

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

C:.....
R:.....

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

Master, Filière: Hydraulique

Spécialité : Traitement des eaux

Thème

Contribution à l'étude d'épuration des eaux usées
de la ville de Hassi Messaoud

Présenté par :

❖ HASSINE ABDELYAKINE ABDELBASSET

Soumis au jury composé de :

NETTARI k	MAA	Université Kasdi Merbah Ouargla	Président
Mekhloufi N	Docteur	Université Kasdi Merbah Ouargla	Examineur
Baouia k	MCA	Université Kasdi Merbah Ouargla	Encadreur
Kateb S	Professeur	Université Kasdi Merbah Ouargla	Co-Encadreur

Année Universitaire: 2020 / 2021

SOMMAIRE

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

Introduction	9
Généralités sur les eaux usées	12
Différents types des eaux usées	13
Origine pluviales	14
Origine industrielle	14
Origine domestique	14
Origine agricole	15

Caractéristiques des eaux usées

Paramètres Organoleptiques	15
La couleur	15
Odeur	15
Paramètres Physiques	16
La température	16
La turbidité	16
La matière en suspension (MES)	16
Les matières volatiles en suspension (MVS)	16
Les matières minérales sèches (MMS)	17
Les matières décan tables et non décan tables	17
Paramètres Chimiques	17
Le potentiel Hydrogène (pH)	17
La Demande Chimique en L'Oxygène (DCO)	17
La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)	18
L'azote	18
Les nitrates	19
L'Azote Ammoniacal	19
Le Phosphore	19
Le sulfate	19
Paramètres Bactériologiques	19
Les coliformes	19
Les streptocoques fécaux (SF)	19
Les clostridium sulfito-réductrices (CSR)	19

Chapitre II. Technique D'épuration des eaux usées

La station d'épuration	22
Définition	22
Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées	23
Procédés d'épuration des eaux usées	24
Prétraitements	24
Traitement primaires	24
Procédés de décantation chimique	24
Traitement secondaires (biologique)	25
Technologies de traitement par des cultures bactériennes fixes	25
Traitement tertiaire	25

L'élimination de l'azote	25
A La nitrification	26
La dénitrification	26
L'élimination du phosphore	27
Elimination et traitement des odeurs	28
La désinfection	29
Traitements de stabilisation des boues	30
Traitement de l'épaississement et de concentration des boues	31
Conditionnement des boues	32
Déshydratation	33
Séchage	35
Elimination finale des boues	38
Conclusion	39

Chapitre III. Présentation de la région d'étude

Situation géographique	40
Aperçus socio-économique	41
Population	42
Pollution des eaux	43
Pollution Industrielle	44
Infrastructure de base	45
Réseau routier	48

CHAPITRE IV : Dimensionnement des ouvrages

Présentation de la STEP de HASSI MESSAOUD	50
Localisation	51
Emplacement et accès	52
DEMARCHE DE LA PREMIERE PHASE	53
PRESENTATION DES SECTEURS	57
COLLECTTE DES DONNEES	58
POPULATION	63
L'ACCROISSEMENT DE LA POPULTIAON	64
LA DENSITE	65
CARACTERISTIQUES DU SCHEMA DIRECTEUR URBAIN	66
LES DONNEES CLIMATOLOGIQUES	67
LE CLIMAT	68
LA TEMPERATURE	69
LA PLUVIOMETRIE	70
L'EVAPORATION	71
LES VENTS	72
LES RESSOURCES EN EAU	73
LES OUVRAGES DE STOCKAGE ET DE REGULATION	74
LES ANALYSES DES EAUX DES FORAGES	75
REMARQUES GENERALES	76
Conclusion Générale	77

Liste des figures

- Figure 1.1: Schéma d'un dégrilleur
Figure 1.2: Schéma d'un dessabler
Figure 2 : Processus des boues activées (Bassompierre, 2007)
Figure I.5: Lagunage naturel
Figure I.6: Le principe d'un lagunage aéré
Figure. II.1:carte de la situation géographique de la zone d'étude (HASSI MESSAOUD)
Figure. II.2: Réseau hydrographique de la wilaya de Ouargla
Figure. II.3.photo aérienne de la station d'épuration (HASSI MESSAOUD 2017)
Figure. II.4.dégrillage (STEP HASSI MESSAOUD 2017)
Figure1: La Grille manuelle
Figure.2: La Grille mécanique
Figure 3: Le Dessableur simple à canaux gravitaires
Figure 4: Le dessableur aéré
Figure 5: Le dessableur et déshuileur
Figure 5-2 : Résultats des analyses des eaux usées
Figure 5- 3 Évolution de la population jusqu'en 2040
Figure 6: Plan d'aménagement
Figure 1: Ouvrage Type (digue)
Figure 2: Situation des digues projetée

LISTE DES TABLEAU	
Tableau	Agents de coagulation (Des jardins, 1997).
Tableau N°01	PRESENTATION DES SECTEURS
Tableau N°02	POPULATION
Tableau N°03	Les densités de chaque secteur
Tableau N°04	Résume générale des différences zones et des plans de occupation des sols (POS) dans la ville de HASSI MESSAOUD D'après le schéma directeur de urbanisme (PDAU)
Tableau N°05	LES SECTEURS
Tableau N°06	: Les forages de la ville de HASSI MESSAOUD
Tableau I	estimation de débit des eaux rejets au terme de l'horizon d'étude
Tableau II	: caractéristique de la station d'épuration
Tableau III	Les caractéristiques du canal d'amenée
Tableau IV	Les caractéristiques du dégrilleur
Tableau V	Les caractéristiques du déssableur
Tableau VI	Le caractéristique déshuileur
Tableau VII	valeurs de (MES) à l'entrée et sortie

Remerciements

Dieu merci d'avoir terminé ce travail

**Tout d'abord nous tenons à remercier Notre Jury Dr NETTARLK et
MAKHLOUFLN BAOUIA .K KATEB .S**

Pour l'effort qu'il a déployé pour que ce travail voie le jour.

**Nous tenons aussi à remercier tous les professeurs de l'hydraulique qui nous ont aidés
et qui ont contribué à notre formation durant la période de nos études
universitaires.**

**Nous remercions aussi les honorables membres du jury qui nous ont Font
l'honneur de corriger et juger notre travail**

**A tous les enseignants, à toute la Promotion de la 2ème Année
Mastère En Hydraulique, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce mémoire.**

.....

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à : Nos chers papas, nos chères mamans pour leurs éducation, leurs patience, leurs énormes sacrifices à nous offrir une vie pleine de joie et d'amour, leurs soutiens et encouragements ; que Dieu les gardent.

Ainsi à Nos chers frères

A ma grande mère

A Toute ma famille

A tous mes amis

A Toute la promotion hydraulique « année 2020/2021»

ملخص

في الجزائر ، يتزايد حجم المياه المستعملة التي يتم تصريفها في الوديان والبحار والمحيطات ، مما كان له تداعيات خطيرة على صحة المواطنين وأدى إلى زيادة ظاهرة التلوث البيئي. هذا هو الحال بالنسبة لبلدية حاسي مسعود التي يتم تصريف مياه الصرف الصحي فيها مباشرة في البيئة الطبيعية ، دون أي معالجة مسبقة. الهدف من مشروعنا هو بناء محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة حاسي مسعود ، من أجل الحفاظ على البيئة والصحة العامة. في هذه الرسالة ، قمنا بدراسة ومقارنة الطرق المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي واختيار عملية البحيرة الهوائية ، والتي تشكل حلاً فعالاً في هذه الحالة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي ، محطة معالجة مياه الصرف

Summary

In Algeria, the volume of wastewater discharged into wadis, seas and oceans is increasing, which has had serious repercussions on the health of citizens and has led to an increase in the phenomenon of environmental pollution. This is the case of the municipality of HASSI MESSAOUD whose wastewater is discharged directly into the natural environment, without any prior treatment. The objective of our project is to build a wastewater treatment plant in the city of HASSI MESSAOUD, in order to preserve the environment and public health. In this thesis, we have studied and compared different methods of wastewater treatment and chosen the aerated lagoon process, which constitutes an effective solution in this case.

Key words: Wastewater, Wastewater treatment plant, aerated lagoon

Résumé

En Algérie, le volume d'eaux usées rejetées dans les oueds, les mers et les océans augmente, ce qui a eu de graves répercussions sur la santé des citoyens et a entraîné une augmentation du phénomène de pollution de l'environnement. Telle est le cas de la commune de HASSI MESSAOUD dont les eaux usées sont déversées directement dans, milieu naturel, sans aucun traitement préalable. L'objectif de notre projet consiste à réaliser une station d'épuration des eaux usées au niveau de la ville de HASSI MESSAOUD, afin de préserver l'environnement et la santé publique. Dans ce mémoire, nous avons étudié et comparé différentes méthodes de traitement des eaux usées et choisi le procédé de lagunage aérée , qui constitue une solution efficace dans ce cas.

Les mots clés : Les eaux usées, Station d'épuration, lagunage aérée

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

L'eau est un bien précieux, ou autrement dit l'or bleu qui constitue un facteur clé pour la croissance et le développement socio-économique. L'eau a un double visage, un visage utile pour une utilisation humaine dans ses diverses activités quotidiennes, et l'autre visage qui est après utilisation, ses propriétés changent et deviennent des eaux usées rejetées dans le milieu naturel. Les rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation, et l'élévation du niveau de vie de la population. Ces rejets dans la nature est l'un de principaux phénomènes qui ont causé la pollution de l'environnement, à la contamination des eaux souterraines et la propagation des maladies d'origine hydrique. Actuellement, les eaux usées issues des industries et des collectivités de la ville de HASSI MESSAOUD sont rejetées directement dans le milieu naturel, sans aucun traitement préalable et par conséquent, elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. La réalisation d'une station d'épuration est parmi les solutions pour le traitement des eaux usées avant le rejet dans le milieu récepteur sans risque de contamination. En Algérie, le procédé d'épuration par boues activées est le plus utilisé pour traiter les eaux usées urbaines. Ce procédé a des performances épuratrices et une fiabilité très importante, surtout vis-à-vis de la pollution organique. L'objectif principal de notre étude consiste en un dimensionnement d'une station d'épuration à lagunage aérée de la région, un grand potentiel en eau épurée pour une réutilisation à des fins d'irrigation. Pour ce faire, nous avons structuré notre travail comme suit.

- Une introduction générale.
- Le chapitre I : *Caractéristiques des eaux usées*
- Le chapitre II : *Technique D'épuration des eaux usées.*
- Le chapitre III : *Présentation de la région d'étude*
- Le chapitre IV : *Dimensionnement des ouvrages.*
- Conclusion générale

Chapitre I

Généralité Sur les eaux

Introduction

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique entrainant la formation du milieu récepteur en égouts. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Pour cela, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible. L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore...etc.)

Elle se fait dans des stations d'épuration qui comportent des installations de traitement des eaux et des dispositifs de traitement des boues produites

1 Généralité sur les eaux usées

En parlant de l'eau usée il semble important (ERU:2021), d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son épuration.

Selon REJSEK (2002), les eaux résiduaires urbaines ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à deux catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels.

(GROSCLAUDE, 1999). Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

1.2 Différents types des eaux usées

D'après RODIER et al (2005), On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole.

L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension

d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité. Donc les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par :

- Des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole
- Des eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

1.21 *Origine pluviales*

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout en début de pluie par deux mécanismes le lessivage des soles et des surfaces imperméabilisées.

- Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.

- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décan tables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.

1.22 *Origine industrielle*

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés...);
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...);
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...);
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....);
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires...).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés.(RODIER, 2005).

1.2.3 *Origine domestique*

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains. Elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protéides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses.
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (W.C), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme.(REJSEK, 2002)

1.2.4 Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...).(GROSCLAUDE, 1999).

Donc ces eaux sont l'issus :

- Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démolition des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).
- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement ,aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduaires des usines de fabrication et de conditionnement. (GROSCLAUDE ;1999).
- **1.3 Caractéristiques des eaux usées**

Dans ce sous chapitre nous passerons en revue les principaux paramètres

physicochimiques analysés au cours de la partie expérimentale ainsi que les paramètres bactériologiques les plus rencontrés dans les eaux usées.

1.3.1 Paramètres Organoleptiques

1.3.1.1 La couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. (REJESK, 2002).

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. (RODIER et Al, 2005).

1.3.1.2 Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur est pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition.

1.3.2 Paramètres Physiques

1.3.2.1 La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, ...etc. (RODIER et AL, 2005).

1.3.2.2 La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

1.3.2.3 La matière en suspension (MES)

Exprimée en mg par litre. Ce sont les matières non dissoute de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, Les matières volatiles en sus photosynthèse végétale. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques.

1.3.2.4 Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation, séchées à 105°C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (mg/l). Elles sont ensuite chauffées à 500-600°C, les matières

volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l).

1.3.2.5 Les matières minérales sèches (MMS)

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice.

1.3.2.6 Les matières d'écartables et non décantables

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant les conditions opératoires, et les matières non décantables qui restent dans l'eau et qui vont donc être dirigées vers les procédés biologiques.

1.3.3. Paramètres Chimiques

1.3.3.1 Le potentiel Hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH. (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

$$pH = \log 1/[H^+]$$

1.3.3.2 La Demande Chimique en L'Oxygène (DCO)

La demande chimique en L'oxygène est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂ l⁻¹ (REJSEK, 2002).

1.3.3.3 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. (RODIER, 2005).

Selon REJSEK(2002), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

1.3.3.4 L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniacal, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total. (RODIER, 2005).

1.3.3.5 Les nitrates

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus

d'enrichissement des eaux en nitrates. La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation a plusieurs origines

- Agricole : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage. Cette source représente les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel
- Urbaine : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas total et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel. Cette source représente les 2/9 des apports,;
- Industrielle : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente 1/9 des apports. (REJSEK, 2002)

1.3.3.6 L'Azote Ammoniacal

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH_4^+).

Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



1.3.3.7 Le Phosphore

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho phosphatés. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation, le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphatés, phosphore hydrolysable et phosphore organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO_4 ou de P_2O_5 $1\text{mg/L PO}_4 = 0,747\text{ mg/L P}_2\text{O}_5 = 0,326\text{ mg/L P}$ (RODIER;2005).

1.3.3.8 Le sulfate

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. Leur présence dans l'eau est généralement due à des rejets en

provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc.), d'usines de fabrication de cellulose (pâte à papier, etc.) et d'unités de décoloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous ; l'injection dans le circuit se fait habituellement en continu à la concentration de 20 mg Ce pendant un excès d'ions sulfites dans les eaux de chaudières peut avoir des effets néfastes car il abaisse le pH et peut alors développer la corrosion. En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates. (RODIER, 2005).

13.4 Paramètres Bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes,

opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène. (RODIER, 2005).

Vu leur rôle dans le processus, il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées :

13.4.1 Les conformes

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactérienne s'apparentent en fait à la famille des entérobactéries

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) :

« Bacille à Gram négatif, non sporogène, oxydase négative, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des températures de 35 à 37 C° ». (REJSEK, 2002). Les coliformes comprennent les genres : Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia.

• Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques de coliformes) après incubation à la température de 44 °C

1.3.4.2. Les streptocoques fécaux (SF)

Sont des bactéries à gram positif sphériques à ovoïde formant de chainettes, non sporulées, se cultivant en anaérobiose à 44 c et à ph 9.6 .la recherche de streptocoque fécaux ne doit être considérée que comme un complément à celle des coliformes thermo-tolérant pour être le signe d'une contamination fécale.

Le genre Streptococcus est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante. Les 29 espèces du genre Streptococcus sont subdivisées en 4 groupes principaux :

- Les streptocoques pyogènes hémolytiques.
- Les streptocoques oraux.

- Les entérocoques.
- Les streptocoques lactiques.

1.3.4.3. Les clostridium sulfito-réductrices (CSR)

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de pollution, il faut cependant considérer que si les Clostridium sulfito-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont également des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. Dans une telle optique d'interprétation, il y a intérêt à ne rechercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale : c'est le cas en particulier de Clostridium perfringens. (RODIETR, 2005). Selon REJSEK (2002), les spores des bactéries anaérobies sulfitoréductrices et celles de Clostridium perfringens peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement. Ainsi, elles peuvent montrer l'efficacité d'un traitement de filtration, où elles se comportent comme des kystes de parasites, aussi bien au niveau d'une station de traitement qu'au niveau du sol : signe d'efficacité de la filtration naturelle. De plus, Clostridium perfringens, sous sa forme sporulée, est très résistant à la chloration et va donc se comporter comme les microorganismes plus difficiles à mettre en évidence. Donc la nomenclature sulfitoréducteurs est attribuée à ces germes car ils ont comme point commun de réduire le sulfite de sodium en sulfure selon la réaction suivante :



Chapitre II
Techniques D'épuration des
eaux usées

II. 1.Introduction

Une station d'épuration est un centre de traitement de l'eau qui peut remplir deux missions distinctes :

- recycler les eaux usées en éliminant les polluants avant leur rejet dans leur milieu naturel.
- rendre les eaux naturelles propres et sans danger pour la consommation humaine.

Elle est installée à l'extrémité d'un réseau de collecte des égouts et en amont du milieu naturel.

Il existe plusieurs filières de station d'épuration selon le type et la quantité de pollution à traiter.

II.2 Rôle des stations d'épuration

Le rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux. ▪Protéger l'environnement. ▪Protéger la santé publique.
 - Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement
- a- Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées**

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

- Des exigences du milieu récepteur
- Des caractéristiques des eaux usées
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.)
- De la disponibilité du site
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation)

b- Procédés d'épuration des eaux usées

Les différents procédés épuratoires sont décrits dans l'ordre classiquement adopté en épuration

- prétraitements : dégrillage, dessablage, déshuilage.
- traitement primaires : procédés décantation physique, procédés décantation chimique
- traitement secondaires (biologique) : épuration biologique des matières organiques.
- traitement tertiaires : azote, phosphore, désinfection, traitement des boues.

II.2Prétraitements

Le prétraitement est un l'ensemble d'opérations physiques et mécaniques destinées àExtraire de l'eau brute. Ils ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont Susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. S'il s'agit de déchets volumineux (dégrillage), Des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) (Badia-Gondard,2003).

1. Dégrillage

Le dégrillage est une opération indispensable pour éliminer de gros objets susceptibles de gêner le fonctionnement des procédés situés en aval. Il permet de séparer et d'évacuer les matières volumineuses, amenées par l'effluent à traiter. L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types:

- Dégrillage fin (écartement 3 à 10 mm).
- Dégrillage moyenne (écartement 10 à 25 mm).
- Dégrillage grossier (écartement 50 à 100 mm) (Satin et Selmi, 2006).

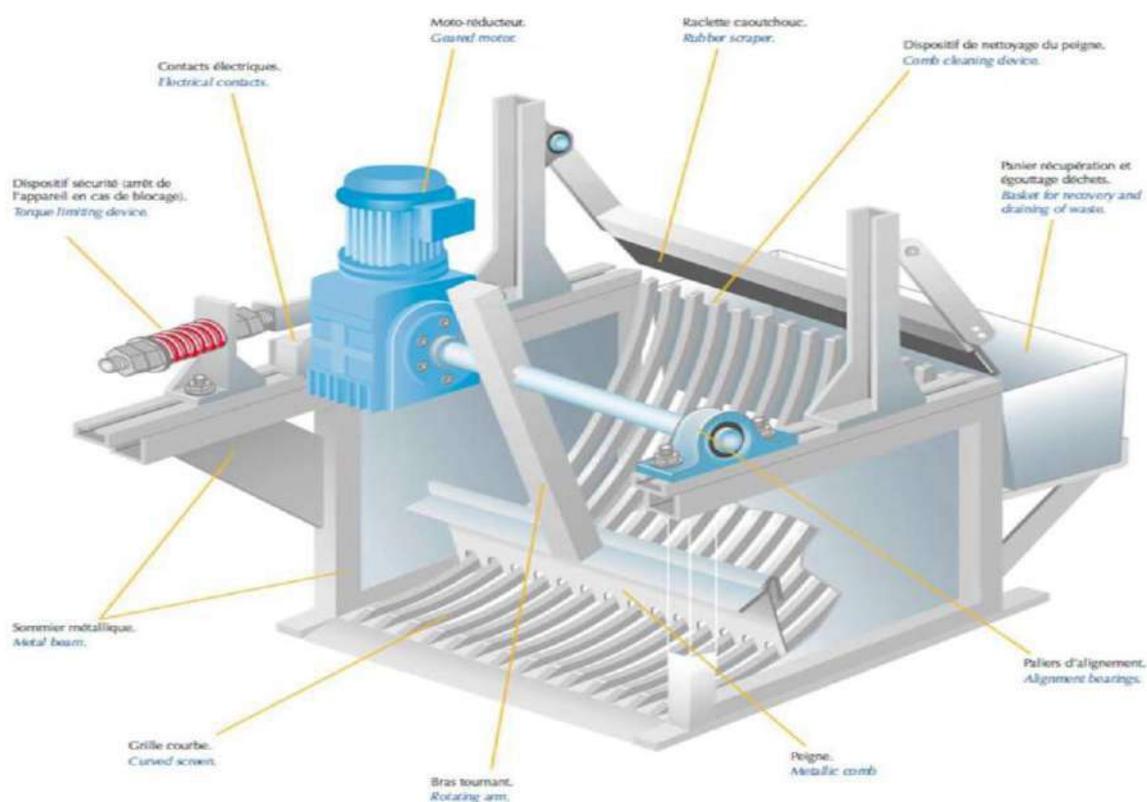


Figure I.1: Schéma d'un dégrilleur

2. Tamisage

Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macrotamisage (mailles > 0.3mm) et un tamisage (mailles < 100µm)

3. Dessablage

Le dessablage consiste en l'élimination des sables présents dans l'effluent brute pour éviter leur dépôt dans les canalisations induisant leur bouchage et permet de réduire la production des boues et d'éviter de perturber les autres étapes de traitement, en particulier, le réacteur biologique (Satin et al., 2010).

Figure I.3: Schéma d'un dessableur



4. Déshuilage et dégraissage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre de figer les graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient par la suite (Dégréement, 1989). La rétention environ 80% de la matière grasse lorsque la température est inférieure à 30°C (Dégréement, 1995).

a. Traitement primaires

Le traitement primaire constitue une pré-épuration non négligeable pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques et chimiques.

Les matières décan tables se déposent au fond ou flottent à la surface par différence de densité ou après l'adjonction de produit agglomérant les matières, accélérant leur flottation ou leur sédimentation (Satin et Selmi, 2006).

Le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension jusqu'à 60% et de la matière organique de l'ordre de tiers de la DBO5 entrante (Degrement, 1989).

a. 1. Procédés de décantation physique

• Décantation

La décantation a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité, les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage (Vilaginés,2010). L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation, ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées. Ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. Une décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (Daloz, 2007).

• Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient (Vilaginés,2010).

Pour l'extraction des particules en suspension, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air. Les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau (Satin *et al.*, 2010).

Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspensions et réduit d'environ 30% de la DBO5 et de la DCO (Vilaginés, 2000).

b. Procédés de décantation chimique

La coagulation concerne des colloïdes et des particules très petites. Par contre, au niveau des particules plus grosses, nous parlerons de floculation. Ces processus sont considérés comme des traitements préparatoires.

De nombreuses séparations solide-liquide, la décantation et la flottation permettent d'éliminer 75% de la DBO5 et jusqu'à 90 % des matières en suspension (Edeline, 1992). Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage (Daloz, 2007).

•Coagulation

La coagulation est utilisée pour agglomérer les particules de très petite taille. Les MES souvent de très petite dimensions, sédimentent difficilement, pour faciliter leur prise en masse, on utilise des agents chimiques appelés coagulants. L'ajout de ces coagulants permettent l'accroissement de la taille des MES et une décantation plus rapide, déstabiliser les suspensions colloïdales, la réduction de la turbidité et la concentration en polluants dissous par précipitation (Gregorio *et al.*, 2007).

Tableau II : Agents de coagulation (Desjadins, 1997).

Produit	Formule chimique
Sulfate d'alumine	Al ₂ (SO ₄) ₃
Sulfate de fer	FeSO ₄
Aluminate de soude	NaAlO ₂
La chaux	Ca(OH) ₂
Chlorure ferrique	FeCl ₃

- **Floculation**

La floculation permet l'agglomération des particules de colloïdes granulaires lorsqu'elles favorisent les contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération. Cette floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules formée par la coagulation (Gregorio *et al.*, 2007). D'après Mouchet (2000), La formation du floc étant amorcée par l'introduction du coagulant, il est nécessaire d'accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible.
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau.
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau.
- L'emploi de certains produits appelés flocculant ou adjuvant de coagulation.

Les adjuvants les plus utilisés sont :

- Flocculant minéraux : silice activée ;
- Flocculant organiques (polymères à haut poids moléculaires) d'origine naturelle tel que l'alginate ou d'origine synthétique (polyélectrolyte anionique, cationique ou non ioniques).

c. Traitement secondaires(biologique)

Le traitement biologique consiste à l'utilisation de la flore bactérienne dans les eaux usées pour dégrader les matières organiques polluantes. Il constitue le second grand stade de l'épuration des eaux de raffinage. Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO₅ et la DCO qui subsiste après l'épuration physico-chimique (Koller, 2009).

d. Technologie de traitement par des cultures bactériennes libres

Le traitement par des cultures bactériennes libres utilisé jusqu'à maintenant, mettent en œuvre des micro-organismes maintenus en suspension sous la forme des floccs au sein du liquide à traiter (Gaid, 1993).

- **Traitement biologique par boues activées**

Le procédé à boues activées consiste à provoquer le développement d'un flocc bactérien dans un bassin alimenté en eaux usées à traiter (bassin d'aération) (Kollar, 2004), l'apport d'air dans le bassin d'aération pour la satisfaction de la DBO5 et pour la respiration de la masse cellulaire. Il est destiné à contribuer au brassage et au maintien en suspension des boues activées (Berné et Cordonnie, 1991). Il permet d'obtenir des performances poussées pour éliminer le carbone, l'azote et le phosphore. Le bassin d'aération peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières en suspension décan tables et sera suivie d'un clarificateur qui assurera la séparation de l'effluent épurée avec les boues, celle-ci seront en partie recyclée dans le bassin d'aération pour assurer le réensemencement et la concentration permanente, et l'autre partie extraites vers le traitement des boues

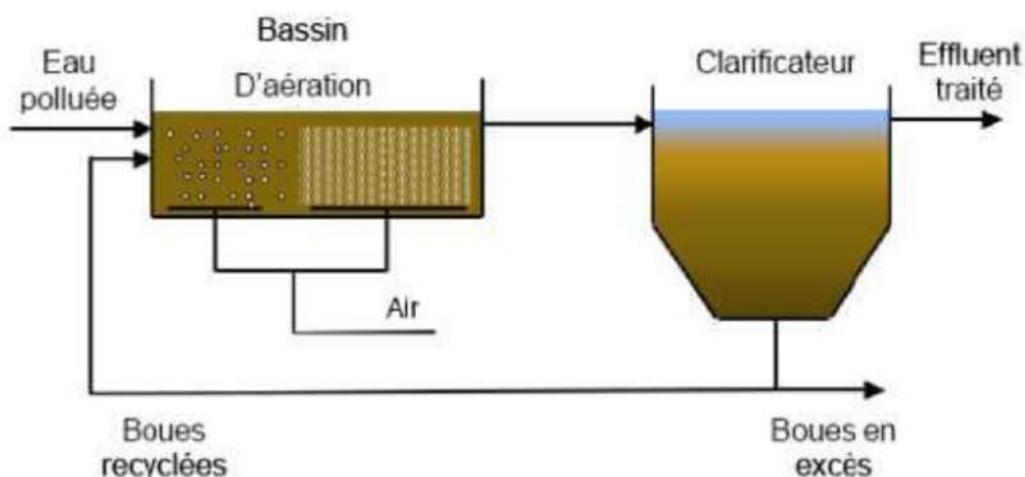


Figure 2 : Processus des boues activées (Bassompierre, 2007).

- **Lagunage**

On distingue deux types de lagunage :

- **Lagunage naturelle**

Les eaux usées admises sur un lagunage naturel sont dégradées par un écosystème constitué essentiellement d'algues microscopiques, de bactéries aérobie et anaérobie et une microfaune adaptée. L'oxygène dissout nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques en présence de rayonnement solaire (Gregorio *et al.*, 2007).

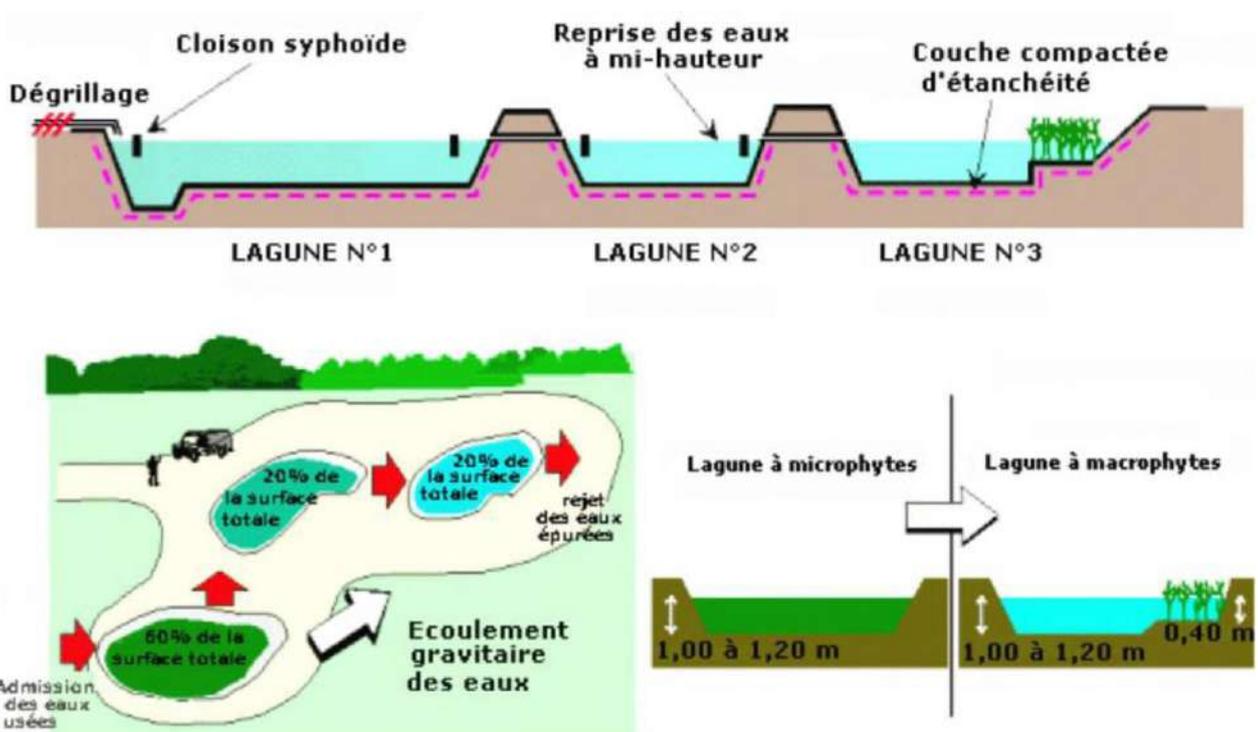


Figure I.5: Lagunage naturel

- **Lagunage aérée**

Le lagunage aéré consiste à intensifier l'activité aérobie par un apport artificiel d'oxygène par des aérateurs mécaniques flottants ou fixes ou une insufflation d'air avec un long temps de séjour des effluents dans des bassins pour parvenir à une épuration poussée (Molleta, 2006).

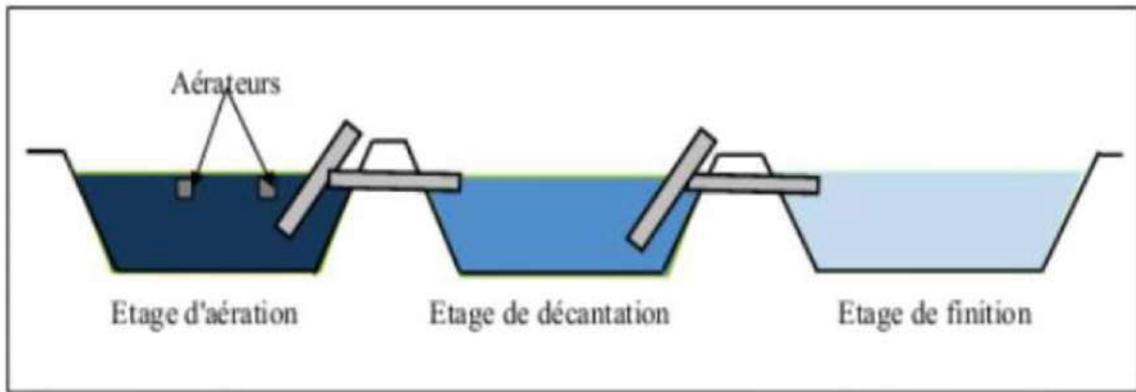


Figure I.6: Le principe d'un lagunage aéré

e. Technologies de traitement par des cultures bactériennes fixes

Le traitement par des cultures bactériennes fixes regroupe tous les procédés où la biomasse épuratrice est accrochée sur un support solide à travers l'eau à traiter (Gaid, 1993).

- **Lits bactériens**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler l'eau à traiter préalablement décantée sur une masse de matériau (naturelle ou plastique), servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y est formé d'un film épais. Les microorganismes fixes éliminent les matières organiques par absorption des constituants solubles et en suspension (Degrement, 1995).

- **Les bio-filtres**

Les bio-filtres combinent des processus physiques et biologiques par l'utilisation d'un matériau filtrant millimétrique immergé, aéré ou non selon le traitement recherché et sur lequel se fixent les populations bactériennes, qui vont participer à la dégradation de la charge polluante apportée par l'effluent. Sous l'effet du développement de la biomasse et de l'accumulation des MES, le bio-filtre se colmate et nécessite un lavage périodique (le plus souvent quotidien) (Deronzier et Choubert, 2004).

- **Les disques biologiques**

Les disques biologiques, faisant appel aux cultures fixées sont constitués par les disques biologiques tournants où se développent les microorganismes et forment un film biologique épurateur à la surface. Les disques sont semi immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée (Audic, 2002).

- **Décantation secondaire**

Le clarificateur est un bassin circulaire, équipé d'un point racleur. La liqueur mixte, venant des bassins biologiques via la deuxième chambre de répartition est séparée en eau épurée et boues biologiques par décantation. Les boues décantées sont siphonnées par une pompe à vide, une partie sera acheminée vers la première chambre du répartiteur assurant la recirculation des boues contenant la culture bactérienne épuratrice. Afin de maintenir la concentration en biomasse nécessaire dans ce bassin, l'autre partie sera transmise au flotteur.

Traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires.

1 L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification - dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "stripage" de l'ammoniaque, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût. L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes.

2. La nitrification

La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains microorganismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes :

- Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas).
- Nitrification : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter).

La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH_4) en nitrate (NO_3). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie.

3. La dénitrification

Est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu.

L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "dé phosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

7. Elimination et traitement des odeurs

Les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation. Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement.

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements.
- Les boues et leur traitement.

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs.

On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio-laveurs. Dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur.

8. La désinfection

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par:

a- Le chlore

Est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont: le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium ($NaClO$) appelé communément "eau de Javel" hypochlorite de calcium ($Ca(ClO)_2$), le chlore de chaux ($CaCl_2 \cdot OCl_2$) et le chlorite de sodium ($NaClO_2$).

b- L'ozone (O_3)

Est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité. Il existe aussi des traitements physiques tel que:

▪ ***Les rayons ultraviolets***

Qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées

▪ ***La filtration***

Est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée.

Traitements de stabilisation des boues

Le traitement de stabilisation des boues réside essentiellement dans l'élimination ou la réduction du pouvoir fermentescible des boues organiques, notamment des matières à évolution bactérienne rapide afin d'éviter l'émission d'odeurs désagréables (Koller, 2009).

L'empêchement de la fermentation des matières organiques des boues se fait par l'addition de la chaux pour maintenir un pH supérieur à 12 en inhibant toute activité microbienne (Molleta, 2006).

Traitement de l'épaississement et de concentration des boues

L'épaississement est la première étape pour réduire le volume des boues tout en augmentant la concentration pour permettre la déshydratation. Le concentrateur statique présente deux phases de fonctionnement : La clarification permet d'obtenir un surnageant pauvre en matière en suspension, l'épaississeur est alors considéré comme un décanteur, puis sous l'action de la pesanteur, la teneur des boues en matière en suspension progresse (Cardot, 1999).

Conditionnement des boues

Après l'épaississement, les boues contiennent encore une très forte proportion d'eau, ce qui rend difficile la réduction de leur volume. Elles sont intimement liées à la masse colloïdale de nature hydrophile. Un conditionnement est indispensable pour rendre son exploitation dans les différents équipements (Degrement, 1978).

Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie (Koller, 2009).

Séchage

Le séchage consiste à évacuer par évaporation l'eau interstitielle présente dans les boues. Dans le cas d'un séchage total, le produit final se réduit pratiquement en matière sèche.

Il se réalise avec l'utilisation du lit de séchage qui est constitué par une couche de 30 à 40 cm de sable, reposant sur une couche de gravier. Les boues sont déposées à la surface du sable dans un premier temps, l'eau interstitielle percole rapidement à travers le sable. Un système de drainage permet de la récupérer et de la renvoyer dans le bassin d'aération.

Les boues restent à la surface du lit de sable et sèche au cours de temps. Ces boues sèches peuvent être enlevées soit manuellement soit mécaniquement (Molleta, 2007).

Elimination finale des boues

L'élimination finale des boues issues du traitement des effluents des industries agroalimentaires semble être utile à la valorisation en agriculture car ils sont riches en élément fertilisants (Molleta, 2006).

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté une petite généralité sur les eaux usées, quelle est l'origine des eaux usées et la composition de ces eaux, et on a cité les différentes étapes de traitement des eaux usées dans une station d'épuration et on a précisé aussi quelques types de traitement des eaux par exemple : boues activées, lit bactérien, bio disque et lagunage naturelle.

Chapitre III
Présentation
De la région d'étude

II .1. Situation géographique

Hassi Messaoud est située au milieu du Sahara algérien à 86 km au sud-est d'Ouargla, à 172 km au sud de Touggourt et à 800 km au sud-est de la capitale Alger.Elle occupe une position géographique stratégique, elle est donc un point de rencontre entre les pôles industriels du Nord (Ghardaïa et Biskra), les centres d'échanges au sud (illizi) et la proximité du territoire libyen à l'Est.

Elle couvre une superficie de 71 237 km²et elle est limitée par :

- la wilaya de Ghardaïa , au Nord.
- la wilaya d'illizi, au Sud.
- la wilaya de El Oued , à l'Est.
- la wilaya de Biskra, au Nord-Est.

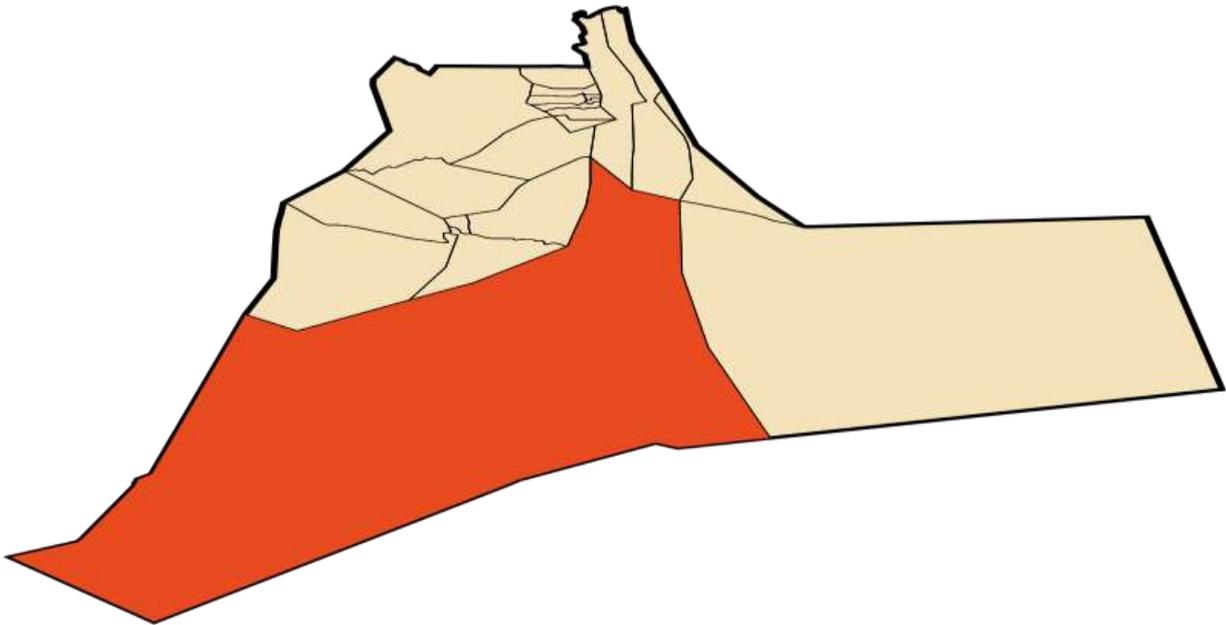


Figure. II.1. carte de la situation géographique de la zone d'étude (HASSI MESSAOUD).

II-1-PRESENTATION DES SECTEURS :

La ville de Hassi Messaoud est partagée par des secteurs et chaque secteur est doté des Ouvrages de stockage, réseau d'alimentation en eau potable et forages le tableau suivant présente ces secteurs :

Tableau N° I : PRESENTATION DES SECTEURS

N°secteurs	Les cités Concerné
I	Cité 1666 logements
II	Centre ville HMD-Cité la DAIRA et COMMUNE - Cité aissatidir - antique mosquée
III	Cité 120 logements -Cité 13 logts partie sud cité bouamama
IV	Cité 422 logements -Cité militaire
V	Cité toumiat- cité 40+ 18 logts -150 logts - cité bouamama
VI	Cité Si EL-HAOUES 02
VII	Cité 1850 logements
VIII	Zone industrielle
IX	Zone du stade
X	Zone de production du sud CIS
XI	La base de vie 24 février
XII	Zone d'expansion touristique
XIII	Zone du parc d'attraction
XIV	Toumiat NORD
XV	Zone de palmeraie
XVI	La base de vies et activités industrielle

La ville est partagée en secteur par le centre des études et la réalisation urbanisme en Octobre 1997 Et le Plan Directeur d'Aménagement Urbanisme (PDAU)

II-2-COLLECTTE DES DONNEES ;

II-2-1-POPULATION ;

La population et son évolution dans le temps présente un facteur prédominant dans l'estimation de la quantité d'eau à traiter, d'après le recensement de 31/12/2001 le nombre d'habitant est de l'ordre de 51883 habitants.

*pour estimer le nombre d'habitant nous avons utilisé la formule suivante

$$P_n = P_o (1 + T)^n$$

Où :

P_n : population à l'horizon futur

P_o : population de l'année de référence

T : taux d'accroissement

n : nombre d'années séparant les 02 horizons

On aura

$$P_{2004} = 62390 \text{ hab.}$$

D'après le Plan Directeur d'Aménagement Urbanisme (PDAU) le nombre d'habitant, future de chaque secteur est présenté dans le tableau suivant :

Tableau N° II : le nombre d'habitant

N° secteurs	Non de secteur	Superficie	Population
I	Cite 1666 logements	35 hectares	7056 habitant
II	Centre ville HMD	60 hectares	6150
III	Cité 120 logements	42 hectares	4764 habitant
IV	Cité 422 logements	42 hectares	4830 habitant
V	EST HASSI MESSAOUD	139 hectares	15960 habitant
VI	Cité Si EL-HAOUES	18 hectares	2250 habitant
VII	Cité 1850 logements	115 hectares	13800 habitant
VIII	Zone industrielle	304 hectares	Suivant le nombre d'emploi /ha
IX	Zone du stade	100 hectares	Suivant le nombre d'emploi /ha
X	Zone de production du sud CIS	200 hectares	Usage d'habitant interdit
XI	La base de vie 24 février	-	-
XII	Zone d'expansion touristique	20 hectares	Suivant le nombre d'emploi /ha
XIII	Zone du parc d'attraction	32 hectares	Suivant le nombre d'emploi /ha
XIV	Toumiatt NORD	100 hectares	140000 habitant
XV	Zone de palmeraie	75 hectares	Non habitable
XVI	La base de vies et activités industrielle	80 hectares	10000 habitant

Les densités de chaque secteur sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau N°III : Les densités de chaque secteur sont présentées dans le tableau suivant

N° secteurs	Nom de secteur	Densité		Remarque
		Habitant /hectare	Logement /hectare	
I	Cite 1666 logements	202	35	-
II	Centre ville HMD	103	40	-
III	Cité 120 logements	113	20	-
IV	Cité 422 logements	115	20	-
V	EST HASSI MESSAOUD	115	15 à 20	-
VI	Cité Si EL-HAOUES	125	15 à 20	-
VII	Cité 1850 logements	120	20	-
VIII	Zone industrielle	Suivant le nombre d'emploi	Non habitable	Zone industrielle
IX	Zone du stade	Suivant le nombre d'emploi	Non habitable	Zone industrielle
X	Zone de production du sud CIS	d Suivant le nombre d'emploi	Les maisons limité	-
XI	La base de vie 24 février	Suivant le nombre d'emploi	---	-
XII	Zone d'expansion touristique	Suivant le nombre d'emploi	Non habitable	-
XIII	Zone du parc d'attraction	Suivant le nombre d'emploi	Non habitable	-
XIV	Toumiat NORD	145	24	-
XV	Zone de palmeraie	Non habitable	Non habitable	-
XVI	La base de vies et activités industrielle	125	Non habitable	Programmé

II-2-2-L'ACCROISSEMENT DE LA POPULATION:

Le taux d'accroissement utilisé était celui énoncé par l'annuaire statistique de la wilaya de Ouargla (mai 2002) est 6.34 %

II-2-3-LA DENSITE:

D'après l'annuaire statistique de la wilaya de Ouargla (mai 2002) la densité est de 0.73 hab/km²

II-2-4-CARACTERISTIQUE DU SCHEMAS DIRECTEUR URBAIN:

Le schéma directeur urbain de la ville de HASSI MESSAOUD est constitué par 23 zones, et des plan de occupation des sol (17) POS, on peut résume les zones et les plans dans un tableau

**Tableau N° IV : Résumé générale des différences zones et des plans de occupation des sols (POS) dans la ville de HASSI
MESSAOUD**

D'après le schéma directeur de urbanisme (PDAU)

N°secteurs	Nom de secteur	Zones (Z)	POS	Surface total Hectare	Nombre des habitants dans la zone	Nombre des maisons dans la zone	Densité de population	
							Hab/Hectare	Miasons/hec tare
I	Cite 1666 logements	Z 1	POS 1	35 à 34.5	7056	1176	202	35
II	Centre ville HMD	Z 2	POS 2	60	6150	1025	103	40
III	Cité 120 logements	Z 3	POS 3	42	4764	794	113	20
IV	Cité 422 logements	Z 4	POS 4	42	4830	805	115	20
V	EST HASSI MESSAOUD	Z 7 Z 8 Z 9	POS 7 POS 8 POS 9	139	15960	2660	115	15 à 25
VI	Cité Si EL-HAOUES	Z 6c	POS 6c	18	2250	355	125	15 à 25
VII	Cité 1850 logements	Z 5 Z 6a Z 6b	POS 5 POS 6a POS 6b	115	13800	2300	120	15 à 25
VIII	Zone industrielle	Z 10	POS 10	304	Suivant le nombre d'emploi /ha	----	----	----
IX	Zone du stade	Z 11	POS 11	100	Suivant le nombre d'emploi /ha	----	----	----
X	Zone de production du sud CIS	Z 12	POS 12	200	Non habitable			
XI	La base de vie 24 février	Z 13	----	----	----	----	----	----
XII	Zone d'expansion touristique	Z 17	POS 13	20	----	----	----	----
XIII	Zone du parc d'attraction	Z 18	POS 14	32	Non habitable			
XIV	Toumiat NORD	Z 22	POS 17	100	154000	2000	125	15à25
XV	Zone de palmeraie	Z 19	POS 15	75	Non habitable			
XVI	La base de vies et activités 17dustrielle	Z 23	POS 16	80	10000	----	125	----

Tableau N° V : Type du Secteur et numéro des secteurs

Type du Secteur	Numéro des secteurs concerné
Secteur urbanise	I-II-III-IV-V-VI-VII-XIV
Secteur des activités industrielles	VIII-IX-X-XI-XVI
Secteur d'activités agricole	XV
Secteur mixte (urbaine – industrie)	XII-XIII

Dans la ville il y a des secteurs urbanisés constitués par des espaces verts (secteur IV), et de secteur (Secteur VIII).

II-2-5- LES DONNES CLIMATOLOGIQUES:

II-2-5-1-LE CLIMAT:

Le climat de Hassi Messaoud est de type désertique continental. Le site est caractérisé par un climat chaud et sec pendant la saison de l'été durant les mois de MAI à Septembre, et froid durant les mois décembre à février.

II-2-5-2- LA TEMPÉRATURE:

D'après les bulletins de l'ONM le mois le plus chaud est le mois de Juillet, température moyenne de 34.13 °C. Le maximum absolu est de 45.80 °C le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne de 10.95 °C le minimum absolu est de – 0.50 °C.

On remarque selon la même source, la température moyenne mensuelle du mois le plus chaud (Août) 36.33 C° , le mois le plus froid (Janvier) 13.67 °C .

II-2-5-3- LA PLUVIOMÉTRIE:

*les précipitations (cumul des moyenne mensuelles) en Janvier atteint 9.70 mm , JUILLET et Août sont nulles .

*la pluviométrie moyenne de 45 mm par an

STATION De Hassi Messaoud **cumul des moyennes mensuelles (mm) {1963-1991}**

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
P(mm)	9.7	4.82	7.47	3.82	2.62	0.31	0.00	0.00	1.16	4.45	5.3	5.48

II-2-5-4- L'EVAPORATION :

Après les bulletins de l'ONM les évaporations des cumuls des moyenne mensuelles, l'évaporation maximal est enregistrée au mois de Juillet qui atteint 518 mm , par contre l'évaporation minimal est enregistrée au mois de Décembre qui atteint 115 mm .

L'évaporation moyenne mensuelle est de 304 mm.

L'évaporation annuelle est de 3650 mm.

STATION De Hassi Mesaoud
cumul des moyennes mensuelles (mm) {1963-1991}

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
EV(mm)	123	173	246	314	405	496	518	469	374	258	159	115

II-2-5-5- LES VENTS:

Les vents fréquents sont ceux du nord et nord-est.

II-2-4- LES RESSOURCES EN EAU:

D'après les services de hydraulique dans la ville de HASSI MESSAOUD il y a 23 sources d'eau au niveau de la ville, seules 17 forages sont exploités. La principale ressource de la ville est constituée de deux nappes différentes

- la nappe du mio- pilocène de profondeur varié de 100m à 150m.
- la nappe du sénonien de profondeur varié de 347m à 388 m.

Remarque :

Au niveau de la ville de HASSI MESSAOUD la nappe du sénonien est plus utilisée

Tableau N° VI : Les forages de la ville de HASSI MESSAOUD

Forage	Nom	Secteur	Nappe	La profondeur	Débit		Remarque
					Mobilise	Exploité	
001	F 01	II	moi- pilocène	118	15.27	----	Non Exploité
002	F 02	II	----	----	----	----	Non Exploité
003	F 03	---	----	----	----	----	Non Exploité
004	F 04	IV	moi- pilocène	123.35	23.61	33	Exploité
005	F 05	VIII	----	----	----	----	Non Exploité
006	F 06	VIII	sénonien	365	33.33	30	Exploité
007	F 07	I	moi- pilocène	122	25.00	30	Exploité
008	F 008	V	sénonien	347	38.89	30.50	Non Exploité
008bis	F 08bis	V	sénonien	350	44.00	46.67	Exploité
009	F 09	VIII	sénonien	365	38.89	----	Non Exploité
010	F 10	II	sénonien	388	38.89	30	Exploité
011	F 11	II	sénonien	350	38.89	20	Exploité
012	F12	VIII	sénonien	365	38.89	28	Exploité
013	F13	VIII	sénonien	360	38.89	30	Exploité
014	F14	VIII	sénonien	350	38.89	30	Exploité
015	F15	V	moi- pilocène	100	18.05	30	Exploité
016	F16	VIII	sénonien	360	36.11	16.66	Exploité
017	F17	XIV	sénonien	360	35	27.7	Exploité
018	F18	I	sénonien	360	36	30	Exploité
019	F19	VIII	sénonien	360	30	25	Exploité
020	F20	VII	moi- pilocène	150	30	35	Exploité
021	F21	VIII	sénonien	360	36	36.67	Exploité
022	F22	III	sénonien	350	31	30	Exploité

* **Le débit exploité: Q_{TE}**

$$Q_{TE} = (Q_{F04} + Q_{F06} + Q_{F07} + Q_{F08bis} + Q_{F10} + Q_{F11} + Q_{F12} + Q_{F13} + Q_{F14} + Q_{F15} + Q_{F16} + Q_{F17} + Q_{F18} + Q_{F19} + Q_{F20} + Q_{F21} + Q_{F22})$$

$$Q_{TE} = 508.70 \text{ l/s}$$

Enfin nous avons présenté tout les forges exploités au niveau de la ville de Hassi Messaoud on constate le manque des données (débit mobilise + la nappe) sur quelques forages comme (F02, F03, F05).

La plupart des ressources d'alimentation en eau potable au niveau de la ville de Hassi Messaoud sont injectes directement dans le réseau de distribution sans l'utilisation des ouvrages de stockage et régulation existant (complexe hydraulique).

Pour plus de détail voir fascicule I (les ouvrages de production)

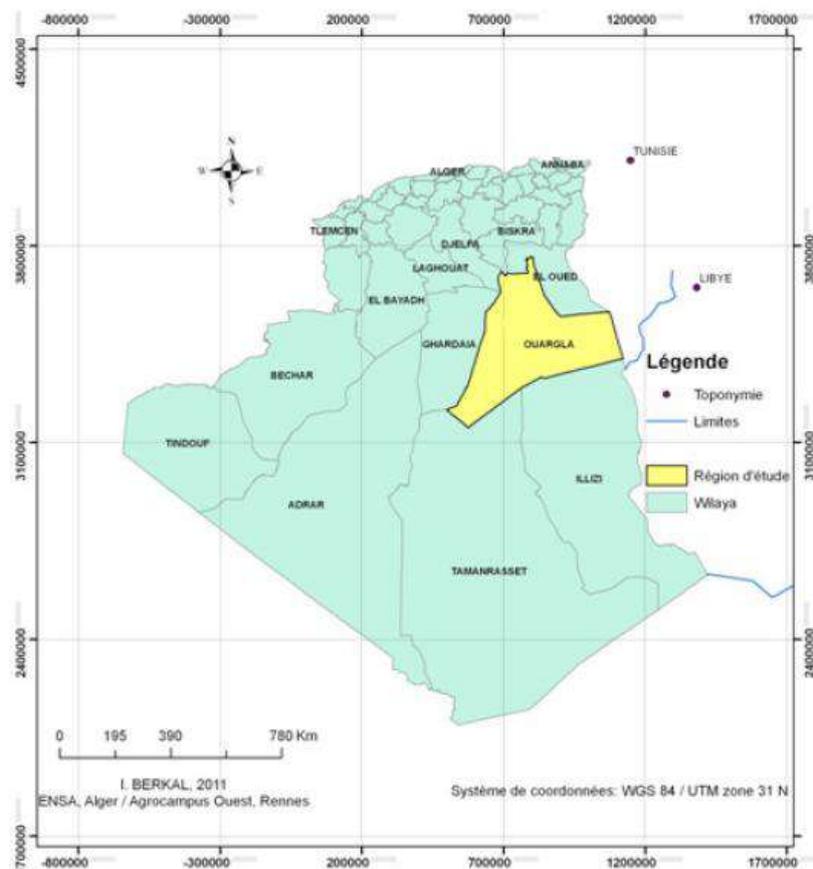


Figure. II.2: Réseau hydrographique de la wilaya de Ouargla

CHAPITRE IV

Dimensionnement

Des Ouvrages

II.8. Présentation de la STEP de Hassi Messaoud

11.8.1. Localisation

La Station d'épuration des eaux usées de la commune de Hassi Messaoud est fonctionnelle

11.8.2. Emplacement et accès

La station est implantée sur un terrain au nord de la ville de Hassi Messaoud, sur le flanc droit de la vallée développée elle

est alimentée par 02 conduites de refoulement, l'une en diamètre 700mm en provenance du premier poste de refoulement SP1 (Z CINA) avec un débit de $1575\text{m}^3/\text{h}$

débit est de $1125\text{m}^3/\text{h}$. et l'emplacement de ces 02 postes était également pris en considération. (STEP, 2008)



Figure. II.3. photo aérienne de la station d'épuration (HASSI MESSAOU D 2017)

II.8.3. Caractéristique et Nature des effluents

La station est alimentée par des effluents d'origine domestique (à hauteur de 199086 Equivalent-Habitants) en 2010.

II.8.4.Nature du réseau

Les eaux Usées domestiques de la ville de HASSIMESSAOUD sont collectées gravitairement sur 02 bassins versant par un ensemble de réseaux d'assainissement existant.

Les 02 tronçons gravitaires rejoignent chacun le point bas (ou il y'a les 02 poste de refoulement).

Le réseau d'assainissement est du type unitaire (c'est-à-dire; englobe tous en même temps; les égouts, les rejets industriels, individuels.etc.).

(STEP HASSIMESSAOUD, 2008)

Les dégrillages

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Le plus souvent il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. Une grande diversité de grilles est disponible sur le marché (droite, courbe, nettoyage amont, aval,...).

Type de grilles

L'espacement entre les barreaux permet de fixer la taille des déchets à éliminer; pour cela, on distingue trois types de dégrillage, en fonction de la taille des déchets à éliminer :

* 30 à 100 mm : pré dégrillage.

* 10 à 30 mm : dégrillage moyen

* 3 à 10 mm : dégrillage fin.

Grille manuelle

Ce type de grille forme un angle de 60° à 80° avec l'horizontale, elles sont fabriquées pour les petites stations car leur nettoyage est effectué manuellement à l'aide d'un râteau, et ce nettoyage est fait quotidiennement pour éviter le risque de colmatage. Ce dernier est considéré comme l'inconvénient principal de ce type de grilles

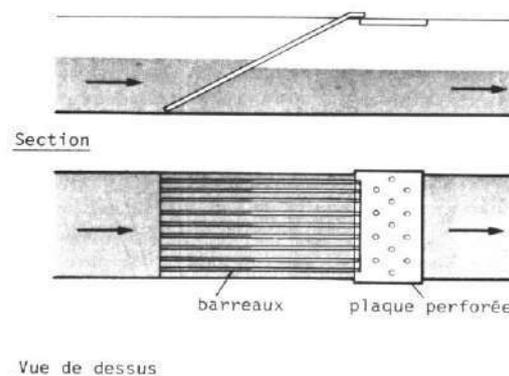


Figure 3 : La Grille manuelle

Grille mécanique

Au delà de 2000 éq.hab la station doit être équipée d'une grille mécanique pour éviter le colmatage rapide. Il existe deux catégories de la grille mécanique



Figure4: La Grille mécanique

Dessablage

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Ils s'agit principalement de sables. Il est un effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération,...) où ils engendrent des désordres divers. Par ailleurs, ils limitent la durée de vie des pièces métalliques des corps de pompe ou d'autres appareillages

La technique du dessablage consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse constante de 0,3 m/s quel que soit le débit. Cette condition est difficile à réaliser en raison des variations du débit.

Pour y remédier, il est possible de:

- multiplier en parallèle les chambres de tranquillisation de cette manière on adapte le nombre de chambres en services en fonction du débit à dessabler.
- maintenir une vitesse d'écoulement constante en variant le profil de la Chambre de dessablage et en disposant à la sortie un étranglement «Venturi».

Type des dessableurs :

Il y a plusieurs types de dessableurs suivant la forme du bassin ou la circulation du fluide, on distingue :

- ♦ Dessableur à canaux gravitaires.
- ♦ Dessableur aéré.



Figure5: Le Dessableur simple à canaux gravitaires



Figure 6: Le Dessableur aéré

Déshuilage –dégraissage

Est un ouvrage hydraulique qui permet d'éliminer les huiles pour qu'un dégraissage soit efficace, il faut que la température de l'eau soit inférieure à 30°C.

Les dégraisseurs aérés par insufflation d'air (fines bulles diamètre < 1 mm) apparaissent les plus performants. Les deux principaux critères de mise en œuvre sont appelés :
vitesse ascensionnelle limite 10 à 15 m/h et temps de passage de l'eau au débit de pointe horaire de l'ordre de 10 à 15 minutes. Toutefois, si des industriels raccordés au réseau génèrent beaucoup de graisses, le temps de séjours requis peut être doublé.



Figure 7: Le dessableur et déshuileur

Le traitement primaire (traitement physico-chimique) :

Elle consiste à une circulation lente de l'eau usée dans de grands bassins rectangulaires ou circulaires afin de laisser le temps aux matières en suspension de précipiter dans le fond du réceptacle.

Traitement secondaire (épuration biologique)

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est-à-dire nécessitant un apport en oxygène. Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs (le lagunage, l'épandage, etc.) et les procédés biologiques intensifs (lits bactériens, disques biologiques etc.).

Les traitements tertiaires

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères performantes, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables et échappent à la décantation. En outre même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants. La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact longs. Mais il convient de signaler suite à cette opération que des toxiques pour la vie aquatique peuvent être formés, il faut donc procéder à une opération de déchloration avant le rejet.

2. Dimensionnement des ouvrages d'un système d'épuration de lagunage aérée

Le système d'épuration de lagunage aérées se compose par les ouvrages suivants :

a) Prétraitement :

- Canal d'amenée
- Dégrilleur
- Dessableur-déshuileur

Les dimensionnements de ces ouvrages sera établis avec le débit de pointe rejet. Pour assurer le bon fonctionnement avec un temps de séjour faible (d'ordre minute et éviter le débordement des eaux usées au niveau des ouvrages)

b) Traitement secondaire :

- Lagune d'aération (1^{er} étage, 2^{ème} étage)
- Lagune de finition

Les dimensionnements de ces ouvrages sera établis avec le débit max rejet. Pour un temps de séjour important (ordre de jours).

c) Traitement tertiaire :

- Bassin de stérilisation

Calcule débit des eaux usées

Evaluation de la population à l'horizon d'étude

L'estimation de la population pour un horizon donné est un facteur prépondérant pour l'estimation de la quantité d'eau usée à traiter et arriver à un dimensionnement adéquat du système d'épuration.

L'évolution démographique en Algérie suit la loi des accroissements géométriques donnée par la relation :

$$P = P_0(1 + \tau)^n$$

Avec :

P : Population à l'horizon estimé ;

P₀ : Population à l'horizon de référence (47167 personnes)¹ ;

τ : taux d'accroissement (1.1%)² ;

n : nombre d'années séparant les deux horizons.

Le graphique qui suit représente l'évolution de la population jusqu'en 2040 (horizon d'étude).

¹Source : D.P.S.B (au 31/12/2012).

² Source : Annuaire statistique 2012.

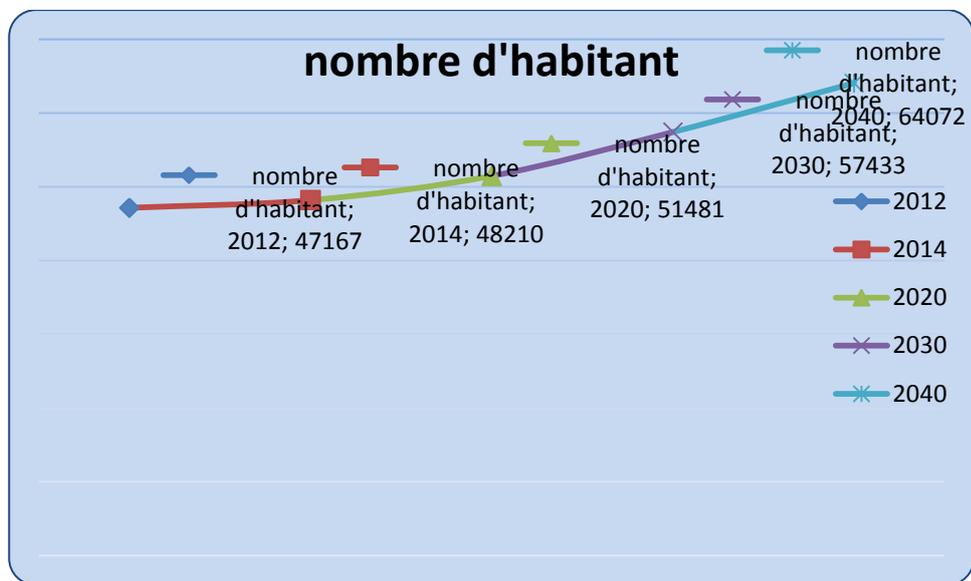


Figure-3 Evolution de la population jusqu'en 2040

Estimation des différents débits de rejets

Le volume rejeté par les habitants est estimé à 80 % de la dotation d'AEP.

Il s'agira de déterminer :

- Le débit journalier : « Q_j » (m^3/j) ;
- Le débit moyen horaire : « Q_m » (m^3/h) ;
- Le débit de pointe : « Q_p » (l/s) ;

Le débit journalier

Le débit total journalier se calcule comme suit :

$$Q_j = D \times N \times R \quad (m^3/j)$$

Avec :

D : dotation (250 l/hab/j) ;

N : nombre d'habitant l'horizon considéré ;

R : coefficient de rejet (80%).

La consommation des équipements est estimée de 30 %.

le nombre de travailleurs dans les bases de vie et zone industrielle est estimée comme suite (non extensible) :

Avec une Densité de 1251Tra /ha et superficie total de 584 ha on tire un nombre de 73000 travailleurs

¹ Source: le Plan Directeur d'Aménagement Urbanisme (PDAU)

Débit moyen horaire

Il est donné par la relation suivante :

$$Q_m = \frac{Q_j}{24} (m^3/h)$$

Avec :

- Q_j : débit journalier (m^3/j) ;
- Q_m : débit moyen horaire (m^3/h).

Débit max Q_{max}

Le débit maximal est calculé par la formule suivante :

$$Q_{max} = K_j \times Q_{moymaj}$$

K_j : Coefficient journalière

$$K_j = 1.1 \div 1.3$$

Le débit de pointe par temps sec

Le débit de pointe par temps sec se calcule par la relation suivante :

$$Q_p = C_p \times Q_m (m^3/h)$$

Avec :

Q_p : Débit de pointe par temps sec (m^3/h) ;

Q_m : Débit moyen horaire (m^3/h) .

C_p : Coefficient de pointe, lui-même donné par :

- $C_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_m}}$ si $Q_m \geq 2.8 \text{ l/s}$
- $C_p = 3$ si $Q_m < 2.8 \text{ l/s}$

Equivalent habitant

$$EH = \frac{Q_{moyr}}{K_r \times D}$$

Avec :

EH : équivalent habitant

Q_{moyr} : débit moyenne rejet (m^3/j)

D : dotation des eaux usées ($l/j/hab$)

Le tableau suivant (tableau 1) forme la synthèse du calcul des différents débits.

Les résultats des calculs de débits par horizon récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : estimation de débit des eaux rejets au terme de l'horizon d'étude

Année	2014	2020	2030	2040
Population	48210	51481	57433	64072
Nombre de travailleurs (base de vie et zone Industrielle)	73000	73000	73000	73000
D (l/j/hab)	250	250	250	250
Consommation domestique (m³/j)	12052,5	12870,25	14358,25	16018
Consommation d'équipements (m³/j)	3615,75	3861,08	4307,48	4805,4
Consommation Industrielle (m³/j)	18250	18250	18250	18250
Consommation totale (m³/j)	33918,25	34981,33	36915,73	39073,4
Kr	0,8	0,8	0,8	0,8
Qj (m³/j)	27134,60	27985,06	29532,58	31258,72
Kj	1.2	1.2	1.2	1.2
Qmax (l/s)	376.87	323.90	410.17	434.15
Kp	1,64	1,64	1,64	1,63
Q_p (l/s)	515,39	530,84	558,94	590,24
EH	135673	139925	147663	156294

onnées
De
Ba

Les données de base de la future station d'épuration de la ville de HASSI MESSAOUD sont comme suit :

Tableau 2 : caractéristique de la station d'épuration

Paramètre	Valeur	Unité
type du réseau	Unitaire	---
nature des eaux brutes	Domestique	---
Equivalent habitant	156294	hab
Débit pointe rejet	0,59024	m ³ /s
Débit max rejet	0,43415	m ³ /s
Paramètre	La charge polluante	Unité
DBO5	240	mg/l
MES	377	mg/l
DCO	480	mg/l

Pour épurer les eaux usées de la ville de HASSI MESSAOUD, on a proposé une station d'épuration qui est composée de :

A- Prétraitement : dégrillage, dessablage. Déshuilage

B- Traitement secondaire : bassin de lagunage aéré

C- Traitement tertiaire : bassin de lagunage de finition plus bassin de stérilisation

A l'arrivée, les eaux usées sont caractérisées par :

$$Q_{p.r} = 0,59024 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max r} = 0,43415 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{DBO}_5 = 240 \text{ mg/l}$$

$$\text{MES} = 377 \text{ mg/l}$$

$$\text{DCO} = 480 \text{ mg/l}$$

Document N°: OUARGLA le: 05/02/2014
 CLIENT: SEGAT
 OBJET: RESULTATS D'ANALYSES

Veuillez trouver ci-joint les résultats d'analyse des échantillons.

ETUDE POUR LA REALISATION D'UN SYSTEME D'EPURATION DE LAGUNAGE AERE ET AMENAGEMENT DU NOUVEAU LIEU DE REJET DES EAUX USEES DE LA VILLE DE HASSI MESSAOUD.

Paramètres	unité	Résultats d'analyse	
		1 ^{er} échantillon à 1830	2 ^{ème} échantillon à 0910
pH	/	7,13	7,09
C.E	µS/cm	4140	4220
Oxygène dissous	mg/l	0,8	0,7
MES	mg/l	337	417
DCO	mg O2/l	488	517
DBO5	mg O2/l	240	240
phosphore total	mg/l	4,51	4,59
nitrites	mg/l	0,197	0,251
nitrates	mg/l	0,469	0,681

CHEZ DE STEF
 P. / S. / M. / A. / S.

Canal d'amenée :

Le canal d'amenée sera dimensionné avec une forme rectangulaire Celui-ci est localisé entre le regard d'entrée et le dégrilleur sur une longueur de 6.00 m. Selon la formule de CHEZY on a :

On applique la formule de CHEZY : $Q_{st} = K_s.W\sqrt{RI}$ (1)

Q st : débit de pointe rejet (m3/s)

Ks : coefficient setriklaire

W : section mouille $W = b \times h_{eau}$

R : Rayon hydraulique

P : périmètre mouille $P = b + 2 \times h_{eau}$

I : la pente du canal dans notre cas $I=0.002$

La largeur $b = 1.20\text{m}$

D'après le programme de CANALP on trouve les résultats suivant :

La hauteur $h_{eau} = 0.405\text{ m}$

La section mouillée $w = 0.49\text{ m}^2$.

Le périmètre mouillé $p = 2.01\text{ m}$.

Vérification du régime :

$$Fr = V / (g \times h)^{1/2}$$

on a les trois cas :

$$\left\{ \begin{array}{l} Fr < 1 \text{ régime fluvial.} \\ Fr = 1 \text{ régime critique.} \\ Fr > 1 \text{ régime torrentiel.} \end{array} \right.$$

$Fr = 0.6093$ donc le régime fluvial

Tableau 3 : Les caractéristiques du canal d'amenée

Q_{ST} (m ³ /s)	V (m/s)	B (m)	H (m)	W (m ²)	P (m)	Rh (m)
0.59024	1.21	1.2	1.00	0.49	2.01	0.24

LE DEGRILLEUR :

Dans notre cas les eaux usées arrivées à la station par refoulement pour ce la l'utilisation d'un dégrilleur fine est suffisant

1-La section de la grille: S

$$S = L.I$$

L : longueur oblique mouillée (m)

l : largeur de la grille (m)

S : section de la grille (m²)

$$Q_p = (1 - B) \times S \times V \times \sigma$$

σ : Coefficient de vide égale 0,50 (pour les grilles manuelles)

S : la surface de la section de la grille.

V : la vitesse d'écoulement entre les barreaux (0,60-1,40) m/s
on prend V = 1.00 m/s

B: coefficient de colmatage $B = e / (e + E) = 0.25$

E : l'espacement entre les barreaux = 30 mm.

e : épaisseur des barreaux = 10 mm.

$$S = 1.574 \text{ m}^2, \text{ pour deux grille on } s = 0.787 \text{ m}^2$$

$$l = 1.2 \text{ m et } L = 0.656 \text{ m}$$

$L = h_{\max} / \sin \alpha$ tel que $\alpha = 60$ (l'angle d'inclinaison) et h_{\max} (hauteur max d'eau dans le canal d'amenée est égale à 0,405 m).

La condition : $h_{\max} / \sin \alpha = 0,468 \text{ m}$ et $L = 0.656 \text{ m} > 0,468 \text{ m}$ est vérifiée.

*Calcul de perte de charge ΔH :

Les pertes des charges sont calculées comme suite:

$$\Delta H = \frac{C \cdot V^2}{2g}$$
$$C = a \left(\frac{e}{E} \right)^3 \sin \alpha$$

a : Coefficient en fonction de la forme des barreaux ;

a = 2,42 pour une section rectangulaire;

a = 1,79 pour une section circulaire.

$$C = 1,79 \left(\frac{10}{30} \right)^3 \sin 60^\circ = 0.36$$

$$\text{Alors : } \Delta H = \frac{0.36 (1)^2}{2 \times 9,81} = 0,018 \text{ m}$$

*Résidus du dégrilleur :

$$V_r = (12/E - 15/E) \text{ l/an/hab. On prendra: } V_r = 15/E \text{ l/an/hab}$$

$$V_r = 0.137 \text{ l/j/hab}$$

Tableau 4 : Les caractéristiques du dégrilleur

Paramètre	Unité	Valeur
Nombre de grille	Unité	02
Débit	M3/s	0,59024
Vitesse	m/s	1.00
Largeur	m	1.20
Longueur	m	0.70
L'angle	degré	60°
Epaisseur	mm	10
Espacement	mm	30

DESSABLEUR / DESHUILEUR :

Le rôle du dessableur est d'éliminer les particules denses de diamètre supérieur à 0.2 mm afin d'augmenter le rendement du décanteur.

1 Section transversale :

$$S_T = H_{\text{desa}} \times B_{\text{desa}} = \frac{Q_{\text{point}}}{V}$$

Avec :

S_T : section transversale en m²

H_{desa} : hauteur de déssableur en m.

B_{desa} : largeur de déssableur en m.

$Q_{\text{point r}}$: débit de pointe rejeté en m³/s.

V : vitesse d'écoulement inférieure à 0,3 m/s pour le déssableur à couloir.

On prend : $V = 0,25 \text{ m/s}$ Et $B_{\text{desa}} = H_{\text{desa}} \text{ m}$

$$H_{\text{desa}} = \left(\frac{0,29512}{0,25} \right)^{\frac{1}{2}} H_{\text{desa}} = 1.1 \text{ m} \quad \text{On prend} \quad H_{\text{desa}} = 1.5 \text{ m}$$

$$B_{dessa} = H_{dessa} = 1.5 \text{ m}$$

$$B_{dessa} = 1.5 \text{ m}$$

* Section horizontale :

Pour piéger une particule la vitesse de chute ($U_c = 60 \text{ m/h}$) on doit vérifier

la condition :

$$\frac{V}{U_c} = \frac{L_{dessa}}{H_{dessa}} \quad \text{Tel que} \quad V = \frac{Q_{pointe}}{B_{dessa} H_{dessa}}$$

$$L_{dessa} \geq \frac{Q_{pointe}}{B_{dessa} U_{dessa}} \quad \text{On prend} \quad L_{dessa} = \frac{Q_{pointe}}{B_{dessa} U_{dessa}}$$

$$L_{dessa} = \frac{0.29512}{1.5 \times 0.0167} = 11.78 \text{ m}$$

On prend : $L_{dessa} = 12 \text{ m}$

* Temps de séjour:

$$T_s = \frac{B \times H \times L}{Q} = \frac{1.5 \times 1.5 \times 12}{0.29512} = 91.48 \text{ s} \quad \text{On prend} \quad T_s = 2 \text{ min}$$

Tableau 5 : Les caractéristiques du déssableur

Paramètre	Unité	Valeur
Nombre de déssableur	Unité	02
Débit	m ³ /s	0,29512
Vitesse horizontale	m/h	900
Vitesse verticale	m/h	60
Largeur (B)	m	1.5
Hauteur (H)	m	1.5
Longueur (L)	m	12
Temps de séjours	min	2

Tableau 6 : Le caractéristique déshuileur

Paramètre	Unité	Valeur
Nombre de déssableur	Unité	02
Débit	m ³ /s	0,29512
Largeur (B)	m	1.20
Hauteur (H)	m	1.00
Longueur (L)	m	12
Temps de séjours	min	2

Lagunes aérées

Procédé d'épuration Ces bassins fonctionnent sur le même principe que les bassins facultatifs à la différence de l'oxygénation apportée, dans ce cas, mécaniquement par un aérateur de surface Les lagunes agissent comme des bassins de décantation.

Dimensions d'une lagune

Le débit Q des eaux usées (débit maxr) étant connu, on fixe un temps de séjour, des eaux dans les bassins pour a voir leur volume total. La surface S totale des bassins est connue en choisissant une profondeur h dans les limites indiquées par les normes.

Avec :

Un rapport L/l=3 on détermine la longueur et la largeur de la lagune.

a) Volume

$$V = \frac{Q_{Maxr} \times ts}{n}$$

V : volume du bassin M³

Q max r : débit max r (M³/j)

N : nombre des bassins

Pour une lagune aérée, le temps de séjour est moyennent de 3 à 5jours et le bassin a une Profondeur variant de 2 à 4 m.

Le bassin d'aération est divisé en deux étages, le premier étage 60% de temps de séjour et le deuxième étage 40% de temps de séjour.

Le premier étage :

Prenons un temps de rétention de 3 jours et une série de 6 bassins.

Le volume d'un bassin est de :

$$V = \frac{37510.56 \times 3}{6} = 18755.28 \text{ m}^3$$

a) Surface

Pour une profondeur de $h=3$ m, la surface est de :

$$S = \frac{28132.92}{3} = 6251.76 \text{ m}^2$$

Considérons toujours un rapport $L/l=3$

b) Dimensions d'une lagune

$L=140$ m

$l=45$ m

$h=3$ m

c) Oxygénation requise

La diapositive d'aération est dimensionnée pour satisfaire les besoins en oxygène des micro-organismes. La demande totale en oxygène, on devra fournir 1.5 kg de O_2 par kg de DBO_5 de l'affluent. On se fixe une réduction de 80% de la DBO_5 , ce chiffre se réduira à $80 \times 1.5 = 1.2$ kg de O_2 par kg de DBO_5 initial.

En heure cette valeur devient:

$$\text{oxygène requise} = K \times C_{DBO_5} \times Q_{MAX}$$

K : coefficient de réduction de DBO_5 (kg de O_2 par kg de DBO_5)

C_{DBO_5} : Concentration initial (kg/m^3)

Q_{MAX} : Débit max (m^3/h)

$$\text{oxygène requise} = K \times C_{DBO_5} \times Q_{MAX}$$

$$\text{oxygène requise} = \frac{1,2 \times 240 \times 10^{-3} \times 37510,56}{24} = 450,127 \text{ kg de } O_2 / h$$

d) Puissance requise à la surface aérée

$$\text{puissance} = \frac{\text{besoin en oxygène}}{\text{taux de transfert en oxygène}}$$

Prenons un aérateur mécanique de surface qui procure 1 kg de O_2/kWh , la puissance requise Pour l'aération est:

$$\frac{450.127}{1} = 450.127 \text{ kw}$$

On choisira donc 36 aérateurs actionnés chacun par un moteur de rendement 80 %

Le choix du nombre des aérateurs basée sur :

- les dimensions de lagune ;
- L'encombrement des aérateurs dans les bassins des lagunes ;
- Les puissances normalisées selon des catalogues ;

e) Puissance d'un moteur

$$p = 450.127 / 36 \times 0.8 = 15.63 \text{ kw.}$$

f) DBO₅ à la sortie de la lagune

L'aération permis d'éliminer 80% de la DBO₅. La DBO₅ à la sortie de la lagune est de:

$$S = 240 - 0.80 \times 240 = 48 \text{ mg/l}$$

Le deuxième étage :

Prenons un temps de rétention de 2 jours et une série de 3 bassins.

a) Le volume d'un bassin est de :

$$V = \frac{37510.56 \times 2}{3} = 25007.04 \text{ m}^3$$

b) Surface

Pour une profondeur de h=2.5 m, la surface est de :

$$S = \frac{25007.04}{2.5} = 10002.816 \text{ m}^2$$

Considérons toujours un rapport L/l=3

c) Dimensions d'une lagune

$$L = 135 \text{ m}$$

$$l = 75 \text{ m}$$

$$h = 2.5 \text{ m}$$

d) Oxygénation requise

La diapositive d'aération est dimensionné pour satisfaire les besoin en oxygène des micro-organismes la demande totale en oxygène, on devra fournir 1.5kg de O₂ par kg de DBO₅ de l'affluent. On se fixe une réduction de 40% de la DBO₅, ce chiffre se réduira à 0.4*1.5=0.6 kg de O₂ par kg de DBO initial.

$$\text{En heure cette valeur devient: } \frac{0.6 \times 48 \times 37510.56 \times 10^{-3}}{24} = 45.01 \text{ kg de O}_2/\text{h}$$

a) Puissance requise à la surface aérée

$$\text{puissance} = \frac{\text{besoin en oxygène}}{\text{taux de transfert en oxygène}}$$

Prenons un aérateur mécanique de surface qui procure 1kg de O₂/kWh, la puissance requise Pour l'aération est:

$$\frac{45.01}{1} = 45.01 \text{ kw}$$

On choisira donc 18aérateurs actionnés chacun par un moteur de rendement80 %

b) Puissance d'un moteur

$$p = \frac{45.01}{18 \times 0.8} = 3.12 \text{ kw}$$

j) DBO₅ à la sortie de la lagune

L'aération permis d'éliminer 40% de la DBO₅. La DBO₅ à la sortie de la lagune est de:

$$S = 48 - 0,4 \times 48 = 28,80 \text{ mg/l}$$

Lagune de finition

Le principal critère de dimensionnement des lagunes de finition est le temps de séjour ; ce dernier est généralement compris entre 2 et 3 jours.

Dans le cas de l'épuration dans la ville de Hassi Messaoud le temps de séjour est fixé à 3 jours afin d'assurer un abattement de la charge bactérienne et notamment certaines espèces de bactéries, virus et protozoaires.

a) Profondeur :

La hauteur d'eau dans ces lagunes est généralement fixée à 1,5 m. Cette valeur permet d'éviter l'apparition de plantes macro-phytes tout en limitant le développement de l'activité anaérobie.

b) Taille et nombre des lagunes :

La détermination de la taille et du nombre des lagunes doit être compatible avec le phasage des réalisations, les dispositions constructives et les modalités d'exploitation de l'installation.

c) Volume (m³) du bassin

d) Volume

$$V = \frac{Q_{Maxr} \times ts}{n}$$

V : volume du bassin M³

Q max r : débit max r (M³/j)

N : nombre des bassins

Ts : temps de rétention

On se fixe un temps de rétention tr =2 j et n=3

$$V = \frac{37510.56 \times 2}{3} = 25007.04 \text{ m}^3$$

d) Surface (m²) du bassin

$$S_b = \frac{V}{h}$$

V : volume du bassin

h : hauteur

$$S_b = \frac{25007.04}{1.5} = 16671.36 \text{ m}^2$$

On a

L=225m

l=75m

h=1.5m

Lits de séchage de boues

Le séchage des boues d'épuration s'effectue sur des lits de sable drainés sur fond poreux .Il permet, sans pour au tant dépenser de l'énergie, d'obtenir des boues séchée atteignant 60 à 65% de matières sèches.

Il est constitué d'une couche de support de 20 cm de gravier sur laquelle repose une couche de 10 cm de sable (diamètre 0.5 à 1.5 mm).

a) Calcul des dimensions du lit

Procédure de calcul: on se fixe le nombre de lit et la largeur de chaque lit. Connaissant le

Volume total des boues par an et le nombre d'extractions, on détermine la longueur et la

a-1) Largeur du lit.

- Nombre de lits=8
- largeur de chaque lit = 20 m

Épaisseur du dépôt des boues=0.5 m

La production de boues par équivalent habitant et par an évaluée à 120 l/EH/an. Ces boues se déposent et se minéralisent grâce à l'activité de microorganismes. Elles atteignent en fond de bassin une siccité de 10% ramené à 8% à l'extraction tenant compte d'un inévitable mélange avec de l'eau plus claire lors du curage.

$$V_b = 120 \times 156 \text{ 294}$$

Volume de boue par an $V_b = 18755,280 \text{ m}^3$

Nombre d'extraction de boue par ans =6

a-2) Surface requise

$$S_r = \frac{18755,280}{6 \times 0.5} = 6252 m^2$$

a-3) Surface d'un lit

$$S_i = \frac{6252}{8} = 781,5 m^2$$

a-4) Longueur d'un lit

$$S_i = \frac{781,5}{20} = 39,075 m$$

Caractéristiques du lit

Longueur=45 m

Largeur=20 m

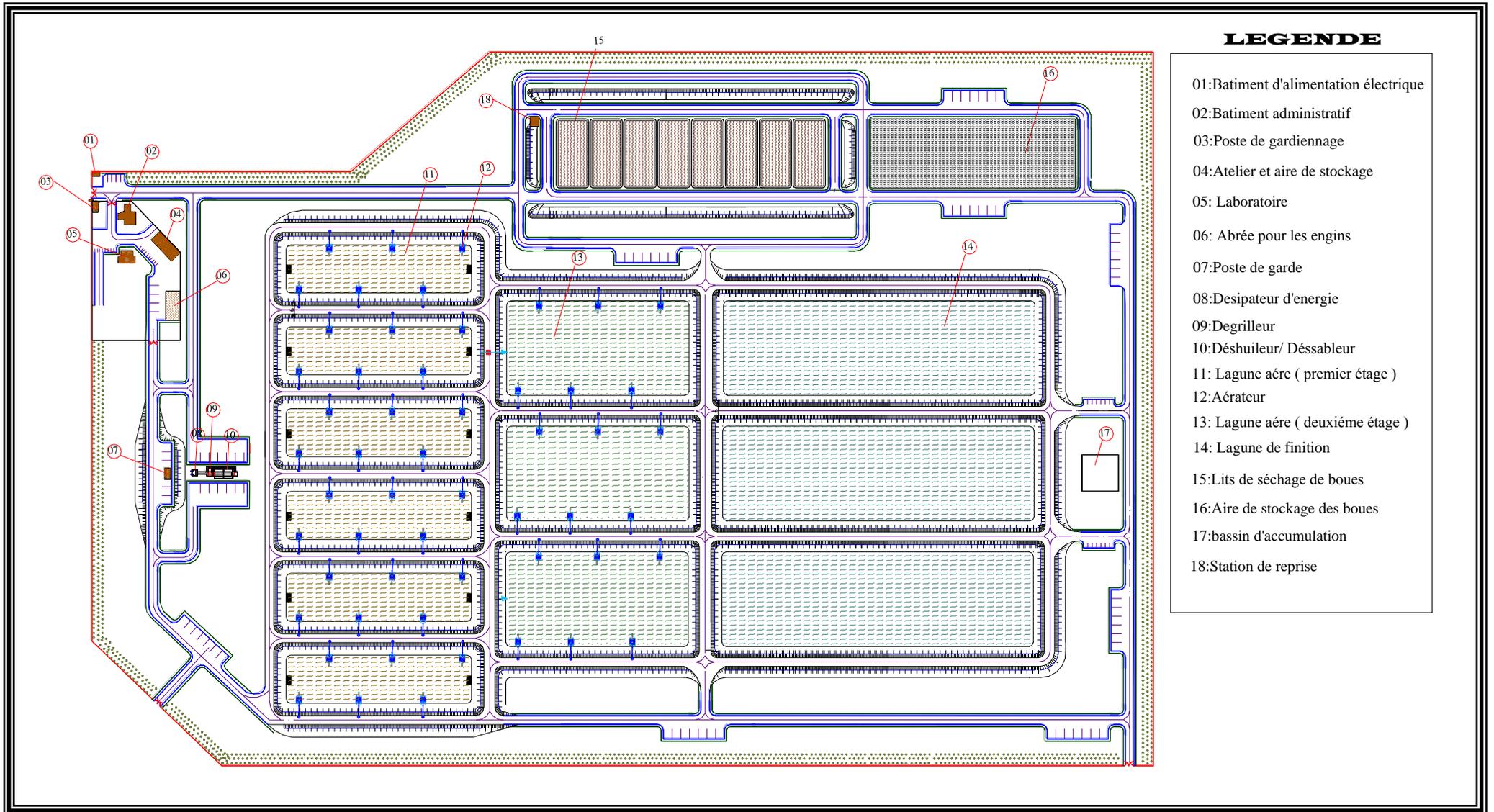


Figure 8: Plan d'aménagement

3. Lieu de rejet

Le nouveau lieu de rejet proposé est situé près de la station d'épuration cet ouvrage est extensible vers le cote Nord- Est qui présente les caractéristiques suivantes :

- Surface : 440 ha
- Cote terrain naturelle min : 131 m
- Cote terrain naturelle max : 134 m
- Hauteur d'eau dans le bassin : 3 m
- Volume de vide du sol : 26400000 m³
- Volume d'eau dans le bassin : 13200000 m³
- Volume total : 39600000 m³

Remarque : Volume de vide du sol présente 30 % de volume de la couche filtrante qui est estimé à 20 m

Les distances de sécurité exigée par SONATRACH

S'éloigner :

- Plus de 100 m des canalisations pétrolière
- Plus de 250 m des puits pétrolier
- Plus de 15 m des routes ou piste propres a la SONATRACH

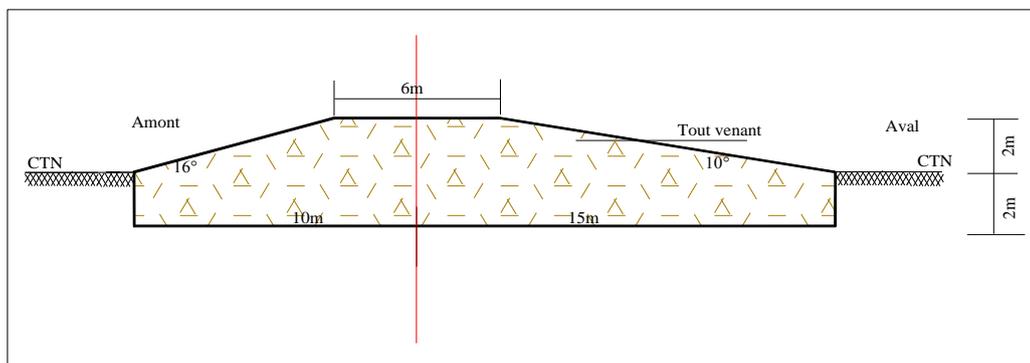


Figure 9:Ouvrage Type (digue)

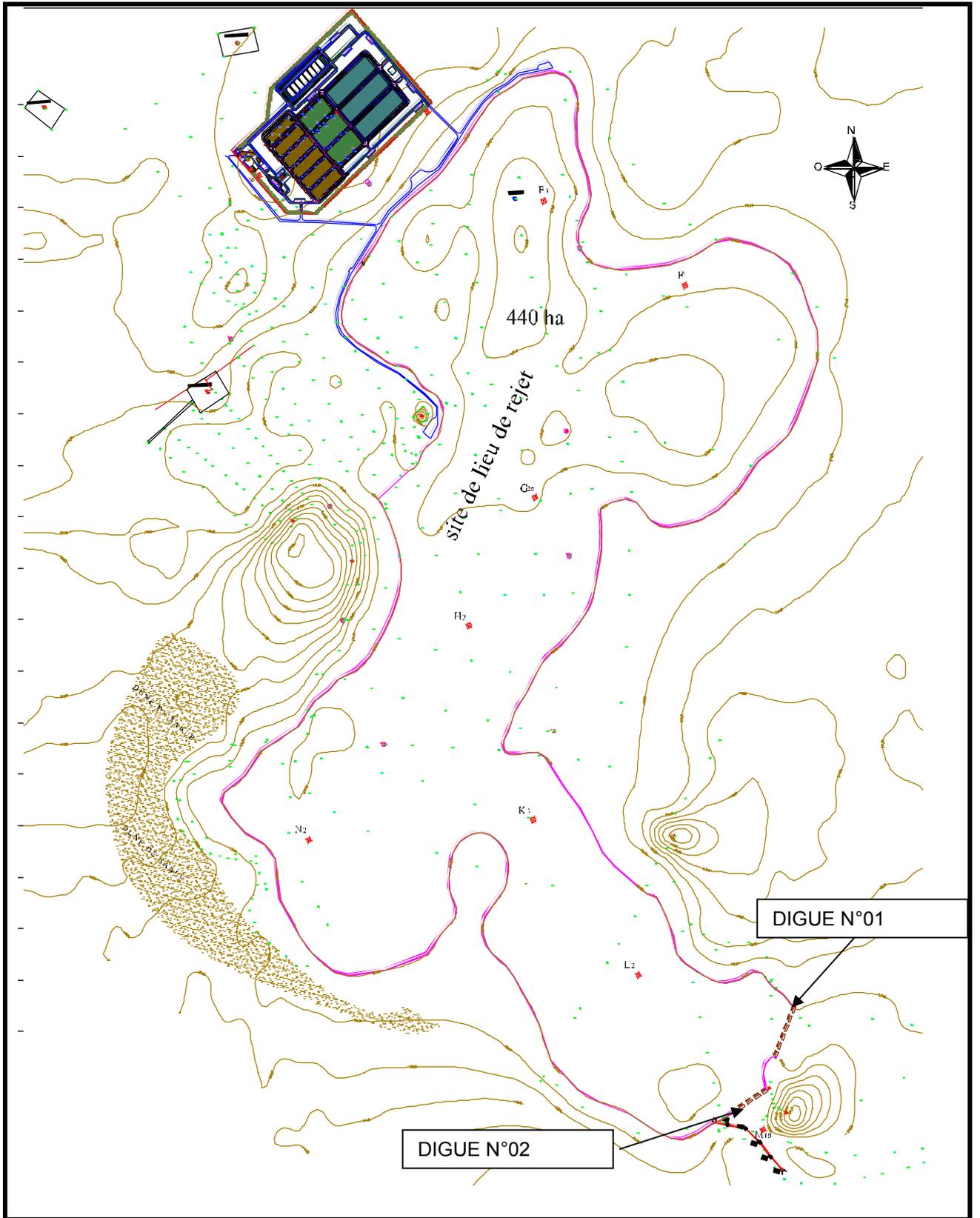
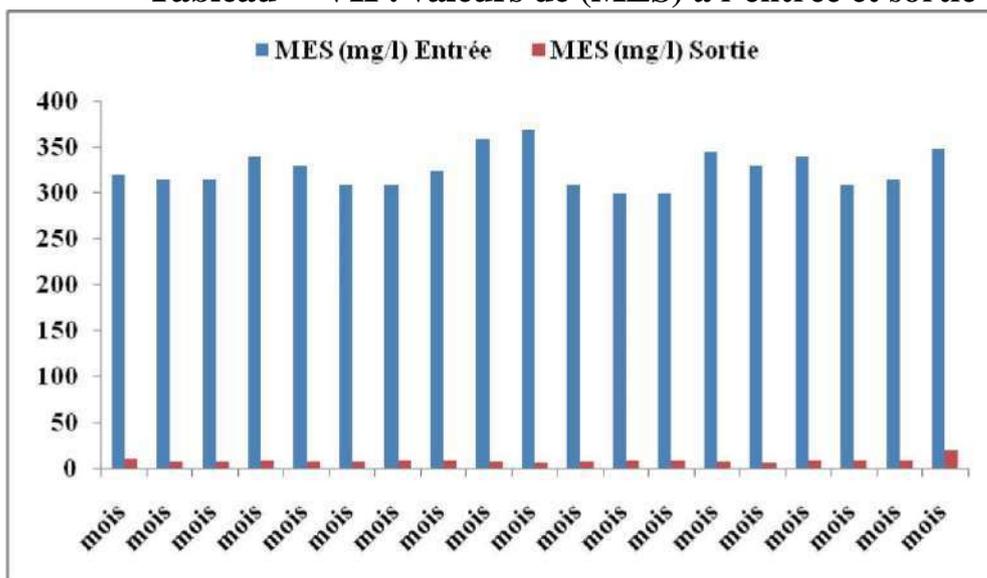


Figure 10: Situation des digues projetée

Tableau VII : valeurs de (MES) à l'entrée et sortie



Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. De nombreux micro-organismes permettent la dégradation des matières organiques ainsi que leur stabilisation. La plupart des systèmes de traitement biologique des rejets organiques utilisent des microorganismes hétérotrophes qui emploient le carbone organique comme source d'énergie ainsi que pour la synthèse cellulaire. Le procédé à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bioflocs. Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau usée-bioflocs est appelé liqueur mixte. La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par un système d'aération. De l'oxygène dissous est introduit dans la masse de la liqueur mixte, lequel est nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies. Après un temps de contact suffisamment long, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur, appelé aussi décanteur secondaire. Durant cette phase, une séparation solide/liquide s'effectue par gravité.

Celles-ci sont caractérisées par la charge massique qui donne une approximation du rapport entre la masse journalière de pollution à éliminer, et la masse de bactéries épuratrices présente dans le réacteur. C'est une caractéristique importante du fait qu'elle :

- 1^{er} étage de lagunage aéré
- 2^{eme} étage de lagunage de maturation
- 3^{eme} étage de lagunage de finition

Référence

- Touati M , 2016, caractéristiques physico-chimiques des eaux usées épurées se la STEP de Guelma conséquences sur l'environnement.
- Mémoire de Master eau environnement. Université badji mokhtar Annaba. Algérie. Brahmia M, 2009, évaluation et gestion en ressources en eau dans le bassin versant de la moyenne Seybouse.
- Mémoire de Magister. Université badji mokhtar Annaba. Algérie. Mouchara M, 2009, Impacts des lachées de Barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-est Algérie).
- Mémoire de Magister. Université badji mokhtar Annaba. Algérie. Haraoubia C, 2016, Les rendements épuratoires de les stations de El'Tarf.
- Mémoire de Master en Hydraulique. Université badji mokhtar Annaba. Algérie.
- Office National de L'Assainissement , 2017. Fiche technique de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Ouargla . Zeddouri A, 2003..
- Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale de Guelma. Mémoire en hydrogéologie, IST. Université badji mokhtar Annaba. Algérie
- Benelmouaz A, 2015. Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia.
- Mémoire fin d'étude Guettaf M, 2015, caractéristiques physicochimiques et évaluation des indicateurs de pollution de l'environnement : cas de l'oued Seybouse et ses affluents dans le sous bassin de Guelma (Nord-est Algérie).
- Fartas T, rendement épuratoires de la nouvelle station d'épuration par lagunage naturel de la ville d'Ouargla. Université Kasdi-Merbah Ouargla-Algérie

Les sites internet :

- ✓ <http://www.dzentreprise.net/stations-depuration-des-eaux-usees-lalgeriepionniere-en-Afrique/>
- ✓ <http://guelma.piednoir.net/guelma-ville/orographiessept07.html>
- ✓ <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2015/01/reseauhydrographique-ouargla.html>
- ✓ https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Ouargla
- ✓ <http://wilaya-ouargla.org/presentation-de-ouargla/>
- ✓ http://www.reflexiondz.net/ouargla-Risque-de-pollution-du-barrage-de-Hammam-Debagh-Le-mystere-des-poissons-morts_al941.html