



UNIVERSITE D'EL -OUED



Département des sciences et technologie

filière d'hydraulique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention de diplôme de Master

Option : Diagnostic et Conception des systèmes d'AEP et d'assainissement

THEME : Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra

Présenté par :

Zeghoud Mohamed Seifeddine

Dirigé par :

Mr. OUAKOUAK A



Année universitaire : 2013 / 2014

Remerciement

Je remercie tout d'abord le bon dieu qui m'a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail, je remercie ma famille.

Ce travail ne serait jamais vu la lumière sans la contribution efficace de tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, par leur appui en acquisition de documents et de matériels nécessaires, en accès à l'information ou par leur soutien moral et encouragements. A tous, je suis redevable et reconnaissant.

Néanmoins, dans ce chemin de reconnaissance, il y a des personnes qu'il faut citer.

Tout d'abord mon encadreur Mr A. Ouakouak pour avoir consacré une partie de son temps pour m'encadrer et pour leur patience.

Par la même occasion je remercie:

Mes enseignants de filière d'hydraulique ; Dr, Ghomri.A, Mr Khechana.S, Mr. Nabil M, Md, Bouchmel.F et tous les enseignants de département de l'hydraulique.

Et Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire.

SOMMAIRE

Titre	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
Présentation de la zone d'étude	
I.1. Introduction	3
I.2. Situation Géographique	3
I.3. Situation topographique	5
I.4. Situation Géologique	6
I.4.1. Le Continental Intercalaire (C I)	6
I.4.2. Les formations du Complexe Terminal (C T)	7
I.4.3. Formation quaternaire	7
I.5. Paramètres Climatologiques	7
I.5.1. La température	8
I.5.2. La précipitation	9
I.5.3. L'Humidité	10
I.5.4. Les Vents	11
I.5.5. L'évaporation	12
I.6. Situation socio-économique	13
I.6.1. Agriculture	13
I.6.2. Industrie	14
I.7. Situation hydrogéologique	14
I.7.1. Nappe phréatique	14
I.7.2. Nappe du complexe terminal	14
I.7.3. Nappe du continental intercalaire	15
I.8. Conclusion	15

CHAPITRE II

Les eaux usées : origine et caractérisation

II .1. Introduction	16
II.2. Les différents types des eaux usées	16
II.2.1. Les eaux usées domestiques	16
II.2.2. Les eaux pluviales	16
II.2.3. Les eaux usées industrielles	16
II.3. Origine des eaux usées	17
II.4. Composition des eaux usées	17
II.4.1. Les matières en suspension	18
II.4.2. Les micropolluants organiques et non organiques	18
II.4.2.1. Éléments traces	18
II.4.2.2. Les micropolluants organiques	18
II.4.2.3. Les substances nutritives	19
II.4.2.3.1. L'azote	19
II.4.2.3.2. Le phosphore	20
II.4.2.3.3. Le potassium (K ⁺)	20
II.4.2.3.4. Chlore et sodium	20
II.5. Pollution de l'eau	20
II.5.1. L'origine de la pollution	20
II.5.2. Les types de la pollution	21
II.5.2.1. Pollution physique	21
II.5.2.2. Pollution chimique	21
II.5.2.3. Pollution microbiologique	23
II.6. Caractéristiques des eaux usées	24
II.6.1. Caractéristiques physiques	24
II.6.2. Caractéristiques chimiques	25
II.6.3. Caractéristiques microbiologique	27
II.7. Conclusion	27

CHAPITRE III

Procédés d'épuration des eaux usées

III.1. Introduction	28
III.2. Les déversements des eaux usées dans le milieu naturel	28
III.2.1. La nécessité de l'épuration	28
III.2.2. Les stations d'épuration (STEP)	29
III.3. Épuration des eaux usées :	29
III.3.1. Procédés d'épuration des eaux usées :	29
III.3.1.1. Traitement préliminaire	29
III.3.1.1.1. Dégrillage	29
III.3.1.1.2. Dessablage	30
III.3.1.1.3. Déshuilage	30
III.3.1.2. Traitement primaire	30
III.3.1.3. Traitement secondaire (traitement biologique) :	31
III.3.1.3.1. Boues activés :	31
III.3.1.3.2. Lit bactérien	32
III.3.1.3.3. Lagunage	32
III.3.1.3.3.1. Le lagunage naturel	34
a. Bassins anaérobies	34
b. Bassins facultatifs	34
c. Bassin de maturation	35
III.3.1.3.3.1.1 Avantages et inconvénients du lagunage naturel	35
III.3.1.3.3.2. Le lagunage aéré	36
III.3.1.3.3.3. Influence des conditions climatiques sur les performances du lagunage	36
a. La durée du jour et l'intensité de l'ensoleillement	37
b. La température	37
c. Le régime des vents dominants dans la région et leur orientation	37
d. L'évaporation	37
e. La pluviométrie	37
III.3.1.4. Traitement tertiaire :	37
III.3.1.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV	38
III.3.1.4.2. Traitement par voie physico-chimique	38

III.3.1.4.3. Traitement des odeurs	38
III.4. Problématique des boues	38
III.4.1. Origine des boues	38
III.5. Conclusion	39

CHAPITRE IV

Matériels et méthode

IV. Introduction	40
IV.1. Le but général de la manipulation	40
IV.1.1. Le principe de La manipulation	40
IV.2. Prélèvement	40
IV.2.1. Echantillonnage	40
IV.2.2. Lieu de prélèvement	40
IV.3. Méthodes d'analyses et résultats	41
IV.3.1. Détermination des pH et Température	41
IV.3.2. Détermination de la conductivité	42
IV.3.3. Détermination de la turbidité	43
IV.3.4. Détermination des matières en suspension (MES)	44
IV.3.5. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	45
IV.3.6. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO	46
IV.4. Interprétation des résultats	48
IV.5. Conclusion	49

CHAPITRE V

Dimensionnement de lagunage

V.1. Introduction	50
V.2. Évolution des débits des eaux usées	50
V.2.1. Estimation de la population	50
V.2.2 Estimation des débits des eaux usées	51
V.3. Dimensionnement de la station de lagunage	52
V.3.1 Calcul des charges polluantes	52
V.3. 2 Dimensionnement du prétraitement	53

V.3.2.1. Le dégrillage	53
V.3.2.2. Le dessableur-déshuileur	55
V.3.3. Ouvrage de répartition et by-pass	56
V.3.4. Traitement biologique	56
V.3.4.1. Dimensionnement du bassin anaérobie	56
V.3.4.2. Dimensionnement du bassin facultatif	57
V.3.4.3. Dimensionnement du bassin de maturation	58
V.4. Conclusion	59

CHAPITRE VI

Réalisation et exploitation de lagunage

VI.1. Introduction	60
VI.2. Le choix du site de lagunage naturel	60
a. le plan d'aménagement de Méghibra	60
b. le réseau d'assainissement :	61
c. Le débit entrant à la station d'épuration	61
d. procédés et technologie d'épuration :	61
e. La région	61
f. L'impact environnemental	62
VI.3. Propriétés du site recevant de l'eau traitée	62
VI.3.1. Les propriétés du site	62
a. Lieu et espace attribuées	62
b. La topographie du site	63
c. L'hydrogéologie de site :	63
d. L'hydrologie de site	64
VI.4. Recommandations lors de la conception, la réalisation et l'exploitation	64
VI.4.1. Forme géométrique	64
VI.4.2. Conception des bassins de lagunage	64
a. Définition certains termes propres aux pentes	64
b. Pentés et rampes en "pour cent" et "pour mille"	64
c. Pentés et rampes en rapport	65

VI.5. Digues	65
VI.5.1. Creusement et évacuation des remblais :	65
VI.5.2. Creusement et endiguement	65
VI.5.3. Création de digues :	66
VI.5.4. Stabilité des digues	66
VI.6. Etanchéité des bassins de lagune	66
VI.6.1. Etanchéité par compactage	67
a. Simple compactage du fond	67
b. Compactage d'une couche et du fond :	67
c. Apport de matériaux argileux	67
VI.7. Pose d'une géomembrane	68
VI.8. Exploitation du lagunage	68
VI.9. Contraintes d'exploitation	69
VI.10. Conclusion	69
 Conclusion général	 70

LISTE DES FIGURES

N°	Titre du Figure	Page
1	Localisation de la commune de la zone d'étude	4
2	Photographie de Méghibra (Google earth, 2011)	4
3	La carte topographique de Méghibra (échelle = 1/250000)	6
4	Carte Géologique Régional (ANRH, 1993)	7
5	Variation mensuelle interannuelle de température (1980/2013) (ONM, 2013)	9
6	Distribution mensuelle interannuelle des précipitations (1980/2013) (ONM, 2013)	10
7	Histogramme des moyennes mensuelles d'humidité (ONM, 2013)	11
8	Vitesses moyenne des vents mensuels en (m/s) (1980/2013) (ONM, 2013)	12
9	Evaporations moyennes mensuelle du Souf (1980-2013) (ONM, 2013)	13
10	Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (Gendouz et al, 2003)	15
11	Schéma d'épuration des eaux usées par lagunage naturel	35
12	Photo de lieu de prélèvement	41
13	pH mètre (pH 510)	42
14	Conductivité mètre (Terminal 740)	43
15	Turbidimètre (Turbe 550)	44
16	Ensemble de filtration	45
17	Etuve chauffé	45
18	Balance électrique (TP-303)	45
19	DBO mètre	46
19	Réacteur (CR 2200)	47
20	Spectrophotomètre	47
21	Proposition du site de la station d'épuration	63

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre du Tableau	Page
1	Les coordonnées de la ville de Méghibra	5
2	Données météorologiques de la région du Souf (1980-2013), (ONM, 2013)	8
3	Températures moyennes mensuelles d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013)	9
4	Précipitations moyenne mensuelles d'El-Oued (2008/2013) (ONM, 2013)	10
5	Humidité moyenne mensuelle en (%) d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013)	11
6	Les vents moyens mensuels en (m/s) d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013)	11
7	évaporation moyenne mensuelle (mm) d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013)	12
8	Composants majeurs typique d'eau usée domestique	17
9	Résultats d'analyses physico-chimiques	48
10	Données de base pour l'estimation de nombre d'habitants futur (ONS, 2008)	50
11	Évolution de nombre d'habitants de Méghibra	51
12	Tableau récapitule des différents débits des eaux usées	51
13	Tableau des charges polluantes prises dans les calculs de dimensionnement	52
14	Les caractéristiques des bassins de lagunage	59

INTRODUCTION GENERALE

L'eau, indispensable à la vie, est une ressource très recherchée. Dès lors, les collectivités locales sont contraintes de prendre cette ressource en compte dans leur plan d'aménagement et d'améliorer les installations d'épuration existantes.

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques.

La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Cette pollution est provoquée par le rejet d'eau salie par nos activités domestiques, et par de diverses activités industrielles et agricoles, nécessaires pour nous fournir les aliments et biens dont nous avons besoin.

Les rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation et l'élévation de niveau de vie de la population, les capacités d'auto-épuration sont jugées dépassées ce qui pousse les chercheurs à développer plusieurs techniques pour épurer ces effluents.

L'installation des systèmes d'épuration en aval des réseaux d'assainissement constitue une des solutions si non la seule capable de préserver les ressources en eau. Outre la dépollution des effluents, ces installations permettent la mobilisation d'un volume important d'eau apte à être réutilisé dans plusieurs domaines.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduelles en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité.

Les procédés biologiques présentent des rendements assez bons et sont très avantageux du point de vue coût, du moment qu'ils n'utilisent que la seule force épuratrice des micro-organismes présents dans l'eau, l'oxygène de l'air et la température les rayons solaires.

C'est le cas du lagunage naturel, moins connu mais aussi efficace ; il est écologique, rustique, fiable et peu onéreux du fait de son fonctionnement non mécanisé, avec des résultats hautement satisfaisants en matière de décontamination. Ce qui rend le lagunage particulièrement adapté pour la réutilisation des eaux épurées en agriculture.

Ce procédé se présente, grâce à sa technologie simple, sa faible consommation d'énergie, et son degré d'épuration satisfaisant, comme une technique appréciable d'épuration des eaux usées. Le lagunage est adapté à l'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles à prédominance organique. Il repose sur la dégradation des matières organiques à l'aide des micro-organismes.

Le présent travail est effectué afin d'accomplir les objectifs précités, elle débutera par des généralités sur la région d'étude. Puis une partie bibliographique sur les origines et les caractéristiques des eaux usées résiduaires et les différents procédés d'épuration qui s'avèrent nécessaire. La partie expérimentale sera consacrée aux analyses physicochimiques des eaux usées et de dimensionnement de la station d'épuration projeté.

La conception d'un lagunage naturel pour la ville de Méghibra est d'une grande importance afin de remplir Les objectifs suivants :

- Protéger le milieu récepteur et les ressources en eau souterraine.
- Garder la possibilité de fertiliser pour l'irrigation les effluents épurés pour mettre en valeur des espaces qui ne le sont pas ou peu à l'heure actuelle.

Il s'agit d'une station qui répond particulièrement bien à des critères technico-économiques, et constitue donc le procédé le mieux adapté dans cette région où l'espace ne manque pas et l'ensoleillement est favorable.

Chapitre I :

Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction :

La ville du Souf (El Oued) est une région aride, fait partie du Sahara septentrional partagé par la Tunisie, la Libye et l'Algérie. Elle est située au Sud-est du Sahara algérien, elle s'étend sur 3000 km² dans une configuration géologique caractérisée par une topographie plane et sans exutoire, elle a une superficie de 54 573 km² et compte 712700 habitants en 2014 (ONS). Elle contient 12 Daïra et 30 communes, parmi ces communes Hamraia, dont on a proposé le projet d'épuration des eaux usées à l'agglomération de Méghibra de notre étude.

Au cours de ce chapitre, nous nous présentons les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influencent sur la conception de ce projet.

La commune de HAMRAIA est située dans une zone chottouse, elle est limitée au nord par chott MELGHIG et à l'ouest par chott MEROUANE. Elle s'étend sur une superficie approximative de 24440000 hectares. Sa population est de 5172 habitants (ONS, 2008).

L'activité principale a longtemps été représentée par l'agriculture, et notamment l'exploitation du palmier dattier "phoeniculture", ainsi que la production du sel.

I.2. Situation Géographique :

La commune de HAMRAIA est située dans le Sahara algérien, à l'ouest du grand Erg oriental précisément au parcours sahariens sur terres salées, dépend administrativement de la daïra de REGUIBA wilaya d'EL-OUED, la commune en question est limitée au nord par la wilaya de BISKRA, au sud par la commune de REGUIBA, commune de GUEMAR, commune de MAGRANE, commune de SIDI AOUN à l'est par la commune de BEN GUECHA et de l'ouest par la commune de STILL, la commune de OUM THIOUR, la commune de M'GHAIER et la commune de SIDI KHLIL [Figure 1].

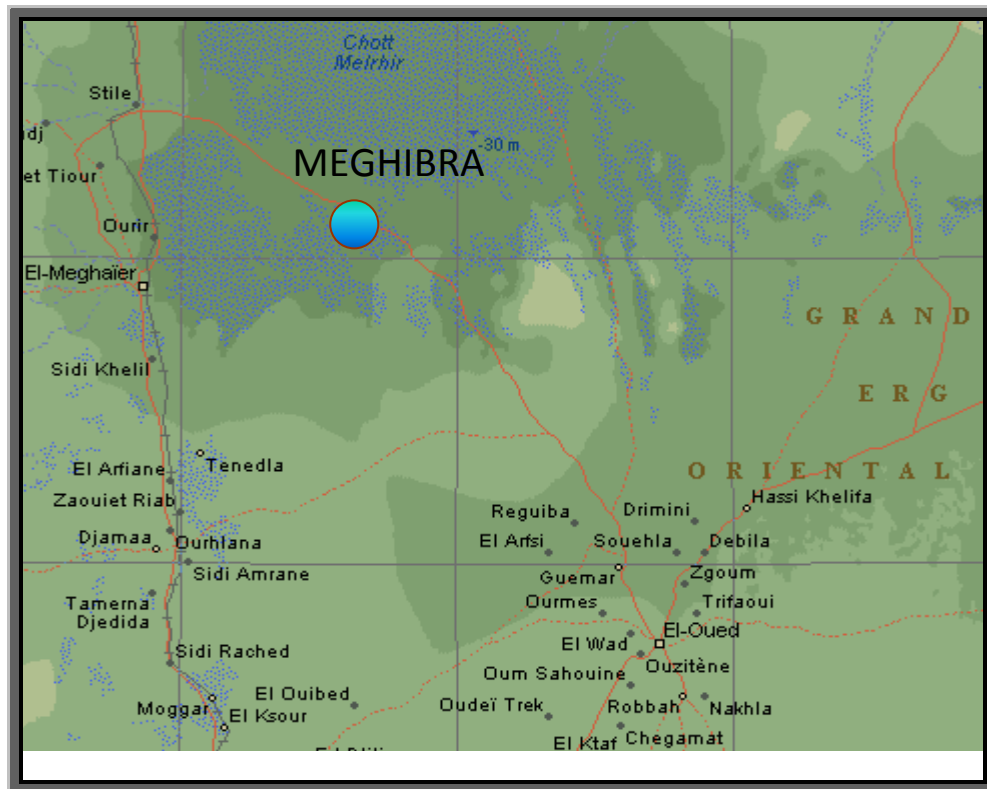


Figure 1 : Localisation de la commune de la zone d'étude (commune de Reguiba).

Le village de Méghibra est situé au nord de la commune de Hamraia. Loin du siège de la municipalité 25 km et 15 Km de la commune de Stil et 125 Km et de la wilaya d'el oued. Délimitée sur le côté sud en direction de la côte orientale oued Eitel, et Délimitée sur le côté sud en direction de la côte orientale oued Eitel, et délimitée la côte ouest la route national numéro 48, et délimiter sur la côte Est la commune de Stil [Figure 2].



Figure 2 : photographie de Méghibra (Google earth, 2011).

L'Méghibra occupe une superficie de 50 hectares, avec une population de 3260 habitants (ONS, 2008). Et est considéré comme une zone d'agriculture, compté sur les puits artésiens pour l'irrigation. Le village de Méghibra comprend les équipements suivants :

- école primaire
- salle de traitement
- mosquée
- complexe administratif
- poste centrale
- Salle de multiples activités

I.3. Situation topographique :

Cette Zone est caractérisée au terrain semi-plat direction vers la vallée avec un changement au niveau des altitudes internes, où l'altitude varie entre 88,09 à 99,74 m. [Figure 3]

Tableau 1 : Les coordonnées de la ville de Méghibra (Google earth)

Nom de site	Coordonnée géographique (système géodésique international WGS 84)		
	Longitude	Latitude	Altitude
Le village de Méghibra	6° 0'50.74"	34°15'30.75"	-11 m

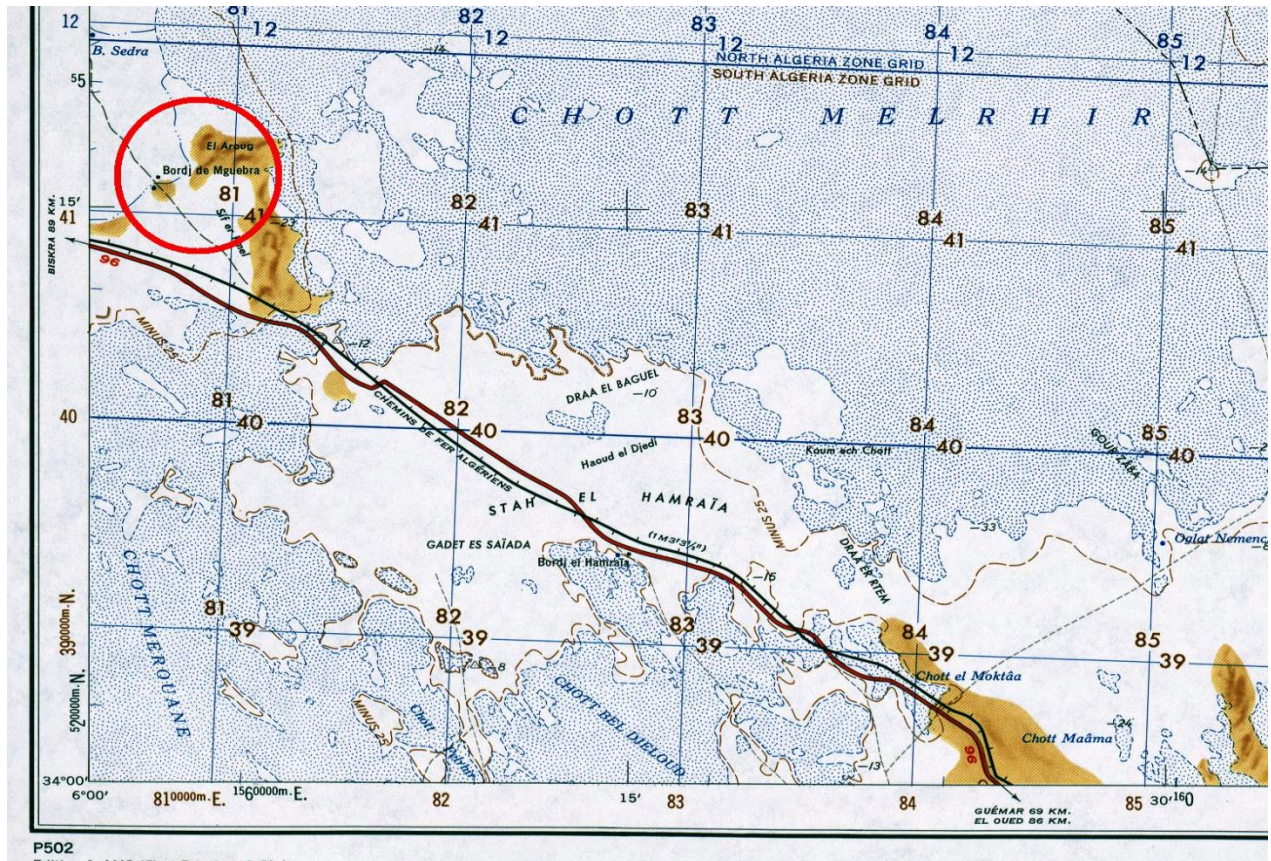


Figure 3 : La carte topographique de M'ghebra (échelle = 1/250000)

I.4. Situation Géologique :

La bonne connaissance géologique du site permettra de prendre les dispositions nécessaires pour la réalisation des tranchées, et aussi pour le choix des engins de terrassement.

La morphologie du terrain est une argile sableuse dans sa quasi-totalité, en passant par la vallée d'oued Itel qui est délimitée sur les côtés Est et Sud [Figure 4].

Notre secteur d'étude s'inscrit dans le cadre du bassin sédimentaire du Sahara Septentrional qui forme une importante dépression topographique qui constitue une cuvette structurale en forme de synclinal dissymétrique.

De bas en haut on distingue :

I.4.1. Le Continental Intercalaire (C I) :

Il est représenté par des dépôts continentaux (sable et grès) d'âge Crétacé inférieur (Albien) localisé entre 1800 et 2000 m de profondeur.

Au niveau de Souf la nappe captive de cette formation (C I) est sise dans les sables et grès de l'Albien

I.4.2. Les formations du Complexe Terminal (C T) :

Constitué de calcaire et de dolomie. Il repose sur la série imperméable du Sénonien lagunaire anhydritique et dolomitique. Le Mio-Pliocène repose en discordance sur le Sénonien. Il est formé d'une alternance d'argile et de sable ;

Son épaisseur est de 150 m. On y distingue deux niveaux perméables séparés par un niveau argileux.

I.4.3. Formation quaternaire :

Constitue de dépôt sableux fin de type éolien, localement intercalé de lentilles d'argile sableuse et gypseuse. Au-dessous des sables on a un substratum argileux imperméable, donc au niveau de la formation sableuse on signale la nappe phréatique, sa profondeur varie entre 10 et 40m et son épaisseur atteint localement une centaine de mètres.

Sur l'ensemble du Souf, cette nappe serait exploitée par plus de 1000 puits.

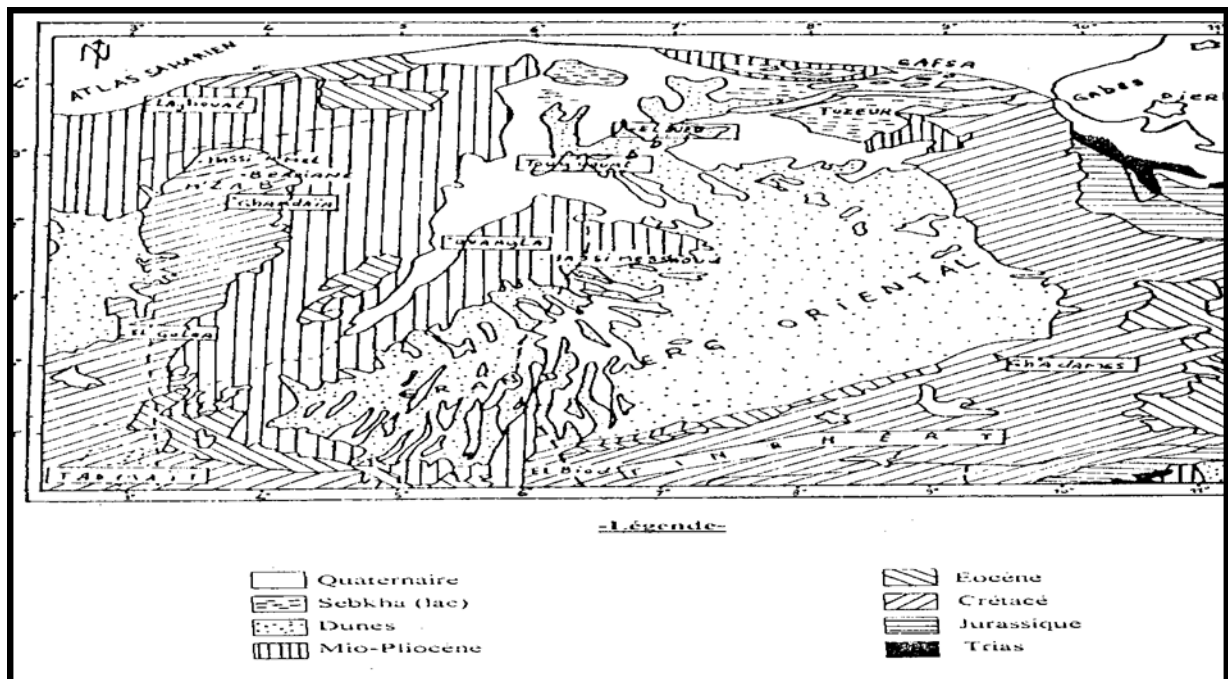


Figure 4: Carte Géologique Régional (ANRH, 1993).

I.5. Paramètres Climatologiques :

La région de Méghibra, par sa situation géologique est d'un climat de type saharien, caractérisé par un faible taux des précipitations, des températures élevées, d'une évaporation importante et d'un rayonnement solaire excessif. Pour une meilleure caractérisation du climat de la région de Souf nous avons utilisé les données relatives aux différents paramètres climatiques (précipitation, température, vent, humidité et évaporation) dans une durée de

34ans, entre la période 1980 et 2013 par l'Office National de la Météorologie (ONM) (tableau 2), enregistrées par la station climatologique de l'aérodrome de Guemar, El- Oued.

Tableau 2 : Données météorologiques de la région du Souf (1980-2013), (ONM, 2013)

paramètre Mois	Humidité H. (%)	Température T. (°C.)	Précipitation P. (mm)	Vitesse de vent V. (m/s)	Évaporation E. (mm)
Janvier	64,87	10,43	12,83	1,83	80,30
Février	56,22	12,81	6,93	2,34	93,10
Mars	49,49	16,38	12,97	2,85	167,70
Avril	43,43	20,19	7,90	3,08	203,00
Mai	38,50	25,28	4,14	3,07	288,50
Juin	34,74	30,09	1,84	2,92	337,70
Juillet	31,90	32,84	0,18	2,45	361,50
Août	34,63	32,78	1,71	2,17	321,30
Septembre	46,93	28,44	5,94	2,20	184,20
Octobre	52,72	22,27	6,35	1,69	144,80
Novembre	60,04	15,75	7,86	1,60	105,20
Décembre	66,81	11,03	7,13	1,56	87,30
Moyenne annuelle	48,36	21,52	6,315	2,31	197,88

I.5.1. La température :

a- Définition

C'est une grandeur physique qui caractérise de façon objective la sensation subjective de chaleur ou de froid, la température est mesurée avec le thermomètre.

b- Température moyenne mensuelle :

Les moyennes des données de température durant la période (1980-2013) est représentée dans le Tableau (3) et la Figure (5).

Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
T(c°)	28.44	22.27	15.75	11.03	10.43	12.81	16.38	20.19	25.28	30.09	32.84	32.78

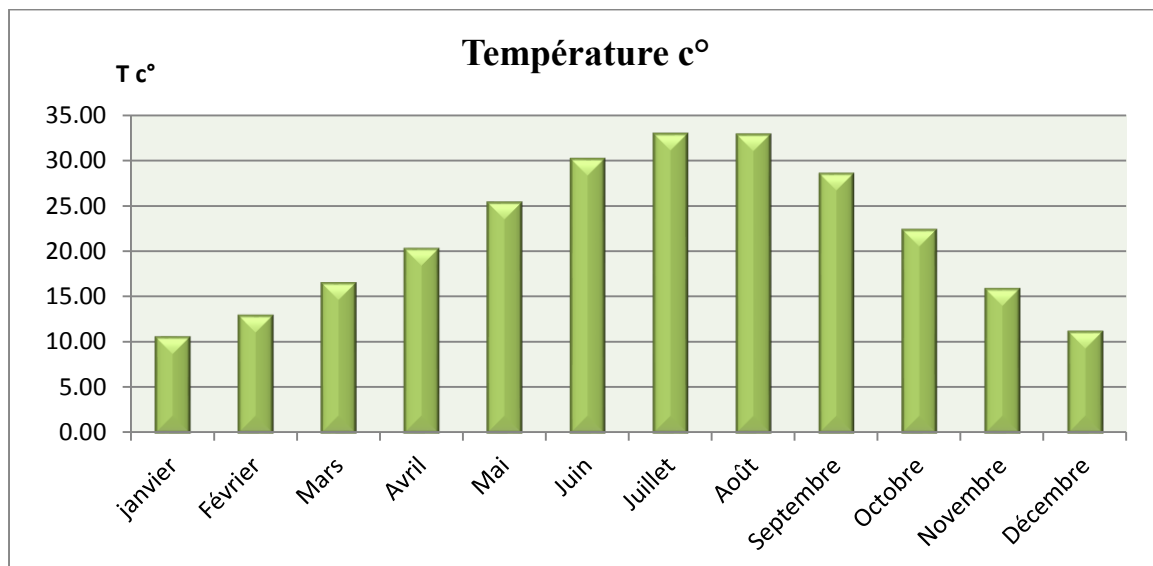


Figure 5 : Variation mensuelle interannuelle de température (1980/2013) (ONM, 2013).

D'après courbe des variations moyennes mensuelles des températures on conclueque la température moyenne mensuelle est maximale au mois d'Aout avec une valeur d'ordre de 32,78 c° et minimale au mois de Janvier avec une valeur d'ordre de 10,43 c°.

I.5.2. La précipitation :**a- Définitions :**

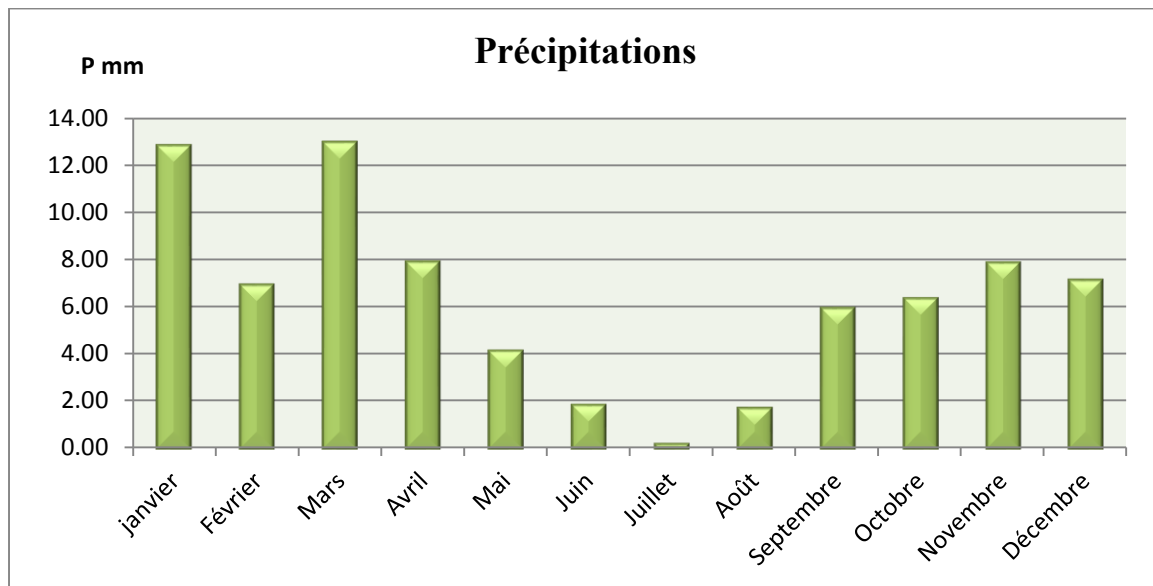
Formes variées sous lesquelles l'eau solide ou liquide contenue dans l'atmosphère se dépose à surface du globe. Les différentes formes de la précipitation sont: la pluie, la neige, brouillard, grêle, rosée, la quantité de la précipitation est mesurée à l'aide d'un pluviomètre.

b- Précipitations moyenne mensuelles :

Selon les données, nous avons établi la courbe de variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations ; Figure (6) et Tableau (4). On constate que : le mois de Mars est le plus arrosé avec 12,97 mm, et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,18 mm et cumule est 75,78 mm.

Tableau 4 : Précipitations moyenne mensuelles d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout	Cumule
P mm	5.94	6.35	7.86	7.13	12.83	6.93	12.97	7.90	4.14	1.84	0.18	1.71	75.78

**Figure 6:** Distribution mensuelle interannuelle des précipitations (1980/2013) (ONM, 2013).

Les précipitations sont très rares et irrégulières, leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue du mois de Juin jusqu'au mois d'Août, et un maximum au mois de Mars.

I.5.3. L'Humidité :

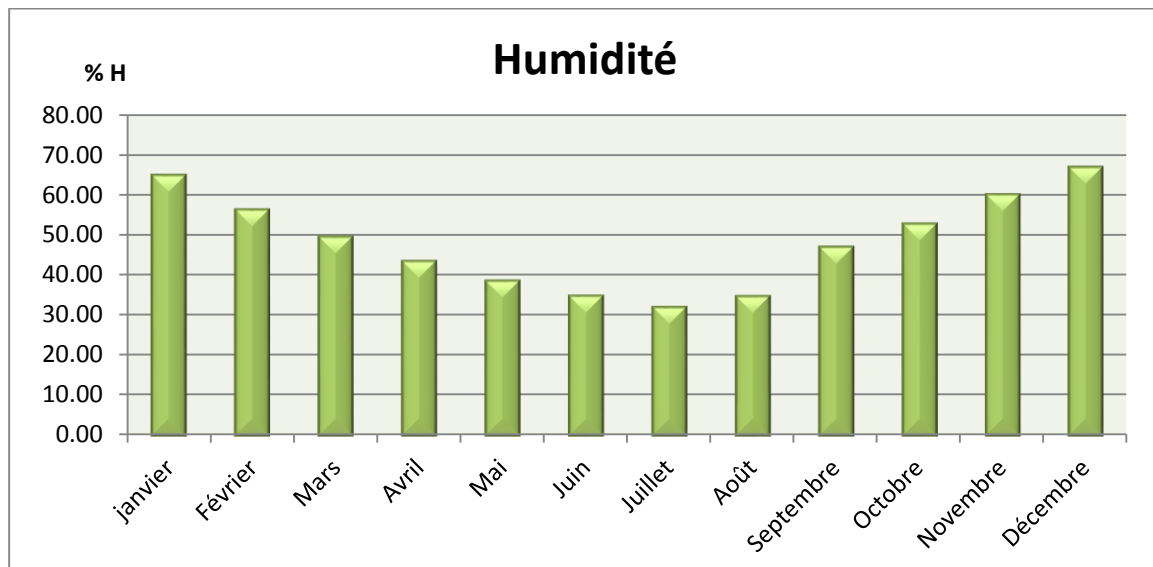
L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, sous forme de vapeur, ou bien ; nombre de gramme de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air. Elle est mesurée par l'hygromètre.

D'après les données des moyennes mensuelles interannuelles d'humidité représentées dans le Tableau (5) et la figure (7). On peut tirer les informations suivantes :

La moyenne la plus forte pour la période d'étude est mois de décembre d'une valeur 66,81%, et la plus faible valeur est au mois de juillet d'une valeur de 31,9 %.

Tableau 5 : Humidité moyenne mensuelle en (%) d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Humidité(%)	46.93	52.7	60.0	66.81	64.87	56.22	49.49	43.43	38.5	34.74	31.9	34.63

**Figure 7 :** Histogramme des moyennes mensuelles d'humidité (ONM, 2013).

I.5.4. Les Vents :

Le vent est mouvement de l'air entre deux différentes pressions atmosphérique de la haute pression, vers la basse pression, il est influencé par la température.

Il y a trois mois durant lesquels les vents de sables sont les plus nombreux : Avril, Mai et Juin. Les vents atteignant 3.08 m/s, présentent un phénomène normal; l'air reste obscurci pendant 2 à 3 jours et les particules minérales peuvent être soulevées jusqu'à 1500m. En hiver, les vents froids dominants sont ceux des secteurs Ouest (N-O et S-O), au printemps et en été, ils viennent uniquement de l'Est (N-E et S-E), en automne, ils sont N-E ou S-O [Figure 8].

Tableau 6 : Les vents moyens mensuels en (m/s) d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Vents(m/s)	2.20	1.69	1.60	1.56	1.83	2.34	2.85	3.08	3.07	2.92	2.45	2.17

Le vent d'Est est appelé :

a-LeBahri: c'est le vent dominant de la saison chaude, il est apprécié au printemps parce qu'il amène la fraîcheur, mais il est redouté en toute autre saison car il est violent, c'est lui qui apporte le sable. Le vent Gharbi, ou d'Ouest : est le vent froid.

b- Le Chihili: c'est un vent brûlant qui ne souffle qu'une quinzaine de jours par ans, c'est le vent du Sud, le vent du désert.

c- Le Dhahraoui: vent N.O-S.E, souffle surtout au printemps. Les plus fréquents sont ceux de direction Nord-Ouest, suivi à degrés moindres par ceux de direction Ouest et Sud-Ouest.

d-Le sirocco: Soufflant du Sud vers le Nord il est relativement fort où pendant l'été il devient dangereux, notamment pour les plantes. Il est chargé de sable désertique donnant au ciel une couleur jaune, il peut durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse moyenne de 40 à 50 km/h.

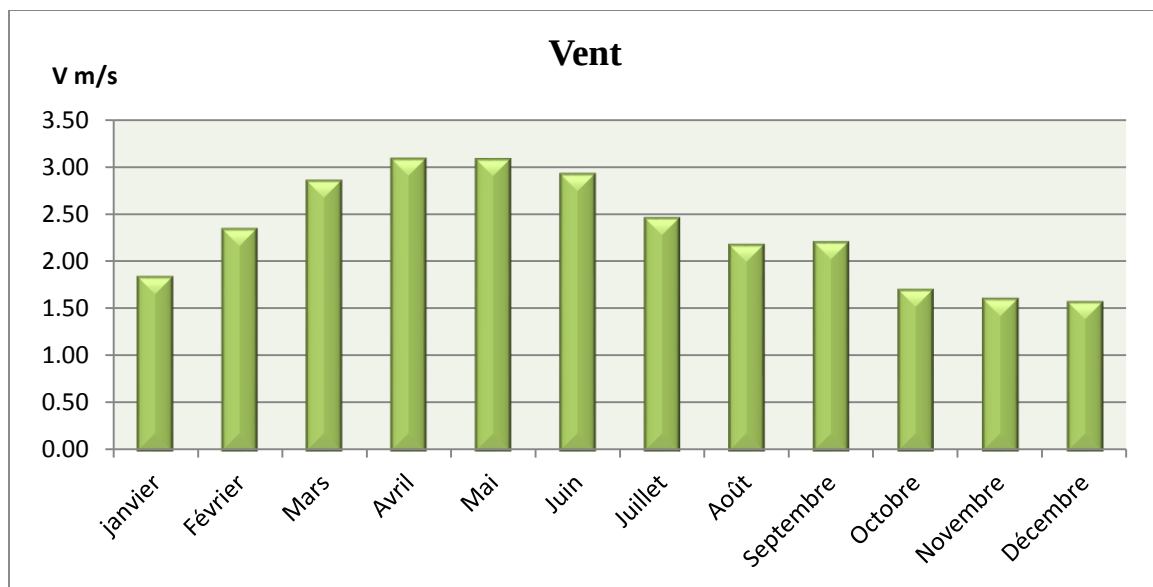


Figure 8: Vitesses moyenne des vents mensuels en (m/s) (1980/2013) (ONM, 2013).

1.5.5. L'évaporation :

Le maximum du moyenne mensuelle d'évaporation est enregistrée au mois de Juillet à une valeur de 361.50 mm, et la plus faible est au mois de Janvier avec une valeur de 80.30 mm. Selon le tableau 7, qui résume les variations de l'évaporation moyenne mensuelle (ONM, 2013).

Tableau 7 : évaporation moyenne mensuelle (mm) d'El-Oued (1980/2013) (ONM, 2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
évaporation	184.2	144.8	105.2	87.3	80.3	93.1	167.7	203	288.5	337.7	361.5	321.3

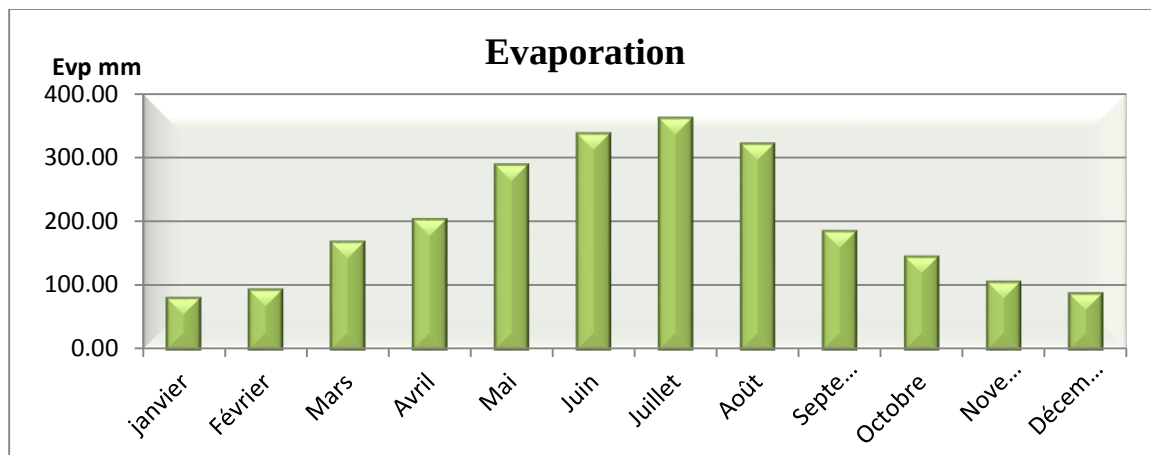


Figure 9 : Evaporations moyennes mensuelle du Souf (1980-2013) (ONM, 2013).

Le climat de la région d'El-Oued est Saharien, caractérisé par un été chaud, sec et un hiver doux ; la température moyenne mensuelle interannuelle est de l'ordre de 21.52°C, le maximum de la température est atteint au mois de juillet et d'août (32.84°C) et son minimum est enregistré au mois de janvier (10.43°C). Les précipitations moyennes interannuelles sont de l'ordre de 75.78 mm. La valeur maximum des précipitations est observée au mois de janvier 12.86 mm et la valeur minimale est observée au mois de juillet 0,18mm. Les vents ont une direction Est et Nord-Est avec une vitesse moyenne de l'ordre de 2.31 m/s. L'humidité relative moyenne est d'ordre de 48.36%. Le bilan hydrique est déficitaire à cause de faible précipitations et d'une forte évapotranspiration.

L'étude hydro-climatologique (bilan hydrique) prouve que le problème de la remontée des eaux n'est pas causé par les facteurs climatiques (précipitation, ruissellement....etc.).

I.6. Situation socio-économique :

L'étude s'est basée sur la prise et la récolte des informations fournies par :

- Le plan d'aménagement de la commune de HAMRAIA.
- La monographie de la Wilaya d'El Oued.

I.6.1. Agriculture :

La zone de Méghibra est considérée comme une région agricole en premier degré grâce au pourcentage de la main d'œuvre qui est de 51,62%. La production agricole s'intéresse plus spécialement aux palmiers, au tabac, aux cacahuètes ainsi qu'aux cultures maraîchères.

La culture des légumes secs est inexistante.

I.6.2. Industrie :

La zone de Méghibra est dotée d'une forme d'industrie très importante qui est représentée par la production de sel dans des unités spéciales et vu sa situation géographique et très stratégique, elle reste toujours l'axe routier qui lie l'Oued à Biskra par l'intermédiaire de la RN N° 48.

I.7. Situation hydrogéologique :

Le Sahara septentrional Algérien se caractérise par un système aquifère composé de deux importantes nappes profondes, qui sont la nappe du Continental Intercalaire (CI) et celle du Complexe Terminal (CT) [Figure 10] s'étendent sur des superficies respectivement 600 000 km² (épaisseur peut atteindre 1000 m) et 350 000 km² (profondeur oscillant entre 100 et 500 m), les réserves théoriques des deux aquifères sont estimées à près de 60 000 milliards de m³ (Khadraoui, 2006).

I.7.1. Nappe phréatique :

La nappe phréatique présente dans toute l'oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations Continentales déposées à la fin du Quaternaire, avec une profondeur variable entre 10 et 40 mètres.

Cette nappe est la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels, qui sont au nombre de 10000.

La profondeur du toit de cette nappe, d'après les coupes géologiques, dépasse parfois 20 mètres. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région du Souf particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans la région des Chotts. La nappe phréatique est présente sur toute la zone d'étude.

I.7.2. Nappe du complexe terminal :

Elle est Composée des trois nappes : les deux premières correspondent aux nappes des sables d'âge Mio-Pliocène et Pontien, la troisième est la nappe des calcaires d'âge Senono-Éocène.

La première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal (CT), elle est constituée par du sable peu grossier se trouve à une profondeur moyenne de 280 m, cette nappe du Mio-Pliocène couvre presque tout le Souf. La deuxième nappe de sable est d'âge Potier (Eocène Supérieur). Elle prend position entre la 1ère et la nappe de calcaire. Sa profondeur varie entre 400 et 480 m avec une épaisseur moyenne de 50m.

I.7.3. Nappe du continental intercalaire :

Elle est située à une profondeur allant de 1400m à 1800m. On l'appelle nappe albienne. L'eau de cette nappe est chaude (40 à 60 °C), elle présente un handicap majeur pour l'irrigation qui demande un refroidissement.

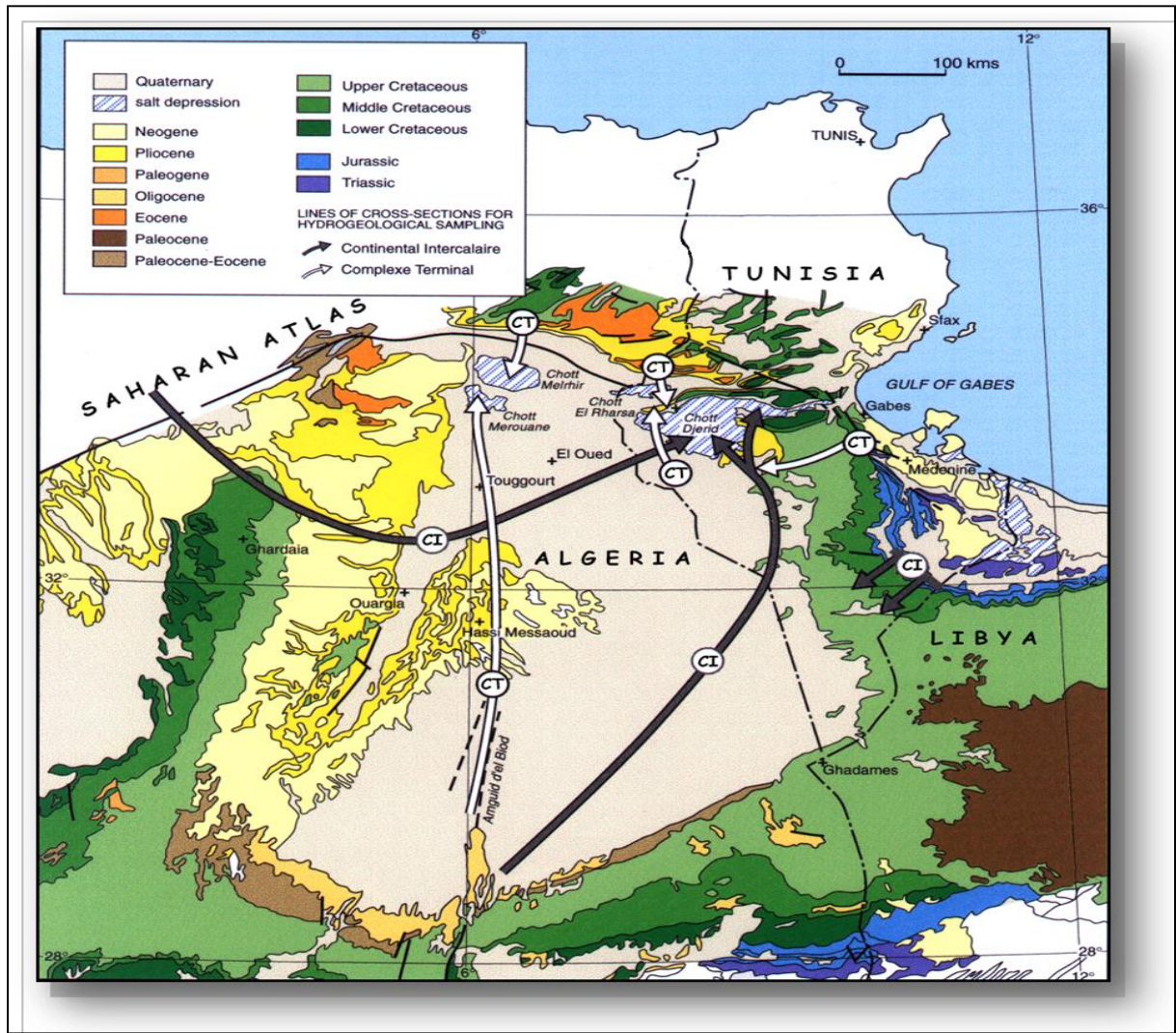


Figure 10 : Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (Gendouz et al, 2003).

I.8. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les données nécessaires concernant la zone de Méghibra, du point de vue topographique, géologique, climatologique, géographique ainsi que la situation hydrogéologique. Ces données vont nous servir de base pour l'élaboration du projet de l'épuration des eaux de rejetées à l'exutoire de la zone d'étude.

Chapitre II :

Les eaux usées : origine et caractérisation

II .1. Introduction:

Les eaux usées regroupent les eaux résiduaires domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel (Baumont et al, 2004).

II.2. Les différents types des eaux usées :

On distingue 3 types des eaux usées :

II.2.1. Les eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales).

Ces eaux contiennent des matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.), et des matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (Vaillant, 1974).

II.2.2. Les eaux pluviales:

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de La terre, des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents...etc. (Desjardins, 1997).

II.2.3. Les eaux usées industrielles :

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme.

Les eaux résiduaires sont celles qui ont été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications.

Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, ou le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux (Edline, 1979).

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement (Baumont et al. 2004),

- ils sont directement rejetés dans le réseau domestique.
- ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique.
- ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

II.3. Origine des eaux usées :

Selon Eckenfelder (1982), les eaux usées proviennent de quatre sources principales :

- 1- Les eaux usées domestiques.
- 2- Les eaux usées industrielles.
- 3- Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes.
- 4- Le ruissellement dans les zones agricoles.

II.4. Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées (Tableau 8), est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (Baumont et al. 2004).

Tableau 8: Composants majeurs typique d'eau usée domestique. (Mémoire, Melle. Dekhil Soror Wahiba 2012)

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore1	100	50	30
Alcalinité (en CaCO ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO ₅	300	200	100

Le DBO₅ est la demande biochimique en oxygène à 20°C pendant 5 jours, c'est une mesure de la matière organique biodégradable dans les eaux usées. Selon Faby (1997), elle dépend de :

- * L'activité humaine et la nature des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.
- * La composition des eaux d'alimentation en eau potable, et la nature des matériaux des canalisations d'eau.

II.4.1. Les matières en suspension :

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (Faby, 1997).

II.4.2. Les micropolluants organiques et non organiques :

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes. (Baumont *et al.* 2004).

II.4.2.1. Éléments traces :

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques µg/l) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) Sont présents à l'état de traces. (Cauchi, 1996).

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments (Faby, 1997).

II.4.2.2. Les micropolluants organiques :

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de

détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore (Xanthoulis, 1993).

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées : Hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlorophénols, phtalates, avec une concentration de l'ordre de 1 à 10µg/l dans les effluents. Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou adsorbés sur les particules du sol. Cependant, quelques composés ioniques (pesticides organochlorés, solvants chlorés) peuvent être entraînés en profondeur.

En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées (Faby, 1997).

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et une étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché. Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxines (Baumont et *al.* 2004).

II.4.2.3. Les substances nutritives :

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. D'une façon générale, une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare :

- de 16 à 62 kg d'azote,
- de 2 à 69 kg de potassium,
- de 4 à 24 kg de phosphore,
- de 18 à 208 kg de calcium,
- de 9 à 100 kg de magnésium,
- de 27 à 182 kg de sodium (Faby, 1997).

II.4.2.3.1. L'azote :

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O₂) dans la nature et un risque de

toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+) (Martin, 1979).

La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ NO_2^- : nitratisation par *Nitrosomonas*
- NO_2^- NO_3^- : nitratisation par *Nitrobacter* (Chellé et *al.* 2005).

II.4.2.3.2. Le phosphore :

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35 mg/l en P_2O_5). Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003). Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore (Asano, 1998).

II.4.2.3.3. Le potassium (K^+) :

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de K_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins (Faby, 1997).

II.4.2.3.4. Chlore et sodium :

Leur origine est :

- * Naturelle (mer : 27g/l NaCl, et terrains salés)
- * humaine (10 à 15g/l NaCl dans les urines/j).
- * industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire) (Gaujous, 1995).

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres (Faby, 1997)

II.5. Pollution de l'eau :

II.5.1. L'origine de la pollution :

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole. L'origine naturelle implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol.

L'origine domestique concerne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine, ...etc.), les eaux vannes (WC...etc.), ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces,...etc.

Quant à l'origine agricole et industrielle, elle concerne par exemple les eaux surchargées par des produits issus de l'épandage (engrais, pesticides) ou encore les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique, et de manière plus générale, par des produits chimiques tels que les métaux lourds, les hydrocarbures...etc. (Afir et Mezaoua, 1984).

II.5.2. Les types de la pollution :

II.5.2.1. Pollution physique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Baumont *et al.* 2004).

*** pollution mécanique :**

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES (Galaf., 2003).

*** Pollution thermique :**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution (Galaf., 2003).

*** Pollution radioactive :**

La pollution des eaux par des substances radioactive pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements.

II.5.2.2. Pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories:

*** Organique** (hydrocarbures, pesticides, détergents..).

*** Minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

a. Pollution organique : C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses,...etc.).

La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

***Les détergents :**

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

***Les pesticides :**

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.
- Rupture de l'équilibre naturel.

***Les hydrocarbures :**

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère (Encyclopédie., 1995).

b. Pollution minérale :

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs (Mayet., 1994).

***Les métaux lourds :**

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique (Keck et al, 2000).

***Les éléments minéraux nutritifs :**

(Nitrates et phosphates) : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques (Mayet., 1994), il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques.

II.5.2.3. Pollution microbiologique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Baumont *et al.* 2004).

a. Les virus :

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (CSHPF, 1995).

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A (Asano, 1998).

b. Les bactéries :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 1012 bactéries/g (Asano, 1998).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridiiums. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants (Faby, 1997).

c. Les protozoaires:

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (Baumont *et al*, 2004). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoebahistolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *giardialamblia* (Asano, 1998).

II.6. Caractéristiques des eaux usées :**II.6.1. Caractéristiques physiques:****a. Température :**

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

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. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (Rodier *et al*. 1996).

b. Conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

c. Turbidité:

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale (Rejsek., 2005).

d. Matières en suspension (MES) :

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau.

e. Matières décantables :

De nombreuses particules peuvent constituer des impuretés d'une eau. Les techniques analytiques nécessaires à leurs déterminations dépendent des dimensions de ces particules. Les impuretés présentes dans l'eau ont pour origine soit des substances minérales, végétales ou animales.

Les matières décantables sont les matières des grandes tailles, entre 40 micromètres et 5 millimètre et qui se déposent sans traitement physique et chimique.

II.6.2. Caractéristiques chimiques:**a. pH**

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau.

b. Oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

c. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Xanthoulis., 1993).

d. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales).

e. Carbone organique total (COT)

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (COT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO. (Tarmoul., 2007).

f. Azote:

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄.

Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (Gaujous. 1995).

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux.

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH₃ et l'ammonium NH₄⁺, dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température.

L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal ; en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates; ce qui induit une consommation d'oxygène (Tarmoul., 2007).

g. Nitrites (NO₂⁻)

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier., 2009).

h. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites (Rodier., 2009).

II.6.3. Caractéristiques microbiologique :

La détermination de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes totaux, coliformes fécaux, staphylocoque, streptocoque, salmonelles et les shigelles, ainsi que certains pathogènes peuvent donner une indication sur les risques liés à l'utilisation de certains types d'eaux (Baumont *et al.* 2004).

II.7. Conclusion :

Collectées par le réseau d'assainissement, les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels.

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases d'épuration.

Chapitre III :

Procédés d'épuration des eaux usées

III.1. Introduction :

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduelles en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré.

Au cours de ce chapitre nous nous sommes intéressés à l'étude des paramètres de la pollution des eaux usées évacuées par les agglomérations urbaines à l'exutoire, et les différents procédés d'épuration de ces effluents avant les rejets dans le milieu naturel.

III.2. Les déversements des eaux usées dans le milieu naturel :

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Il faut 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 (Chellé et *al.* 2005).

Quand les eaux usées ou les eaux résiduelles industrielles ne sont pas épurées avant le rejet dans le milieu naturel, l'altération de ce dernier et les déséquilibres qui s'y produisent ont non seulement des effets immédiats sur les utilisations de l'eau, mais aussi des effets à long terme, parfois irréversibles dans le domaine de la vie humaine (Vaillant, 1974).

III.2.1. La nécessité de l'épuration :

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives) (Hamsa, 2006).

III.2.2. Les stations d'épuration (STEP) :

Elles constituent une autre voie d'élimination des eaux usées dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel.

Une STEP, généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées et limiter l'apport en excès de matière organique et dans certains cas, de substances minérales telles les nitrates et les phosphates dans les milieux récepteurs, sachant que certaines substances contenues dans un effluent, à partir d'une certaine concentration, peuvent constituer un danger pour la communauté aquatique, l'épuration des eaux usées diminue l'impact sur les écosystèmes aquatiques. (Brière, 1994).

III.3. Épuration des eaux usées :

L'épuration des eaux usées le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général.

Les différents degrés de traitements conventionnels sont :

III.3.1. Procédés d'épuration des eaux usées :**III.3.1.1. Traitement préliminaire :**

Enlèvement des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute (FAO, 2003).

En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion (Desjardins, 1997).

III.3.1.1.1. Dégrillage :

Le dégrillage et le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques, etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes

automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage).

* **Un dégrillage grossier** : l'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50mm.

* **Un dégrillage fin** : après le relevage de l'eau par quatre pompes ($1250\text{m}^3/\text{h}$ pour chacune), il passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux est de 20mm, la vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (Legube., 1996).

III.3.1.1.2. Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, sables et autres particules minérales de diamètres supérieures à 0,2 mm contenus dans les eaux usées, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion.

L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, sa dégradation provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau (Degrément., 1972).

III.3.1.1.3. Déshuilage :

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations (Bonnin., 1977).

III.3.1.2. Traitement primaire :

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants (FAO, 2003).

La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO_5 supprimée était induite

par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires (Bontaux., 1994).

III.3.1.3. Traitement secondaire (traitement biologique) :

Enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires (FAO, 2003).

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées (Desjardins, 1997). La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène).

a- **la voie anaérobie** : si les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO₂, méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentré en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...)

b- **la voie aérobie** : si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO₂ et de biomasse (Degrémont., 1972).

L'épuration biologique des eaux usées peut être mise en œuvre dans les micro-organismes se développent en suspension dans l'eau (boues activées), ou encore dans réacteurs à biomasse fixée dans lesquelles les micro-organismes se développent sur un support grossier ou sur garnissage plastique (lit bactériens), sur de disque (disques biologiques).

III.3.1.3.1. Boues activées :

Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physiques, chimiques et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur. Le résultat de ces opérations est la production de boues qui est le principal sous-produit du cycle de traitement de l'eau. Donc les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire (Céline PERNIN 2003).

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas

- un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice, - un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne,
- un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique récupérée dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché,
- un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat,
- un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération,
- un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture, (Degrément, 1972).

III.3.1.3.2. Lit bactérien :

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅ (Rodart et al, 1989).

III.3.1.3.3. Lagunage :

Parmi les divers procédés d'épuration des eaux usées, dont l'application dépend des caractéristiques des eaux à traiter et du degré de dépollution souhaité, figure le lagunage naturel.

Moyen rustique d'épuration des eaux usées, il se distingue des autres techniques de traitement réputées intensives par de nombreux avantages. Ce procédé écologique, simple et peu onéreux se base sur les phénomènes responsables de l'autoépuration des cours d'eau.

*** Définition :**

Le lagunage est une technique biologique d'épuration des eaux usées, où le traitement est assuré par une combinaison de procédés aérobies et anaérobies, impliquant un large éventail de micro-organismes (essentiellement des algues et des bactéries). Les mécanismes épuratoires et les micro-organismes qui y participent sont, fondamentalement, les mêmes que ceux responsables du phénomène d'autoépuration des lacs et des rivières (Pearson, 2005).

*** Principe de fonctionnement :**

Le lagunage se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et généralement 3) peu profonds (le plus souvent rectangulaires) dits lagunes. La surface et la profondeur de ces lagunes influencent le type de traitement (aérobie ou anaérobie) et confèrent un rôle particulier à chacune d'entre-elles. L'épuration par lagunage consiste à faire passer des effluents d'eau usée par écoulement gravitaire de lagune en lagune où la pollution est dégradée par (Valiron, 1983) :

- ✓ L'activité bactérienne ;
- ✓ L'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérales ;
- ✓ Le pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues.

Les matières en suspension de l'eau brute décantent dans le bassin de tête. Les bactéries assimilent la pollution dissoute, et l'oxygène nécessaire à cette dépollution, est assuré par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique :

- ✓ Les microphytes ou algues microscopiques ; ce sont essentiellement des algues vertes ou bleues difficilement séparables ;
- ✓ Les macrophytes ou végétaux macroscopiques, qui comprennent des formes libres (ex. lentilles d'eau) ou fixées (ex. roseaux). Les jacinthes d'eau peuvent s'enraciner ou non. Les végétaux supérieurs jouent un rôle de support et doivent normalement permettre d'augmenter la quantité de bactéries et d'algues épuratrices (Degrémont, 1989).

Les macrophytes sont consommés par le zooplancton, et les macrophytes filtrent l'eau en sortie avant rejet. L'ensemble de ces phénomènes apparaît dans plusieurs bassins en séries, ce qui autorise l'étagement des phénomènes épuratoires.

Le processus épuratoire qui s'établit dans une lagune est particulièrement intéressant, car c'est un phénomène vivant, un cycle naturel qui se déroule continuellement.

III.3.1.3.3.1. Le lagunage naturel :

Ce sont des bassins artificiels et imperméabilisés, de faible profondeur pouvant recevoir des effluents bruts ou prétraités et où la recirculation des boues biologiques décantées n'est pas réalisée, et la concentration de la biomasse épuratrice reste faible. Alimentées d'effluents à traiter, les lagunes naturelles sont nommées étangs de stabilisation (Koller, 2004), que l'on classe en fonction des filières de développement des bactéries en trois catégories : anaérobies, aérobies ou facultatifs (mixtes).

Différents assemblages de ces bassins sont possibles en fonction des conditions locales, des exigences sur la qualité de l'effluent final, du débit à traiter, ...

A titre d'exemple, si l'on souhaite un degré de réduction plus élevé des organismes pathogènes, on dispose les bassins en série comme suit : étang anaérobie, facultatif puis anaérobie (Chaib, 2004).

Le lagunage naturel peut être utilisé, en traitement complet des effluents ou en traitement tertiaire, pour affiner la qualité de l'eau traitée par une boue activée (ex. la désinfection) (Degrémont, 1978).

a. Bassins anaérobies :

Les bassins anaérobies sont caractérisés par un manque d'oxygène dissous causé par une forte DBO_5 (100-400 g/m³/jour), et les solides en suspension s'y déposent facilement ; ils forment sur le fond une couche où les bactéries anaérobies décomposent la matière organique. Un des résultats est la production de gaz : l'hydrogène sulfuré (H₂S) et le méthane (CH₄) qui s'échappent vers la surface sous forme de bulles.

Typiquement, ces lagunes ont une profondeur de 2 à 5 m et le temps de séjour de l'effluent y est de 3 à 5 jours. Ils reçoivent des effluents bruts et mènent à des réductions de la DBO_5 de 40 à 60 % et des solides en suspension de 50 à 70 %.

En générale, on n'y trouve pas de micro-algues à cause des conditions défavorables à leur croissance (Sevrin-reyssac et al, 1995).

b. Bassins facultatifs :

D'une profondeur de 1 à 2 m et un temps de séjour de 4 à 6 jours (Sevrin-reyssac et al, 1995), ces étangs fonctionnent dans des conditions telle que la partie supérieure entretient un milieu aérobie, riche en algues et en micro-organismes aérobies, alors que le fond, couvert de sédiments organiques, est le siège de fermentation anaérobie ; entre ces deux zones règne un milieu de transition favorable aux bactéries facultatives (Beaudry, 1984).

Les fermentations benthiques donnent lieu à un dégagement de méthane (CH_4), de dioxyde de carbone (CO_2), d'hydrogène sulfuré (H_2S) et d'ammoniac, ainsi que de composés organiques de faible masse moléculaire.

Ce produit alimente la flore des zones supérieures et les composés minéraux dégagés entretiennent les algues ; une certaine fraction de ces algues meurent et se sédimentent, venant s'ajouter au lit de boues (Beaudry, 1984).

c. Bassin de maturation :

Les bassins des maturations ou des aérobies sont peu profonds (0,8 à 1,2 m) où la lumière peut pénétrer et favorisant le développement d'algues vertes. Par leur action photosynthétique, les algues produisent de l'oxygène qui permet le développement de bactéries épuratrices aérobies (Degrémont, 1978).

Le temps de séjour dans ces étangs est beaucoup plus long, de 12 à 18 jours ou plus, et permet un traitement d'effluent déjà partiellement épuré (Sevrin-reyssac et al, 1995). Ces étangs sont caractérisés par (ANRH, 1996) :

- Charge ($\text{Kg DBO}_5/\text{ha/jour}$) : 111 à 112 ;
- Rendement (% de DBO_5) : 80 à 95 % ;
- Concentration en algues (mg/l) : 100.

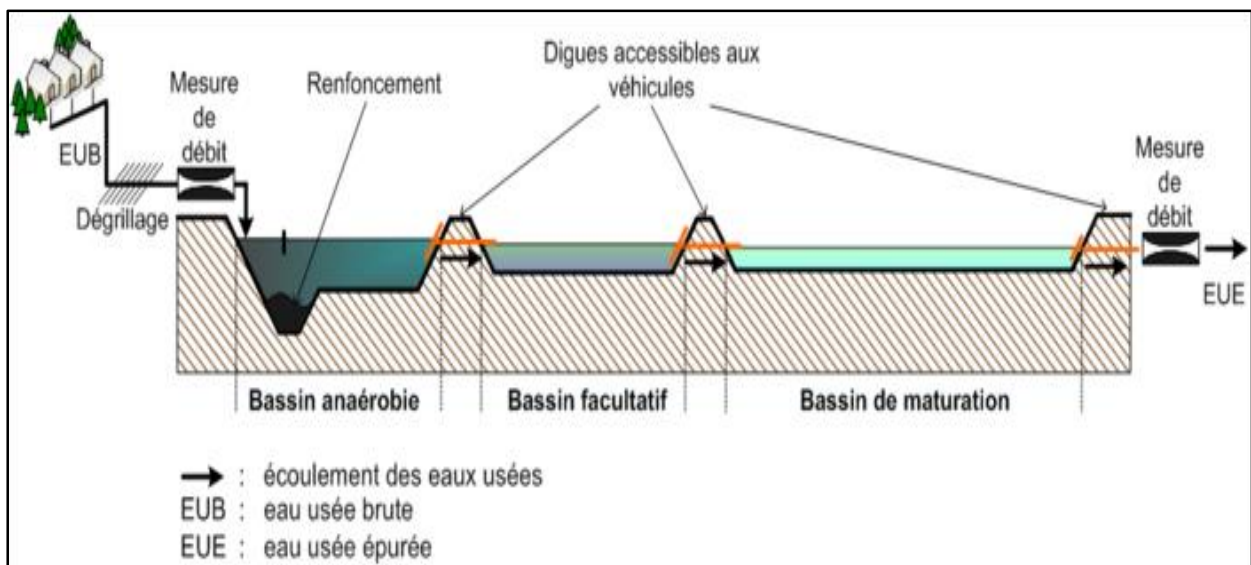


Figure 11: Schéma d'épuration des eaux usées par lagunage naturel (www.lagunage.eu)

III.3.1.3.3.1.1 Avantages et inconvénients du lagunage naturel :

* Avantages :

Le lagunage naturel présente de nombreux avantages par rapport aux procédés classiques :

- Excellente élimination de la pollution microbiologique ;
- Faibles coûts d'investissement et de fonctionnement ;
- Raccordement électrique inutile ;
- Très bonne intégration paysagère ;
- Valorisation aquacole et agricole de la biomasse planctonique produite et des effluents épurés ;
- Boues peu fermentescibles ;
- Bonne élimination de l'azote (70 %) et du phosphore (60 %).

*** Inconvénients :**

A l'inverse, le lagunage naturel présente les inconvénients suivants :

- Variation saisonnière de la qualité de l'eau en sortie ;
- En cas de mauvais fonctionnement, risque d'odeurs, de moustiques, de rongeurs ;
- Emprise au sol importante ;
- Difficultés d'extraction des boues ;
- Pas de réglage possible en exploitation ;
- Sensibilité aux effluents septiques et concentrés.

III.3.1.3.3.2. Le lagunage aéré :

Ce sont de vastes bassins constituant un dispositif très proche du procédé à boues activées à faible charge. On y effectue une épuration biologique bactérienne comme celle qui se pratique naturellement dans les étangs, en apportant de l'extérieur par insufflation d'air ou oxygénation au moyen d'aérateurs de surface, l'oxygène nécessaire au maintien des conditions aérobies des bactéries épuratrices.

Bien que théoriquement elle ne s'impose pas, une recirculation de l'eau traitée et parfois des boues biologiques en tête de lagune est souvent pratiquée. Elle permet d'améliorer le mélange complet et d'assurer une meilleure répartition de la biomasse.

Il est rare, en raison de la concentration relativement élevée en matières en suspension, que l'on puisse rejeter directement l'effluent traité à l'exutoire sans décantation finale (Koller, 2004).

III. 3.1.3.3.3. Influence des conditions climatiques sur les performances du lagunage :

Le microclimat est le climat local auquel sont soumises les lagunes, il résulte de l'action de plusieurs facteurs qui jouent un rôle important dans l'implantation du lagunage naturel ; ce sont principalement :

a. La durée du jour et l'intensité de l'ensoleillement :

La durée du jour conditionne, dans une certaine mesure, la vitesse de multiplication du phytoplancton. L'intensité de l'ensoleillement a une influence sur l'activité photosynthétique des végétaux. Si le ciel reste couvert pendant plusieurs jours, surtout en été alors que le phytoplancton est abondant, la production de l'oxygène due à la photosynthèse pendant la journée devient moins importante, ce qui risque d'entraîner une désoxygénation passagère (Sevrin-reyssac et al, 1995).

b. La température :

Les écarts de température exercent une influence sur le bon fonctionnement des systèmes de lagunage naturel. La croissance des algues est favorisée par une température élevée. Lorsqu'ils sont bien ensoleillés et bien oxygénés, les bassins aérobies ne dégagent pas d'odeur. Un ciel nuageux, plusieurs jours de suite, affaiblit le phénomène de photosynthèse créant ainsi des zones anaérobies dont les produits de fermentation conduisent à de mauvaises odeurs. La température intervient aussi dans le calcul du dimensionnement des installations ; les moyennes mensuelles des cinq dernières années doivent alors être connues (ANRH, 1996).

c. Le régime des vents dominants dans la région et leur orientation :

Les vents dominants sont ceux dont la direction est la plus fréquente. Ce régime des vents étant connu pour une région donnée, nous permet de fixer l'implantation du système de telle sorte à éviter le rabattement sur les habitations des mauvaises odeurs susceptibles de provenir de l'installation, et de ne pas avoir des effets néfastes sur l'ouvrage (dégradation des digues par batillage) (ANRH, 1996).

d. L'évaporation :

L'évaporation est un facteur très important. Elle est très intense en période estivale (10 à 15 mm/j). Conjugée à une infiltration importante, elle peut être néfaste et doit donc être prise en considération lors des calculs de dimensionnement des bassins (ANRH, 1996).

e. La pluviométrie :

Elle devrait également être connue pour le calcul de la hauteur des digues, afin d'éviter tout risque éventuel d'inondation (ANRH, 1996).

III.3.1.4. Traitement tertiaire :

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements

d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable (Edline, 1996).

III.3.1.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV :

Le traitement par rayons ultraviolets utilise 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 oeuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s).

III.3.1.4.2. Traitement par voie physico-chimique :

Le traitement tertiaire inclut un ou plusieurs des processus suivants:

- * désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes).
- * neutralisation des métaux en solution dans l'eau : en faisant varier le pH de l'eau dans certaines plages, on obtient une décantation de ces polluants.

III.3.1.4.3. Traitement des odeurs :

Les premières phases du traitement, le dégrillage, le dessablage/déshuilage et la phase anaérobie du traitement biologique sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquerait des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air nauséabond est collecté et traité. Il passe par trois tours de lavage : une d'acide sulfurique (H_2SO_4), une de Javel et une de soude (Allouche F 1990).

III.4. Problématique des boues :

Le processus de dépollution des eaux usées urbaines produit d'un côté de l'eau épurée ; de l'autre des sous-produits en grande quantité : les boues ; représentant chaque jour un volume considérable, ces boues doivent trouver une destination en continu.

III.4.1. Origine des boues :

Les éléments polluants et leur produits de transformation, retirés de l'eau usée au cours du traitement d'épuration, se trouvent rassemblés, dans la grande majorité des cas, dans suspension, plus ou moins concentré, dénommées « boues ».

La composition d'une boue urbaine dépende à la fois de la nature de la pollution initiale de l'eau et des procédés de traitement auxquels elle a été soumise dans la station d'épuration (Rejsek., 2002).

III.5. Conclusion :

Le lagunage est fortement dépendant des conditions climatiques (essentiellement de la température), et la qualité des rejets peut donc varier selon les saisons. L'emprise au sol est relativement importante. Les coûts d'investissement sont non seulement dépendants du prix du terrain, mais aussi de la nature du sol. Sur un sol perméable, il sera indispensable d'ajouter un revêtement imperméable, et dans ce cas, l'investissement peut s'avérer onéreux, voire difficilement abordable.

Malgré ces défauts, le lagunage reste une technique efficace (également pour l'azote, le phosphore et germes pathogènes) bon marché, ne nécessitant pas de construction en dur (génie civil simple) et s'intégrant parfaitement au paysage. De plus, aucun apport d'énergie n'est requis si le terrain est en pente.

Au sein du lagunage naturel et par les processus biologiques qu'ils créent, les organismes jouent un rôle distinct mais complémentaire dans l'épuration des eaux usées en formant un parfait équilibre biologique naturel.

Chapitre IV :

Matériels et méthodes

IV. Introduction :

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physicochimique et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement. L'objectif principal de ce travail est de faire les analyses des eaux usées de la région de Méghibra pour connaître les paramètres des eaux usées de cette zone et connaître le système lagunage en faveur ou non dans la zone d'étude.

IV.1. Le but général de la manipulation :

Faire des analyses physico-chimiques de l'eau usée de la région de Méghibra.

IV.1.1. Le principe de La manipulation :

- La détermination de la matière en suspension (MES).
- La détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).
- La détermination de la demande biologique en oxygène pendant cinq jours (DBO5).
- La détermination de la turbidité.
- La Détermination de PH.
- La détermination de conductivité.
- La détermination de température.
- La détermination de l'oxygène dissous.

IV.2. Prélèvement :**IV.2.1. Echantillonnage :**

Les prélèvements doivent être dans des flacons en plastique préalablement bien lavés et rincés avec de l'eau à examiner.

IV.2.2. Lieu de prélèvement :

Nous avons pris l'échantillon de la région en le point de rejet de réseau d'assainissement de Méghibra, Qui se jette dans la vallée d'Itle.



Figure 12: Photo de lieu de prélèvement

IV.3. Méthodes d'analyses et résultats :

L'analyse physico-chimique de l'échantillon a été effectuée dans laboratoire de STEP de Kouinine.

IV.3.1. Détermination des pH et Température :

*** Appareil :** pH Mètre (pH 510)

*** Electrode:** Electrode de pH combinée

***Mode opératoire:**

❖ Etalonnage de l'appareil :

- Allumer le pH Mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bêcher, la solution tampon pH = 7
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 où pH = 4.

- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.
- ❖ **Dosage de l'échantillon:**
 - Prendre environ ≈ 100 ml d'eau à analyser.
 - Mettre un agitateur avec une faible agitation.
 - Tremper l'électrode dans le bêcher.
 - Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
 - Puis noter le pH.



Figure 13 : pH mètre (pH 510)

IV.3.2. Détermination de la conductivité :

* Définition :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm . Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante:

$$\text{Résistivité}(\Omega\text{cm}) = \frac{1000000}{\text{conductivité}(\mu\text{S}/\text{cm})}$$

* Matériel :

Conductimètre (Terminal 740).

*** Mode opératoire:**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soit complètement immergée.

Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

*** Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 14 : Conductivité mètre (Terminal 740)

IV.3.3. Détermination de la turbidité :*** Définition :**

Réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

*** Appareil :**

- Turbidimètre (Turbe 550).

*** Mode opératoire :**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

*** Expression des résultats :**

La mesure est obtenue directement en NTU.



Figure 15 : Turbidimètre (Turbe 550)

IV.3.4. Détermination des matières en suspension (MES) :*** Appareil :**

- Etuve chauffée.
- Température : 105 °C.
- Matériels: Fiole, capsules, filtres, rampe de filtration, dessiccateur, balance électrique (TP-303)

*** Mode opératoire :**

- Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.
- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.

- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre.

Formule : $M.E.S = (P1 - P2) \times 1000000 / 100 = (P1 - P2) \times 10000$.

Avec :

P1 : Poids de filtre en vide.

P2 : Poids de filtre en plein



Figure 16: Ensemble de filtration



Figure 17 : Etuve chauffée

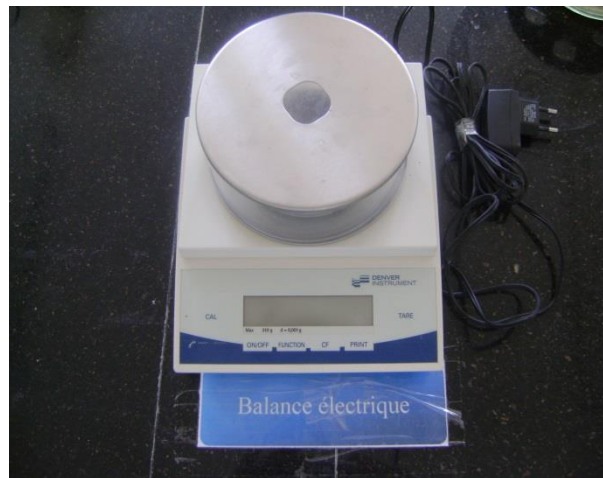


Figure 18 : Balance électrique (TP-303)

IV.3.5. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

*** Appareillages:**

- Matériel courant de laboratoire.
- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 150 ml.
- Enceinte réglable à 20° C.
- Matériel nécessaire pour le passage de l'oxygène dissous.

*** Mode opératoire:**

L'échantillon est placé sous agitation dans un flacon incubateur hermétiquement relié à manomètre à mercure lors de la biodégradation des matières organiques. Les micro organismes consomment l'oxygène de l'air contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon.

Cette dépression est transmise au manomètre à mesure et la consommation en oxygène est lue sur l'échelle monométrique.



Figure 19 : DBO mètre

IV.3.6. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO:*** Appareillages:**

- Spectrophotomètre
- Réacteur (CR 2200)
- Adaptation de tube **DCO** sur Spectrophotomètre jaugée 2,00 ml Poire à pipete

*** Réactifs:**

Produit chimie de la **DCO** sur une bouteille (tube de réactif **DCO**)

*** Mode opération:**

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif **DCO**.

- Placer le tube bouché dans le réacteur **DCO** et chauffer deux heures à 150 °C.
- Lire la **DCO** directement avec un colorimètre ou Spectrophotomètre.



Figure 20 : Réacteur (CR 2200)



Figure 21 : Spectrophotomètre

Tableau 9 : Résultats d'analyses physico-chimiques.

Paramètres	Unité	Eaux usées	Normes
PH	-	7,15	7,5 à 8,5
Conductivité	(μ s/cm)	5.42	/
O₂ Dissous	(mg/l)	0,3	/
Température	°C	22,2	/
Turbidité	(NTU)	157	/
Matière en suspension Résidu sec à 105 °C MES	(mg/l)	68	120
DCO	mg O ₂ / l	273,75	120
DBO₅	mg O ₂ / l	219	40

IV.4. Interprétation des résultats :

Après les analyses physico-chimiques enregistrées les valeurs suivant :

- pH :

La mesure qui a été réalisée montre que l'échantillon a une valeur de pH caractéristique des eaux usées urbaines et sont propices à une bonne épuration biologique (pH naturel).

- T °C :

La température de l'eau usée analysée oscille entre 20 °C et 30 °C ce qui lié à la période et l'heure du prélèvement, néanmoins les valeurs de la température sont raisonnables, enregistre valeur de T °C favori pour les bactéries.

- Turbidité :

Pour l'eau brute domestique la valeur de la turbidité est moyenne, car la diminution de la matière en suspension et colloïdale (transparent de l'eau).

- La conductivité:

La valeur de la conductivité est moyenne.

- Oxygène dissous:

La concentration à saturation de l'O₂ augmente dans une eau usée, ce qui conduit à l'augmentation de la réserve d'O₂ mise à la disposition des processus d'autoépuration.

- MES :

68 mg/l la concentration des matières en suspension est faible.

- DBO₅ :

219 mg/l c'est un paramètre d'indication de la pollution biodégradable dans l'eau.

- DCO :

273,75 mg/l C'est un paramètre d'indication de pollution chimique.

IV.5. Conclusion :

L'évaluation de la quantité de la pollution arrivant en tête de station d'épuration dépend du prélèvement de l'échantillon. Il doit être homogène et représentatif du rejet des eaux usées. Les eaux brutes que nous avons testées ont des valeurs dépassent les normes de rejet.

Le préleveur utiliser obligatoirement les flacons appropriés aux analyses. Il vérifiera leur conformité et leur propreté avant de partir sur terrain .

Les échantillons seront transportés au laboratoire, Ils seront livrés dans un délai maximum de 24 heures. Au laboratoire, l'analyste identifie les échantillons et applique rigoureusement le protocole de chaque paramètre à mesurer et dresse ensuite les résultats sur une fiche récapitulative.

Chapitre V :

**Dimensionnement du lagunage naturel de
la zone d'étude**

V.1. Introduction :

Le traitement envisagé est basé sur le principe de l'épuration biologique par lagunage naturel. Le lagunage consiste à faire séjourner l'eau usée dans un ou plusieurs bassins durant un temps permettant le développement d'une flore bactérienne aérobie ou anaérobie, selon la conception de l'ouvrage afin de parvenir à une eau épurée, dont les caractéristiques correspondent aux normes de rejet.

Dans le présent chapitre, nous donnerons la note de calcul pour le dimensionnement de lagunage de la ville étudiée, en se basant sur l'estimation des débits à évacués et l'évolution de cette agglomération et son besoin futur.

V.2. Évolution des débits des eaux usées :

Le débit des eaux usées évacué par le réseau d'assainissement représente 80 % des consommations en eau potable.

En outre, prévoir l'évolution en situation prochaine et future en fonction des prévisions de l'urbanisation.

V.2.1. Estimation de la population :

L'accroissement de la population future et le développement de l'industrie et d'autres facteurs de l'activité dans la région concernée, influent considérablement sur les paramètres de la station d'épuration.

Les données de base utilisées pour le calcul de l'évolution théorique de la population sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Données de base pour l'estimation de nombre d'habitants futur (ONS, 2008).

Paramètre	Valeurs
Population au dernier recensement (2008)	3260 Hab
Taux d'accroissement	2,8
Horizons de l'étude à moyen terme	2014
horizons de l'étude à moyen Long terme	2039

L'accroissement de la population de notre ville aux horizons définis ci-dessous est déterminé à partir de la formule suivante :

$$P_N = P_0 (1 + T)^n$$

Avec :

P_N: Population future.

P₀ : Population résident à l'année considérée comme référence.

n : Nombre d'année séparant l'année de référence et l'année prise en compte.

T : Taux d'accroissement %.

Application numérique :

Calcul de la population pour l'année 2014 :

$$P_{2014} = 3260 (1+2,8/100)^6.$$

$$P_{2014} = 3848 \text{ habitants.}$$

$$P_{2039} = 3848 (1+2,8/100)^{25} = 7675 \text{ habitants.}$$

L'évolution théorique de la population à l'horizon envisagé est représentée dans la suivante :

Tableau 11 : Évolution de nombre d'habitants de Méghibra.

Horizons	2008	2014	2039
Population (Hab)	3260	3848	7675

Les données de base nécessaires pour les calculs de dimensionnement du système d'épuration par lagunage naturel sont résumées dans le tableau suivant :

V.2.2 Estimation des débits des eaux usées :

Le débit de calcul c'est un débit maximum des eaux usées, le rejet duquel doit être assuré par les ouvrages d'assainissement pour la période de calcul. Pour le calcul des ouvrages on définit les débits moyens et maxima journaliers, horaires et ceux par une seconde.

Les débits de calcul des eaux usées ménagères, en tenant compte une partie des eaux pluviales (on prend un taux de dilution de 2 fois), suivant les formules suivantes :

▪ **Débit moyen journalier des eaux usées :**

$$Q_{moy,j} = \frac{d \cdot N_p}{1000} \cdot K$$

Où d : la dotation en eau moyenne par un habitant l/j, d = 200 l/j/hab.

N_p : la population future.

K : le coefficient des eaux usées : k = 0,8 (80%).

▪ **Débit de point par temps sec :**

$$Q_p = K_p \times Q_{moy} \text{ Où}$$

Q_{moy} : débit moyen des eaux usées.

K_p : coefficient de pointe, avec :

$$K_p = 1,5 + (2,5 / \sqrt{Q_{moy} (l/s)}).$$

Tableau 12 : Tableau récapitulatif des différents débits des eaux usées.

Données	Horizon		
	Année 2008	Année 2014	Année 2039
Type de réseau	Unitaire		
Débit moyen journalier m ³ /j	544.86	641.27	1255.92
Débit moyen horaire m ³ /h	22,7	26,71	52,33
Coefficient de pointe	2,49	2,41	2,16
Débit de point par temps sec m ³ /h	56,52	64,37	113,03
Nombre d'équivalent habitant	3405	4008	7850

V.3. Dimensionnement de la station de lagunage :

La filière de traitement projetée des eaux usées de l'agglomération de Méghibra comprend les étapes suivantes :

- a). Le prétraitement :
 - Un dégrilleur.
 - Un dessableur-déshuileur.
- b). Le traitement biologique :
 - Un bassin anaérobie.
 - Un bassin facultatif.
 - Un bassin de maturation.

V.3.1 Calcul des charges polluantes :

Les résultats obtenus au laboratoire montre que les eaux usées de la ville de Méghibra sont caractérisé par :

$$\text{DBO}_5 = 219 \text{ mg/l.}$$

$$\text{DCO} = 273,75 \text{ mg/l.}$$

$$\text{MES} = 68 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Rapport } K = \text{DCO}/\text{DBO}_5 = 1,25.$$

$K < 1,5$ alors l'effluent est biodégradable.

Les charges polluantes sont calculées pour l'horizon 2039, en utilisant les formules suivantes :

a. Charge journalière DBO_5 :

$$\text{Charge } \text{DBO}_5 = \text{DBO}_5 \times Q_j = (219 \times 1255,92)/1000 = 275 \text{ kg/j}$$

b. Charge journalière DCO:

$$\text{Charge DCO} = \text{DCO} \times Q_j = 273,75 \times 1255,92/1000 = 343,8 \text{ kg/j}$$

c. Charge journalière MES:

$$\text{Charge MES} = \text{MES} \times Q_j = 68 \times 1255,92/1000 = 85,4 \text{ kg/j}$$

Les résultats concernant la charge polluante sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Tableau des charges polluantes prises pour les calculs de dimensionnement.

Charges polluantes			
	2008	2014	2039
Concentration en DBO_5 mg/l		219	219
Concentration en DCO mg/l		273,75	273,75
Concentration en MES mg/l		68	68
Charge journalière en DBO_5 kg/j			250,04
Charge journalière en DCO kg/j			343,8
Charge journalière en MES kg/j			85,4

V.3. 2 Dimensionnement du prétraitement :

Les eaux usées urbaines subissent, à leur passage dans le système d'épuration par lagunage naturel, une série d'opérations mécanique et physique dont l'objectif est d'éliminer au maximum les éléments de taille ou de nature qui pourraient constituer une gêne pour les étapes ultérieures de traitement. Il s'agit des opérations de dégrillage et de dessablage.

Le débit à considérer pour le dimensionnement des bassins de lagunage est en général le débit journalier moyen (Q_m exprimé en m^3/j). Quant au débit de pointe horaire (Q_p exprimé en m^3/h), il est réservé au dimensionnement des équipements hydrauliques (NEE, 2011).

Le débit de pointe des eaux usées arrivant aux bassins de lagunage est de $113,03 m^3/h \approx 113 m^3/h$.

V.3.2.1. Le dégrillage :

L'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale.

La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre $0,6$ et $1 m/s$.

Cette étape permettra d'éliminer les déchets volumineux dans le but de protéger les ouvrages de traitement en aval. Il existe deux catégories de dégrillage :

- **Dégrillage grossier** : qui épure l'eau avec des grilles espacées de quelques millimètres pour retirer les déchets dont le volume est supérieur à 2 ou $3 cm$.

- **Dégrillage fin** : constitué de grilles encore moins espacées, va éliminer les déchets d'un volume supérieur à $1 cm$.

L'ouvrage de dégrillage fin est un canal en béton armé équipé d'une grille à nettoyage manuel et l'utilisation d'un râteau est indispensable.

Dans notre cas, on propose d'utiliser un dégrillage fin :

La grille est dimensionnée avec une vitesse de passage de l'eau brute (v) au débit de pointe en temps sec (Q_{ts}).

Soit :

α : Angle des grilles par rapport à l'horizontale : 60°

Espacement entre les barreaux ($E = 20 mm$)

Epaisseur des barreaux ($e = 10 mm$)

■ La surface :

La détermination de la section de la grille est donnée par la formule suivante :

La surface immergée de la grille est estimée par :

$$S = Q_{pts} / (V \times C_1 \times C_2) \dots \dots \dots (\text{ref: B.N.E.E})$$

Avec :

Q_{pts} : Débit de pointe en temps sec en m^3/s

v : vitesse de passage de l'eau brute à travers les grilles doit être de $0,6$ à $1 m/s$ (on prend $v = 0,6 m/s$).

C_1 : Coefficient de la section libre :

$$C_1 = \text{Epaisseur entre les barreaux} / \text{Largeur total de la grille} : C_1 = e / (E + e)$$

$$C_1 = 10 / (20 + 10) = 0,33$$

C_2 : Coefficient de colmatage doit être de 0,4 à 1 (pour le nettoyage manuel) (on prend $C_2 = 0,4$)

D'où :

$$S = (113 / 3600) / (0,6 \times 0,33 \times 0,4) = 0,39 \text{ m}^2$$

▪ **Calcul la longueur (L) et la largeur (l) de la grille :**

Soit : $S = L \times l$, On choisit une hauteur d'eau $h = 0,4 \text{ m}$, et $\alpha = 60^\circ$

$\sin(\alpha) = h/L$ alors : $L = h / \sin(\alpha) = 0,4 / \sin(60) = 0,46 \text{ m}$

Donc : $l = S/L = 0,26 / 0,46 = 0,85 \text{ m}$

$L = 0,46 \text{ m}$

$l = 0,85 \text{ m}$

$h = 0,4 \text{ m}$

▪ **La perte de charge :**

Les pertes de charge à travers la grille se calculent par la formule suivante :

$$\Delta H = \beta (e / E)^{4/3} (V^2 / 2g) \sin \alpha \quad (\text{formule de Kirschmer})$$

Avec :

g : accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

e : épaisseur des barreaux : $0,01 \text{ m}$

E : espacement barreaux : $0,02 \text{ m}$

V : la vitesse de passage (m/s) de l'eau entre 2 barreaux : $0,6 \text{ m/s}$

α : Angle des grilles par rapport à l'horizontale : 60°

β : Facteur de forme : 2,42 pour une section rectangulaire des barreaux

$$\Delta H = 2,42 \times (0,01 / 0,02)^{4/3} \times ((0,6)^2 / 2 \times 9,81) \times \sin(60) = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,01 \text{ m}$$

▪ **Le refus annuel de dégrillage fin par (EH/an):**

Le volume annuel refus est estimé par :

$V_R (l/EH.an) = 12/d$ à $15/d$ (**NEE, 2011**) (d : espacement entre les barreaux en cm).

$$V_R = 12/d = 12/2 = 6 \text{ l/EH/an}$$

Pour 7850 EH : $V_R = 7850 \times (6/1000) = 47,1 \text{ m}^3/\text{an}$

$$V_R' = 15/d = 15/2 = 7,5 \text{ l/EH.an}$$

$$\text{Pour 7850 EH : } V_R' = 7850 \times (7,5/1000) = 58,87 \text{ m}^3/\text{an}$$

Donc le volume varie de 47,1 à 58,87 m³/an, avec un volume moyen des refus de 52,98 m³/an.

V.3.2.2. Le dessableur-déshuileur :

Nous préconisons un dessableur-déshuileur de type rigole. Cet ouvrage est de forme rectangulaire. Il permet de retenir les grains de diamètre supérieur à 0,2 mm.

Ce pré-traitement nous permet d'éliminer les particules de petites tailles contenues dans les eaux usées (entre 0,20 et 20 mm).

Ce qui réduira la teneur de la partie minérale des MES et évitera l'ensablement de la première lagune (lagune Anaérobie dans notre cas). Le dessableur-déshuileur à prévoir dans notre cas sera de type longitudinal.

Le dessableur à couloir est un canal, à section rectangulaire, muni d'une goulotte de recueil des sables dans laquelle on ralentit la vitesse de l'eau à moins de 0,3 m/s, de façon à éviter le réentraînement par le courant des particules déposées. Les sables déposés sont périodiquement évacués.

Cette opération nous conduit à prévoir deux dessableurs à couloirs parallèles fonctionnant alternativement. C'est à dire l'un en fonctionnement et l'autre en nettoyage.

Le by-pass des dessableurs-déshuileurs sera assuré par des vannes murales.

Le sable sera extrait manuellement du canal longitudinal à l'aide d'une pelle manuelle.

Soit :

-- une vitesse ascensionnelle de 15 m/h = $4,16 \cdot 10^{-3}$ m/s

-- un temps de séjour de 10 min

▪ Volume du canal :

$$V = Q_p \times T_s$$

D'où : Q_p = Débit de pointe par temps sec des eaux brute m³/h

T_s = temps de séjour (10 min)

$$V = 113 \times (10/60) = 18,83 \text{ m}^3$$

$$V = 18,83 \text{ m}^3$$

▪ Surface du canal :

$$S = Q_p / V_{asc}$$

D'où : Q_p = Débit de pointe des eaux brutes m³/h

V = vitesse ascensionnelle m/h

$$S = 113 / 15 = 7,53 \text{ m}^2$$

$$S = 7,53 \text{ m}^2$$

▪ La hauteur :

$$H = V_{asc} \times T_s$$

D'où : V_{asc} = vitesse ascensionnelle m/h

T_s = temps de séjour de 10 min

$$H = (15/60) \times 10 = 2,5 \text{ m}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

Alors: on détermine la largeur (l) et la longueur (L) :

$$L = 2 \times l \quad \text{alors} \quad l = \sqrt{s/2} = 1,94 \text{ m}$$

$$L = 2l = 3,88 \text{ m}$$

Nous adopterons deux dessableur-déshuileurs de dimensions unitaires suivantes :

Largeur = 2 m

Longueur = 4 m

Hauteur = 2,5 m

V.3.3. Ouvrage de répartition et by-pass :

Il est prévu des ouvrages en béton armé pour l'équi-répartition du débit vers les différents ouvrages de traitement biologique, ainsi que des by-pass pour la nécessité d'exploitation (curage).

V.3.4. Traitement biologique :

Dans le procédé de traitement de type lagunage naturel, la destruction de la pollution à traiter s'opère grâce à une succession et une association de processus physique et biologiques extrêmement large.

Le traitement est réalisé dans un ensemble de bassins creusés dans le sol ; une lagune primaire d'une profondeur de 4 m, une lagune secondaire d'une profondeur de 1,5 m, une lagune tertiaire d'une profondeur égale à 1,2 m.

Ci-après on présente les calculs pour le dimensionnement des paramètres principaux des lagunes pour l'épuration des eaux usées avec l'aération naturelle.

Les calculs de capacité des lagunes sont faits sur la base des données de départ suivantes :

- Débit moyen journalier de calcul des eaux usées à l'horizon de l'an 2039 : $Q_{2039} = 1255,92 \text{ m}^3/\text{j}$.
- DBO_5 à l'entrée de la station = 219 mg/l.

Le degré de dégradation des matières organiques polluantes dans les bassins de lagunage à aération naturelle est : dans le bassin anaérobie 40-60%, de bassin facultatif 30-50% et de bassin maturation 10-20% (NEE, 2011).

Il est constaté qu'après l'écoulement des eaux usées à travers les grilles mécaniques la teneur en DBO_5 diminue de 10% ($\text{DBO}_5 = 219 \text{ mg/l}$) :

Alors DBO_5 à l'entrée du premier bassin anaérobie est $L_0 = 219 \times 0,9 = 197,1 \text{ mg/l}$.

V.3.4.1. Dimensionnement du bassin anaérobie :

Les bassins anaérobies permettent de réduire 40 à 60% de la charge en DBO initiale avec un temps de séjour relativement court. La profondeur de ces bassins peut aller de 2 à 5 m.

Ces types de bassins sont placés en tête de traitement afin de réduire la surface totale requise pour l'épuration.

▪ **Calcul du temps de séjour du bassin anaérobie :**

Le temps de séjour des eaux usées dans le bassin de lagunage anaérobie $T_{s,an}$, jours est calculé par la formule suivante : L_0

$$T_{s,an} = \frac{1}{\beta \times K} \times \log \left(\frac{L_0}{L_{s,an}} \right) \quad \text{Jours}$$

Où $T_{s,an}$: temps de séjour des eaux usées dans le bassin anaérobie, jours ;

β : Coefficient d'utilisation de la capacité des bassins de lagunage, $\beta = 0,9$;

K: constante de la vitesse de dégradation des polluants organiques.

Pour les bassins de lagunage à aération naturelle à la température des eaux usées $T = 22,2^\circ \text{C}$ on adopte $K_1 = 1,2 \times 1,085^{(T-35)}$; alors $K = 0,034 \text{ j}^{-1}$

$L_0 = \text{DBO}_{\text{totale}}$ des eaux usées brutes, $\text{DBO}_{\text{totale}} = 197,1 \text{ mg/l}$

$L_{s,an} = \text{DBO}_{\text{totale}}$ résiduelle des eaux usées épurées à la sortie du bassin anaérobie, on l'adopte égale à 60 % ($197,1 \times 0,6 = 118,26 \text{ mg/l}$).

$$T_{s,an} = \frac{1}{0,9 \times 0,034} \times \log \left(\frac{197,1}{118,26} \right) = 7,24 \text{ jours}$$

▪ **Le volume du bassin anaérobie :**

$$V = Q_{2039} \times T_{s,an} = 1255,92 \times 7,24 = 9105,36 \text{ m}^3$$

$$V = 9105,36 \text{ m}^3$$

▪ **La surface du bassin anaérobie :**

Nous fixons la profondeur à 4 m, donc :

$$S_f = V_f / P_f = 9105,36 / 4 = 2276,34 \text{ m}^2$$

On prend la profondeur $H = 4 \text{ m}$, alors :

Avec, un ratio longueur/largeur = 2, notre bassin aura les dimensions suivantes :

Largeur = 33,73 m $\approx$ 34 m

Longueur = 67,47 m $\approx$ 68 m

Profondeur = 4 m

V.3.4.2. Dimensionnement du bassin facultatif :

Dans ce type de bassin, les surfaces sont importantes et la profondeur varie de 1 à 2 m. Ces bassins jouent un rôle important pour la réduction des bactéries ainsi que la charge polluante. Ils permettent de réduire 30 à 50 % de la charge en DBO.

Le degré de dégradation des matières polluantes dans le bassin facultatif est adopté égal à 50% de $\text{DBO}_{\text{totale}}$ des eaux usées sortant du bassin anaérobie :

$$L_{s,f} = L_{s,an} \times 0,5 = 118,26 \times 0,5 = 59,13 \text{ mg/l}$$

Avec $L_{s,f}$: DBO_5 à la sortie du bassin facultatif.

$L_{s,an}$: DBO_5 à la sortie du bassin anaérobie.

▪ **Calcul du temps de séjour du bassin facultatif :**

$$T_{s,f} = \frac{1}{\beta \times K} \times \log \left(\frac{L_{s,an}}{L_{s,f}} \right) \quad \text{Jours}$$

$$T_{s,f} = \frac{1}{0,9 \times 0,034} \times \log \left(\frac{118,26}{59,13} \right) = 9,83 \text{ jours}$$

- **Le volume du bassin facultatif :**

$$V_f = Q_{2039} \times T_{s,f}$$

$$V_f = 1255,92 \times 9,83 = 12345,69 \text{ m}^3$$

- **La surface du bassin facultatif :**

Nous fixons la profondeur à 1,5 m, donc:

$$S_f = V_f / P_f = 12345,69 / 1,5 = 8230,46 \text{ m}^2$$

Pour le calcul des dimensions, le ratio optimal pour un bon fonctionnement des lagunes facultatives longueur/largeur = 3. Donc, notre bassin aura les dimensions suivantes :

$$\text{Largeur} = 52,37 \text{ m} \approx 53 \text{ m}$$

$$\text{Longueur} = 157,13 \text{ m} \approx 158 \text{ m}$$

$$\text{Profondeur} = 1,5 \text{ m}$$

V.3.4.3. Dimensionnement du bassin de maturation :

Les bassins de maturation reçoivent les effluents des bassins facultatifs. Ce sont des bassins entièrement aérobies, avec une faible profondeur (ne dépasse pas 1,5 m). Ces bassins assurent une bonne élimination des éléments pathogènes et ainsi les eaux épurées seront favorables à une éventuelle utilisation en agriculture. L'abattement de la DBO est beaucoup plus lent que dans les autres bassins.

Le degré de dégradation des matières polluantes dans le bassin de maturation est adopté égal à 20% de DBO_{totale} des eaux sortant du bassin facultatif:

$$L_{s,m} = L_{s,f} \times 0,2 = 59,13 \times 0,2 = 11,82 \text{ mg/l}$$

- **Calcul du temps de séjour du bassin de maturation :**

$$T_{s,m} = \frac{1}{\beta \times K} \times \log \left(\frac{L_{s,f}}{L_{s,m}} \right) \text{ Jours}$$

$$T_{s,m} = \frac{1}{0,9 \times 0,034} \times \log \left(\frac{59,13}{11,82} \right) = 22,84 \text{ jours}$$

- **Le volume du bassin de maturation:**

$$V_m = Q_{2039} \times T_{s,m}$$

$$V_m = 1255,92 \times 22,84 = 28685,21 \text{ m}^3$$

- **La surface du bassin de maturation :**

Nous fixons la profondeur à 1,2 m, donc:

$$S_m = V_m / P_m$$

$$S_m = 28685,21 / 1,2 = 23904,34 \text{ m}^2$$

Avec un ratio longueur/largeur de 2, les dimensions sont:

$$\text{Largeur} = 109,32 \text{ m} \approx 110 \text{ m}$$

$$\text{Longueur} = 218,65 \text{ m} \approx 220 \text{ m}$$

$$\text{Profondeur} = 1,2 \text{ m}$$

On récapitule les caractéristiques des bassins dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Les caractéristiques des bassins de lagunage.

Bassin	Surface (m ²)	Profondeur(m)	Largeur (m)	Longueur(m)	Volume (m ³)
anaérobie	2276,34	4	34	68	9105,36
facultatif	8230,46	1,5	53	158	28685,21
maturation	23904,34	1,2	110	220	12345,69

Les résultats de calcul indiquent que les superficies de service des 3 bassins de lagunage ont fait presque 3,44 ha.

V.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement du futur système d'épuration des eaux usées de l'agglomération de Méghibra pour l'horizon 2039.

Nous avons opté pour un lagunage naturel constitué de trois bassins. Le choix s'est porté sur ce procédé compte tenu du faible coût d'investissement et de sa bonne intégration au site. La filière d'épuration proposée est la suivante :

- Un prétraitement comportant :
 - Un dégrilleur
 - Un déssableur-déshuileur
- Un traitement biologique en deux chènes comportant :
 - Une lagune anaérobie
 - Une lagune facultative
 - Une lagune de maturation

Chapitre VI :

Réalisation et exploitation de lagunage

VI.1. Introduction :

Après le calcul de différentes dimensions de la station nous passons à une étape très importante c'est la conception, la réalisation et l'exploitation de la station d'épuration .

Nous étudions dans ce chapitre l'implantation de la station et le choix du site de projet en tenant compte le plan d'aménagement de la ville. Ainsi que les techniques et les critères influençant la conception et concernant la conception de la réalisation station d'épuration de lagunage naturel.

En fin nous avons donné un aperçu sur l'exploitation et les obstacles rencontrés lors de la réalisation et l'exploitation de ce projet.

VI.2. Le choix du site de lagunage naturel :

Le choix du lieu de la station d'épuration est l'une des phases importantes et difficiles dans la conception. Comme il affecte de manière significative et directement sur la sécurité de l'environnement et sur le plan économique (le coût de la construction et de l'investissement) et peut également affecter la technologie de style utilisée pour l'épuration conséquent lorsque l'emplacement général de l'étude devraient être disponibles, on doit tenir compte les conditions suivantes :

a. le plan d'aménagement de Méghibra:

Le plan d'urbanisme montre la superficie totale de la réglementation et de la qualité des logements et la localisation des industries et des secteurs de services et les types de terrains, les aspects suivants devraient être pris en considération :

- Étudier le développement de site et déterminer les conditions environnementales et la possibilité de son développement.
- Étude du plan future qui détermine le sens de l'extension de l'agglomération étudiée à l'avenir.
- L'étude des conditions climatiques (hydrologie, l'hydrogéologie, le climat).
- Les lignes de communication actuels et futurs, en particulier le lieu de la station projetée.
- L'existence des réseaux électrique, lignes téléphoniques, gaz, pétrole (existant ou programmés).

b. le réseau d'assainissement :

Il faut étudier les indicateurs du réseau suivants :

- Système d'égout (séparatif ou unitaire)
- La forme générale de réseaux d'assainissement (tendance des collecteurs, le sens global de drainage des bassins versants).
- Les caractéristiques physiques et hydrauliques du système d'assainissement existant.
- La qualité de l'eau évacuée vers le rejet.

c. Le débit entrant à la station d'épuration :

Le débit entrant à la station d'épuration dépend principalement de la population et l'industrie raccordée au réseau d'assainissement.

d. procédés et technologie d'épuration :

Le procédé d'épuration choisi et le type d'installations et la méthode d'investissement affecte de manière significative l'environnement autour de la station, surtout quand ils sont traités par des méthodes traditionnels.

e. La région :

La zone choisie pour l'implantation de la station d'épuration doit caractériser par :

- Un espace suffisant pour mettre les installations.
- , les conditions géologiques acceptables, la nature du sol n'est pas approprié pour la plantation (si possible).
- les pentes suffisantes pour assurer un écoulement par gravité, (le niveau de la région sélectionnée au-dessus du niveau de l'avenir de l'eau,
- Assurer le transport et les autres services (électricité, assurer la protection nécessaire pour les espaces des zones peuplées.
- Conditions climatiques convenables (soleil, des courants d'air), l'activité sismique de la région doit être pris en considération, et éviter des obstacles naturels lors de choix l'emplacement de la station.

f. L'impact environnemental :

L'épuration des eaux usées peuvent conduire à la contamination du sol et des eaux souterraines, de l'air et peut être fait par des fuites qui peuvent se produire en raison de l'absence de murs de protection contre les intempéries et les installations de revêtement de sol (mauvaise mise en œuvre) et la prolifération des bactéries dans la station en raison de la propagation de la pulvérisation par le vent, qui à son tour va atteindre dans le sol en raison de l'analyse de l'eau de pluie donc vous devez prendre soin de la mise en œuvre des installations de traitement de manière significative et généralement pris zones de protection.

Pour obtenir l'emplacement idéal est souvent difficile, par conséquent, la coutume de choisir plusieurs sites possibles et ensuite choisir les meilleures solutions après l'évaluation des considérations techniques et économiques .

Compte tenu de tous les facteurs ci-dessus, il a été proposé la station place comme centre prévu à côté de la vallée (la vallée d'itle).

VI.3. Propriétés du site recevant de l'eau traitée :

Les eaux usées après le processus de traitement seront rejetés dans la vallée d'itle et qui est caractérisé par les caractéristiques suivantes :

- La vallée d'itle complètement libre de plantes qui peuvent causer un danger pour la santé humaine et animale .

Donc, la vallée d'itle est un endroit le mieux adapté pour recevoir des eaux usées après le processus de traitement sachant que la vallée d'itle se termine dans Chatt est l'exploitation de ce sel ne devrait pas être mis en place qu'après le processus de traitement des eaux usées.

VI.3.1. Les propriétés du site :**a. Lieu et espace attribuées :**

Le site de la station lorsque le rejet des réseaux d'assainissement de Méghibra près d'oued itle.

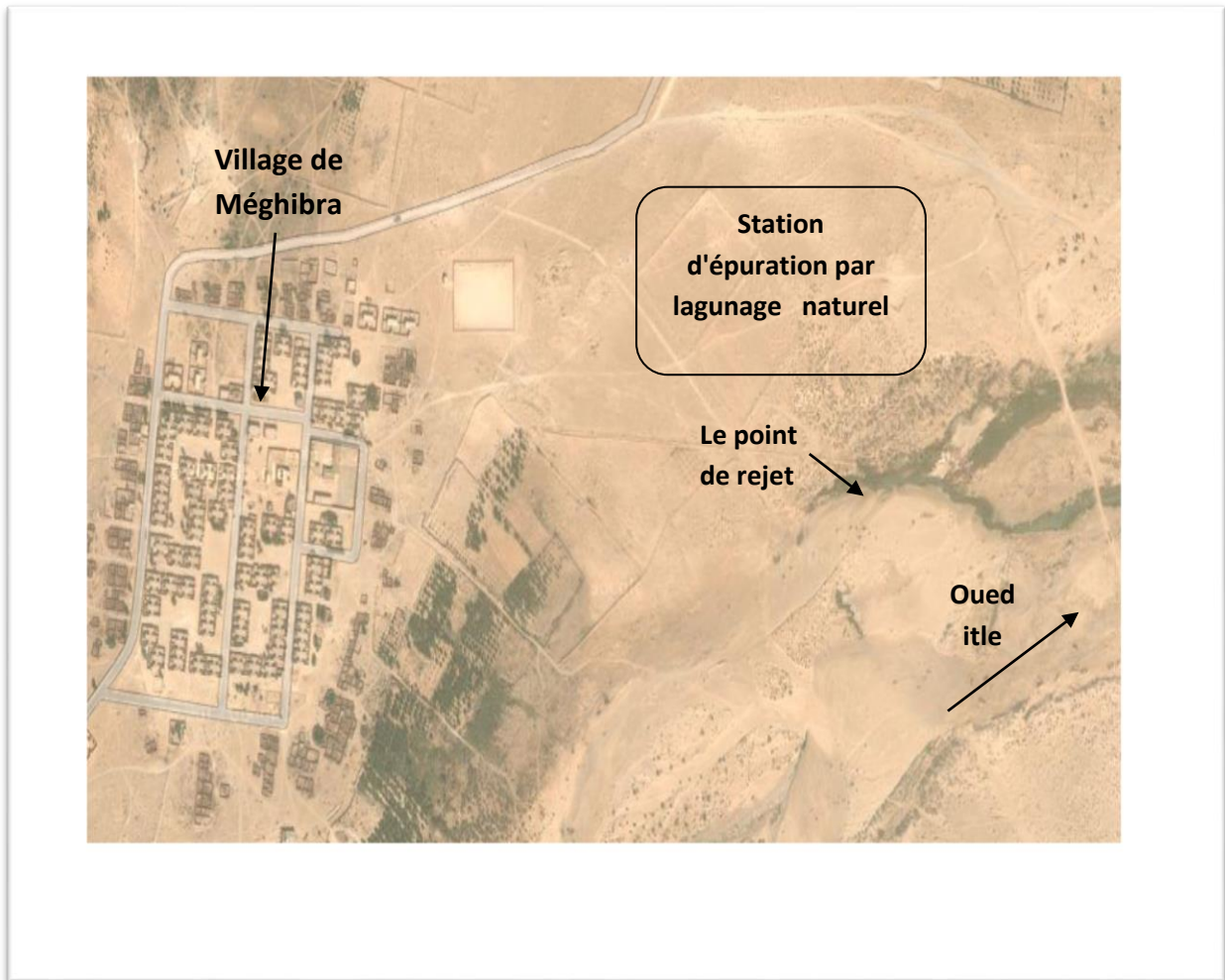


Figure 21 : proposition du site de la station d'épuration

Nous avons estimé l'espace qui leur est alloué par 4 hectares qui sont assez pour créer tous les équipements et installations de la station mentionnées dans cette étude.

b. La topographie du site :

Le Site est une surface plane et différentes altitudes variant entre 93 mètres et 100 mètres.

c. L'hydrogéologique de site :

Le sol du site est constitué d'une couche d'argile de sable, la couche aqueuse commence à une profondeur dépasse 20 mètres et plus qui permettant la réalisation des bassins de la station d'épuration (la profondeur est comprise entre 1,5 et 3 mètres).

d. L'hydrologique de site :

L'emplacement de la station est loin de la zone vulnérable aux inondations.

VI.4. Recommandations lors de la conception, la réalisation et l'exploitation :**VI.4.1. Forme géométrique :**

La forme des bassins de lagunage ne doit pas favoriser un écoulement piston afin de limiter les surcharges organique en tête, une forme régulière que possible permet d'éviter l'accumulation préférentielle de sédiments au niveau des angles des bassins (forme ramassée Longueur/largeur ≤ 3). Une épaisseur trop importante de dépôt modifie le temps de séjour des effluents et perturbe donc le fonctionnement de lagune.

De plus, il faut éviter que se produisent des cheminements d'eau préférentiels et des courts-circuits. Les emplacements d'entrée et de sortie des effluents doivent être choisis en conséquence (éviter les forme trop allongées, ne pas situer la sortie trop près de l'entrée...).

VI.4.2. Conception des bassins de lagunage :

Avant de parler de la conception des bassins de lagunage, il est utile de rappeler quelques notions de base sur les pentes :

a. Définition certains termes propres aux pentes :

- * **Hauteur:** mesure verticale d'un objet.
- * **Niveau:** hauteur d'un point par rapport à un plan horizontale de référence (niv $\pm$ 0,00)
- * **Altitude:** hauteur d'un point par rapport au niveau de la mer.
- * **Dénivellation:** différence de niveau ou d'altitude.
- * **Déclivité:** valeur d'une pente ou d'une rampe.
- * **Pente:** déclivité entre deux points (par exemple entre le haut et le bas d'un terrain).
- * **Rampe:** déclivité d'une droite (par exemple entre le haut et le bas d'un terrain).
- * **Inclinaison:** valeur de penchant d'une droite par rapport à une autre.

b. Pentes et rampes en "pour cent" et "pour mille" :

La déclivité d'une pente ou d'une rampe peut être définie par le nombre d'unité de hauteur par rapport à cent ou mille unités de longueur.

$$D (\%) = \frac{H \times 100}{L}$$

c. Pentes et rampes en rapport :

Pour certaines parties de construction on peut indiquer la valeur de la déclivité en donnant la hauteur par rapport à la longueur. C'est le cas notamment des pentes qui dépassent le 100%. La déclivité est généralement indiquée par rapport à 1, soit 1/1, 2/1, 3/1, etc.....

$$D (H/L) = \frac{H}{L}$$

Toutefois, comme les nombres ne peuvent être que des entiers (nombres sans virgule), on trouve également d'autres valeurs comme 3/2 (et non 1,5/1).

VI.5. Dignes :

Étant donné que les lagunes sont des bassins en terre, leur conception est conditionnée par :

- * La topographie du site de l'implantation,
- * la côte d'arrivée et celle de la sortie,
- * le fond des bassins,
- * la position et la profondeur de la nappe phréatique,
- * la position de la couche la plus perméable qu'il ne faut pas atteindre,
- * de la position et de l'épaisseur minimale de la couche la plus imperméable.

Les digues sont caractérisées par leur faible hauteur et leur grand développé, leur conception et réalisation nécessitent les mêmes précautions que pour les petits barrages en terre. Elles peuvent être réalisées par différentes méthodes :

VI.5.1. Creusement et évacuation des remblais :

Elle est préconisée dans le cas des terrains difficilement compactable où les remblais sont alors difficilement réalisables avec ce matériau.

VI.5.2. Creusement et endiguement :

Cette méthode est la plus utilisée. Pour des raisons économiques, il est préférable d'équilibrer les déblais et les remblais.

VI.5.3. Création de digues :

Cette méthode est préconisée dans le cas où :

- La nappe phréatique est située à une faible profondeur.
- Le sol en place est suffisamment imperméable ou la couche imperméable est de faible épaisseur.
- Les déblais réutilisables existent à proximité.

VI.5.4. Stabilité des digues :

La stabilité des digues est assurée avec des pentes allant de 1/1 à 3/1 en fonction de :

- La nature du sol en place.
- La qualité des remblais utilisés.
- Le contact ou le non contact avec l'eau.
- la profondeur des bassins.

Dans le cas où un tapis d'argile est envisagé sur le talus, la pente requise est de l'ordre de 3/1 afin de permettre le travail des engins de comptage.

Lors des constructions des digues il est indispensable d'éviter les terrains vaseux ou trop humides pour le corps de la digue vu leur grande compressibilité.

Si une rivière coule à proximité des digues, il faut laisser une bande suffisante entre la rive et le pied de digue, pour permettre l'entretien de la rivière et pour ne pas risquer de mettre en cause la stabilité de la digue (glissement, érosion). La végétation doit si possible être maintenue pour la protection des berges.

VI.6. Étanchéité des bassins de lagune :

Plusieurs solutions permettent de réaliser une bonne étanchéité, au meilleur coût, en fonction des résultats obtenus lors de l'étude géotechnique :

- * Simple comptage avec scarification du fond de bassin,
- * compactage sur deux couches du sol en place,
- * apport de matériau argileux,
- * traitement de sol,
- * pose d'une géomembrane.

On cherchera à atteindre une perméabilité de fond de bassin inférieur à $K = 10^{-8}$ m/s.

VI.6.1. Etanchéité par compactage :

Le compactage des sols constitue souvent la solution la plus économique pour réaliser l'étanchéité des fond de bassins lorsque les matériaux s'y prêtent et sont disponible à proximité.

La perméabilité d'un sol est très liée à son degré de compacité. Par exemple, une argile graveuse peut passer d'une perméabilité de 5×10^{-8} m/s à moins de 10^{-9} m/s par un bon compactage. Ce même matériau peut d'ailleurs atteindre une perméabilité de 10^{-6} m/s en place à cause des effets biologiques et climatologiques agissant à la surface du sol.

Il existe différent types d'étanchéité par compactage :

a. Simple compactage du fond :

Lorsque la perméabilité initiale du sol en place (mesurées in situ) est de l'ordre de 10^{-8} m/s voir 10^{-7} m/s et que le terrain est facile à compacter, un simple compactage peut être suffisant.

Un sol comprenant au moins 20% d'éléments de taille inférieure à 2 μm possède en général ces caractéristiques. Le sol en place est alors décapé, creusé jusqu' à la cote du projet, puis scarifié et compacté.

b. Compactage d'une couche et du fond :

Si l'étanchéité du terrain est moins bonne (perméabilité compris entre 10^{-6} et 10^{-7} m/s), on peut procéder de la manière suivante :

- Le terrain en place, une fois à la cote du projet, est décaissé sur une épaisseur de 20 à 30 cm, la terre provenant de cette opération est ensuite mise en tas (à l'exception des sables) ; puis le fond est scarifié et compacté.

c. Apport de matériaux argileux :

Ce procédé est très souvent employé lorsque le terrain est trop perméable, même après compactage. Le sol en place est tout d'abord scarifié est compacté.

Deux couches de matériaux argileux sont successivement posées et compactées. La pose des couches doit être uniforme sur l'ensemble du bassin et d'une épaisseur minimale de 20 cm chacune après compactage.

La mauvaise exécution de ces travaux est une cause très fréquente de fuites au fond des bassins.

VI.7. Pose d'une géomembrane :

Lorsqu' aucune des solutions précédentes n'est techniquement ou économiquement adaptée pour assurer l'étanchéité des bassins, il est toujours possible de recourir à la pose d'une géomembrane.

L'emploi d'une géomembrane devient problématique dans le cas d'une nappe dont le toit est situé au-dessus du fond de bassin ou lorsque des sous pression de gaz (fluctuation importance de nappe sous le fond ou décomposition de matière organiques avec dégagement de gaz) risque de soulever la membrane. Le lestage est toutefois possible dans certaines situations.

Dans tous les cas, un drainage de l'eau et des gaz doit être prévue sous la géomembrane dans les cas suivants :

- Lorsque le liquide stocké contient des matières organiques (drainage liquide et gaz).
- Lorsque le sol sous la géomembrane contient des matières organiques (drainage eau et gaz).
- Lorsque les talus sont argileux (risque d'instabilité d'où drainage liquide).
- Lorsqu'une nappe phréatique temporaire peut s'établir sous la géomembrane (drainage eau).
- Pour éviter le soulèvement de la géomembrane par action du vent (drainage gaz).

VI.8. Exploitation du lagunage :

L'exploitation des lagunes aérobies ou facultatives n'exige que peu d'expertise, puisque le préposé à cette tâche ne peut influencer les paramètres fondamentaux à l'exception de la hauteur d'eau.

Il devrait néanmoins, à intervalles réguliers, prendre des mesures de certaines variables telles que le débit d'arrivée, la hauteur d'eau, la charge organique, la turbidité, la température et la DBO de l'effluent, il doit prendre note des phénomènes anormaux ou singuliers qui

peuvent influencer sur le comportement de l'étangs : prolifération inusité des algues, gel, perte inexplicquée de niveau, etc.

Dans le cas des étangs aérés, il convient de vérifier le fonctionnement des dispositifs d'aération et la concentration en oxygène dissous de l'effluent. En revanche, il faut porter une attention particulière à l'entretien général de l'étang, des digues, de la clôture et du terrain compris dans l'enceinte (BAUDRY, 1984).

VI.9. Contraintes d'exploitation :

Parmi les contraintes d'exploitation, il faut signaler les suivantes :

- Passage de l'exploitant une à deux fois par semaine ;
- Élimination des mauvaises herbes ;
- Élimination des matières flottantes ;
- Limitation de la prolifération d'insectes par l'emploi judicieux d'insecticides ;
- Très faible technicité requise pour l'exploitant ;
- Très faible consommation énergétique (voire nulle) ;
- Curage contraignant et couteux des boues, tous les 1 à 5 ans, dans le bassin de tête, tous les 10 à 20 ans dans tous les bassins.

VI.10. Conclusion :

La réalisation d'un système de lagunage par la collecte et l'élaboration d'une base de donnée sur :

- La situation et caractéristique de la zone d'étude
- La situation socio-économique : évolution de la population, du secteur de l'urbanisme.
- La situation de l'alimentation en eau potable
- La situation de l'assainissement.

Un procédé performant est le fruit d'un dimensionnement convenable et d'un bon suivi durant toutes les phases de sa réalisation de l'étude jusqu'à la mise en service. L'exploitation d'un système par lagunage est très simple mais très utile pour garantir un maximum de rendement.

CONCLUTION GENERALE

L'objectif de notre travail a été d'estimer d'une part le débit des eaux usées à évacuer aux années futures, avec identification de la qualité physicochimiques de ces eaux et la charge polluante en termes de matière organique. D'autre part, d'étudier la possibilité de projeter un système d'épuration des eaux résiduaires.

Après avoir examiné l'état du lieu et recenser toutes les données sur la région, nous avons étudiée la variante du système d'épuration par lagunage avec des bassins d'épuration à aération naturelle. L'horizon de référence est l'an 2039, où le débit moyen journalier des eaux usées sera 1255,92 m³/j et DBO_{totale} = 219 mg/l d'O₂.

Le système par lagunage naturel est d'une grande simplicité et de ce fait plusieurs risques disparaissent tels que les risques mécaniques ou les risques dus aux réactifs chimiques, néanmoins, il est toujours utile de rappeler que des dangers existent toujours et seul le respect strict des consignes de sécurité pourra empêcher ces risques de se produire.

Parmi les avantages du lagunage, nous citerons :

- ✓ Très bonne élimination des germes pathogènes en été.
- ✓ Bonne élimination des nutriments : phosphore et azote.
- ✓ S'adapte bien aux fortes variations de charge.
- ✓ Bonne integration paysagère.
- ✓ Les boues de curages sont bien stabilisées et facilite l'épandage sur sol agricole.
- ✓ Une simplicité de fonctionnement puisqu'il consiste à faire circuler de l'eau à épurer lentement dans un ou plusieurs bassins, il s'accommode donc parfaitement d'un entretien simplifié (faible coût de fonctionnement).

Le degré d'épuration dans les bassins de lagunage de I, II et III étages est évalué conventionnellement par la valeur de DBO_{totale} résiduelle des eaux épurées. Les eaux usées qui ont subi une épuration biologique totale doivent avoir la valeur de DBO_{totale} de l'ordre de quelques milligrammes par litre.

L'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit être autorisée par les services sanitaires et épidémiologiques et les organes de contrôle vétérinaire sur la base des analyses des laboratoires agrochimiques et hydro-chimiques.

Un procédé performant est le fruit d'un dimensionnement convenable et d'un bon suivi durant toutes les phases de sa réalisation de l'étude jusqu'à la mise en service d'où il est nécessaire que le personnel chargé des études ou impliqué dans le suivi des projets de réalisation des systèmes de lagunage, maîtrise les étapes de calculs, les règles de la bonne réalisation. L'exploitation d'un système par lagunage est très simple mais très utile pour garantir un maximum de rendement, les recommandations que nous avons donné ne peuvent suffire il appartient donc à l'exploitant sur terrain, de faire des consignes qui peuvent être fructueuses.

Références bibliographiques

Afir D et Mezaoua, (1984), « Application et dimensionnement d'un procédé de coagulation-floculation pour le traitement des eaux résiduaires de la papeterie de Baba Ali », mémoire d'ingénieur, école nationale de polytechnique.

Allouche F, Lamri.D, .et Zahf, F, (1999). « Surveillance de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbès », mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en biologie, Université de sidi bel Abbès.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques., (1996). Étude de faisabilité du lagunage sur les hauts plateaux. 13p.

Asano T, (1998). Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475p.

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

Beaudry J.P., (1984). Traitement des eaux. Edition le Griffon d'Aigle Inc, 231p.

Bonnin J, (1977), « Hydraulique urbain », 5ème édition Eyrolle Paris, 228p.

Bontaux j, (1994), « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle », 2^{ème} édition Lavoisier technique et documentation, 225p.

Briere F.G., (1994). Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal

Chaib A., (2004). Bioépuration par lagunage naturel. Bulletin du Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER), N°5 Juin 2004, pp21.

Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Dernas, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret. (1996)., Dossier : la réutilisation des eaux usées après

Céline Pernin, (2003). Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*Quercus suber* L.) Ecole doctorale: Sciences de l'environnement, MARSEILLE (AIX-MARSEILLE III).

Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L.,(2005)., L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15p.

Cshapf, (1995). Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, 22p.

Degrémont Mémento, (1972), « technique de l'eau ». Paris : Dégriment.

Degrémont, (1978). Mémento technique de l'eau : 8^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p.

Degrémont, (1989). Mémento technique de l'eau : vol. 1, 9^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 592p.

Desjardins R, (1997). Le traitement des eaux. 2^{ème} édition. Ed. Ecole polytechnique.

Eckenfelder W.W, (1982). Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Ed. Lavoisier. Paris, 503p.

Edline F,(1979). L'épuration biologique des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, Paris, 306p.

Edline F, (1996). L'épuration physico-chimique des eaux.3^{ème} édition. Ed. CEBEDOC,

Encyclopedia,(1995) . Industrial chemistry, Water in Ull man's, Wiley-VCH Verlags, vol.8. épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118.

Faby J.A., Brissaud F, (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office

FAO. (2003)., L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p.

Galaf F et S. Ghanna M, (2003). « Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site Websur la pollution du milieu marin ». Mémoire d'ingénieur d'état. Université.

Hamsa D, (2006). « Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbains», mémoire de fin d'étude de Magistère en Ecologie et Environnement Université de Constantine.

Koller E., 2004. Traitement des pollutions industrielles : eau, air, déchets, sols, boues. Edition DUNOD, 424p

Keck G. et Vernus E, (2000)., « Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2450p.

Legube B, (1996) « le traitement des eaux superficielle pour la production d'eau potable », agence de l'eau loir -Bretagne

Martin G. (1979)., Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris, 279p.

Mayet J., (1994), « La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, le Moniteur » 2^{ème} Edition, p382, Paris.

NEE, (2011), Nationale Eau et Environnement.

ONM, (2013), Office National des Métrologie

ONS, (2008), Office National des Statistiques

Pearson H., (2005). Microbiology of waste stabilisation ponds. In: A. SHILTON (Ed.) : pp.14-48. Pond Treatment Technology. London : IWA Publishing.

Rejesk, F, (2002), « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine ;

Rejesk, F, (2005), « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine ;

Rodart et al, (1989). « Modélisation statistique d'une usine de traitement de l'eau potable ». Rencontres Internationales Eau et Technologies Avancées. Montpellier.

Rodier J et al. (1996) « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS.

Rodier J, (2009). « (L'analyse de l'eau » 9^{ème} édition, Dunond, Paris,

Sevrin-reyssac J., De la noûe J., Proulx D., 1995. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.

Vaillant J.R. (1974)., Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, 413p.

Valiron F., (1983). La réutilisation des eaux usées. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 207p.

Tarmoul F, Sodi M ;(2007). Mémoire, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel ». Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, pp: 27-32.

Xanthoulis D. (1993)., Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires.