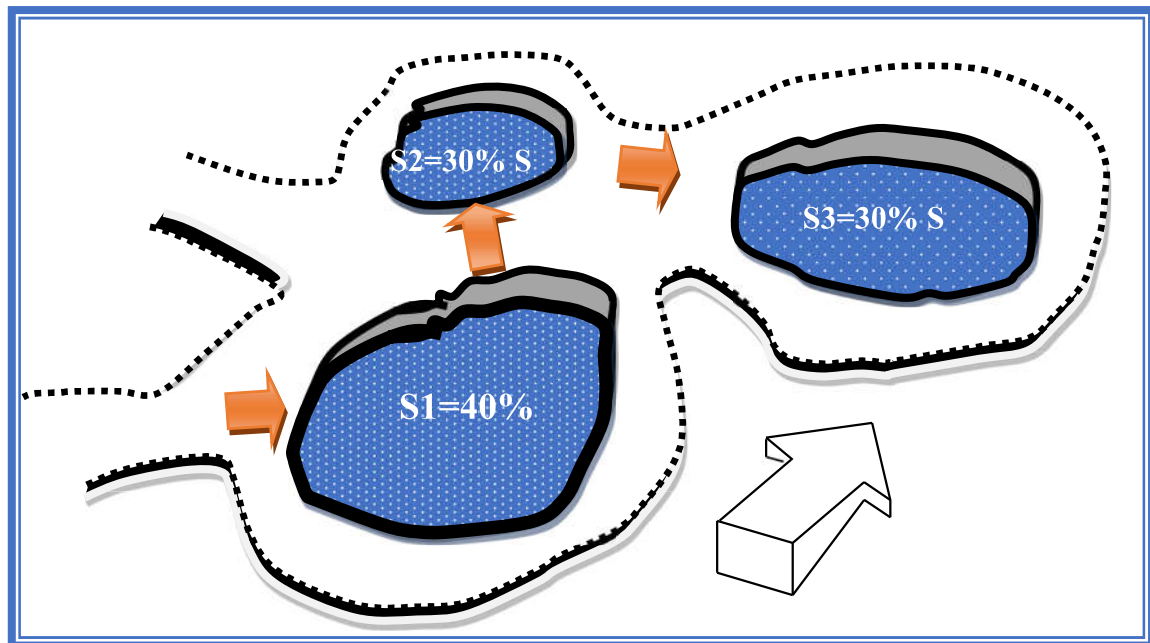


Schéma V.1 : Schéma type de lagunage proposé

Déclivité nécessaire du premier au troisième bassin car la circulation de l'eau est gravitaire.

V.5.2 Dimensionnement des bassins

V.5.2.1 Le premier bassin

Ce premier bassin joue le rôle d'un décanteur reçoit les effluents bruts. Il fonctionne normalement en aérobie en surface (surtout dans les 20 cm supérieur) et en anaérobie dans son tiers inférieur. Il doit être calcul pour réduire la DBO₅ de 75 % ce qui correspond en premier approximation à 40 % de la superficie totale (cas des 3 bassins).

La concentration à la sortie du premier bassin doit toujours satisfaire la formule suivante afin d'éviter l'anaérobie dans les bassins secondaire.

$$C = \frac{d}{2h}$$

Où :

- **h** : hauteur utile d'eau dans le premier bassin $h = 1.5\text{m}$
- **d** : constante fixée par MARIS $d = 750$
- **C** : concentration à la sortie du premier bassin (mg/l)

1. Surface

a. Période Chaude

$$S_1 = \left(\frac{40}{100}\right) \times S \Rightarrow S_1 = 0,4 \times 21 \Rightarrow S_1 = 8,4 \text{ ha}$$

b. Période Fraiche

$$S_1 = \left(\frac{40}{100}\right) \times S \Rightarrow S_1 = 0,4 \times 30 \Rightarrow S_1 = 12 \text{ ha}$$

La superficie sera donc de l'ordre de **S = 12 ha**

2. Temps de séjour

$$S = \frac{Q \times t_1}{h} \Rightarrow t_1 = \frac{S \times h}{Q} = \frac{12 \times 1,5 \times 10^4}{9037,68} \Rightarrow t_1 = 20 \text{ jours}$$

Le temps de rétention dans le premier bassin est **t₁ = 20 jours**

V.5.2.2 Les bassin d'ordre 2 et 3

Aucune modification sur le calcul de ces lagunes sauf qu'elles occupent de 60 % de la superficie totale, et sont de même hauteur d'eau, soit $h = 1 \text{ m}$

1. Surface

$$S_2 = S_3 = \frac{1}{2}(S - S_1) \Rightarrow S_2 = \frac{1}{2}(30 - 12) \Rightarrow S_2 = 9 \text{ ha}$$

La superficie est égale à **S₂ = 9 ha** et **S₃ = 9 ha**

2. Temps de séjour

- Le temps de séjour sera de l'ordre pour S₂ :

$$S_2 = \frac{Q \times t_2}{h_2} \Rightarrow t_2 = \frac{S_2 \times h_2}{Q} = \frac{9 \times 1 \times 10^4}{9037,68} \Rightarrow t_2 = 9,96 \text{ jours}$$

Le temps de rétention dans le deuxième bassin **t₂ = 9,96 jours**

- Le temps de séjour sera de l'ordre pour S₃ :

$$S_3 = \frac{Q \times t_3}{h_3} \Rightarrow t_3 = \frac{S_3 \times h_3}{Q} = \frac{9 \times 1 \times 10^4}{9037,68} \Rightarrow t_3 = 9,96 \text{ jours}$$

Le temps de rétention dans le troisième bassin $t_3 = 9,96$ jours

V.6 conclusion

Le premier bassin sera de surface de 12 ha (de l'ordre de 40% de la superficie totale). Les deux bassins sont des finisseurs, leur forme idéale sera allongée (1 m d'hauteur et 9ha de surface).

La série des trois lagunes reçoit une pollution organique de 190 mg/l de DBO₅ et assure l'épuration des eaux usées polluées jusqu'à 30 mg/l pendant un temps de séjour total de 39.98 \approx 40 jours ($t_1+t_2+t_3$) moyennant une superficie de 30 ha.

Conclusion générale

La station d'épuration des eaux usées par des bassins naturels est un procédé efficace positif et possède un rendement d'environ 85%. Cette station comprend trois bassins d'une superficie de 30 hectares.

- Dans le premier bassin, qui atteint une hauteur de 150 cm, le processus de dégradation de la matière organique est assuré par des bactéries aérobies dans les 20 cm premiers, et par des bactéries anaérobies à une profondeur de 130 cm.
- Dans le deuxième bassin, la dégradation de la matière organique se fait par des bactéries aérobies dans la demi-hauteur première (50 %) et par des bactéries anaérobies dans le second demi (50 %).
- Dans le troisième bassin, les bactéries aérobies travaillent avec une capacité de 90% de processus de décomposition des résidus organiques.

Afin de maintenir l'efficacité des bassins naturels, il est nécessaire d'utiliser une couche de base en géotextile pour séparer le géomembrane au sol naturelle et une couche supérieure en géotextile pour protéger le géomembrane contre les matières solides, les trois couches empêchent la croissance des plantes vertes à l'intérieur des bassins afin d'augmenter leur durée de vie. On peut également diviser la station d'épuration en deux parties, ce qui facilite le processus de nettoyage, où l'une des deux parties reste en fonctionnement pendant toute la durée du nettoyage de la deuxième partie. La durée d'utilisation estimée est d'environ 06 mois.

L'eau produite par la station d'épuration est déviée par des canaux en pvc d'un diamètre de 400 mm avec une longueur de 500 m. Cette eau nécessite un traitement chimique et physique en plaçant des produits chimiques et minéraux, ainsi qu'un processus de filtration avec le sable, pour alimenter les eaux souterraines ainsi que l'irrigation agricole.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Bachi, O.E.K, 2010.**, Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de station du vieux Ksar Témacin, Mémoire de magister, université d'ouargla, 105P.
- BBS 2018.** « Bureau d'Etudes Technique en Hydraulique BAICHI Saïd ».
- Belkacem H., et al. 2016,** La dégradation de la pollution azotée par lagunage aéré dans un climat aride. Cas de la station d'épuration d'Ouargla Sud Est d'Algérie, *Ciência e Técnica*, Vol. 31 (n. 4, 2016).
- Belghyti, Driss, et al.** "Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat: cas de Kénitra au Maroc." *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie* 5.2 (2009).
- Bulletin Officiel,1995.** n° 4325 du 24 Rabii II 1416/20.
- Bontaux, J.,1994,** Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle, 2^{ème} édition, *Lavoisier technique et documentation*, 225P.
- Boutayeb, M., and Bouzidi A.,** "Epuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel dans cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc." *Nature & Technology* 8 (2013): 49B.
- Demba N'DIAYE A, et al. 2011.,** Évaluation de la qualité physicochimique Des effluents de la STEP utilisent en Agriculture maraichère à sebkha (NOUAKCHOTT, MAURITANIE), Science Lib Editions Mersenne 3, N ° 110503 ISSN 2111-4706.
- Destain J., Antoine P., Evrard P., Thonart P, 2002.,** Traitement biologique des eaux usées, le cas des bacs à graisses, Colloque international, Gestion intégrée de l'eau en Haïti, Université Quisqueya, Haïti.
- FartasT. Zeggane, H., 2011.,** Etude des performances épurations d'une station d'épuration pilotes par macrophytes la commune de Témacine, Séminaire international sur la ressource en eau au sahara. Evaluation, économie et protection, le 19, 20 janvier 2011. Ouargla. 7p.
- FAO, 2003 :** « L'irrigation avec des eaux usées traitées ». Manuel d'utilisation, 73p.
- Franck R., 2002.,** Analyse de l'eau (Aspects réglementaires et techniques). Ed, Collection Biologie technique, 360 p.
- JORA, 1993.,** Journal Officielle de la République Algérienne, Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, 442p.
- Hakima EL HAITE. 2010.,** Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

- Harrlekas F., 2008.**, Couplage des procédés membranaires aux techniques physico-chimiques ou biologiques pour le traitement des rejets liquides de l'industrie de textile, Thèse de doctorat en génie des procédés et des produits. Université CADI Ayyad. 97P.
- Husson. R, Gobert. J, 2012 :** Guide pratique à l'usage des communes et relatif à l'assainissement eaux usées. PP97.
- Hazourli S., Boudiba L. et Ziati M.,** Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'EL-HADJAR, ANNABA, Laryss journal, 6 (2007). pp45-55.
- Hydro Projet Ouest. 2016.**, Etude du système d'épuration des eaux usées de la commune de Reggane.
- Hydratec immeuble l'orient. 2008.**, Etude de requalification de la station d'épuration de Pont Rouge.
- Hamdi W., 2011.**, Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimique des eaux usées domestiques de quelques localités de la cuvette d'Ouargla, *Mémoire de magister en biologie*. Université d'Ouargla.
- Lourenço Da Silva, M. D. C. 2008.**, Effet de la variabilité du fractionnement de la pollution carbonée sur le comportement des systèmes de traitement des eaux usées par boues activées, *Thèse de Doctorat*, L'Institut National Polytechnique, Lorraine.
- MOLL D., 2002.**, Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées, *Thèse de Doctorat*, L'institut National Polytechnique de Lorraine (2006).
- ONEMA, 2010.**, Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, Application aux agglomérations d'assainissement inférieures à 2 000 Equivalent Habitants. Rapport final.
- Ouardigha-Maroc.**, Nature & Technologie ». C- Sciences de l'Environnement, n° 08/Janvier 2013. Pages 49 à 53.
- Rodier J., 1996.**, L'analyse de l'eau, eaux naturelles résiduaires eaux de mer, Tome II, PP 199-238.
- Rouaiguia B., et Belhouchet T., E., 2017.**, Etude des performances du dessableur/déshuileur de la STEP de Khenchela, *Mémoire de master en Hydraulique Urbaine*, Université Labri Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi.