

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ ⵙⵉⵎⵓⵔⵉ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

THEME :

**ETUDE DE LA POSSIBILITE DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES
EPUREES PAR LAGUNAGE : CAS DES EAUX EPUREES DE LA STATION
D'EL GOLEA**

Présenté par :

TABANI Djamel Abdennour

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mme.AMMOUR Fadhila	MAA	Président
Mme.SADOUNE Samra	MCB	Membre
Mme.LEULMI Sonia	MAA	Membre
Mr.KOLIAI Djaffar	Associé	Membre
Mr .Touil Youcef	MCB	Promoteur

DEDICACES

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL EN SIGNE DE
RECONNAISSANCE ET DE RESPECT :

- ☞ À MA MÈRE ET MON ONCLE, POUR TOUS LES SACRIFICES
QU'ILS ONT CONSENTIS À MON ÉGARD ;
- ☞ À MES SŒURS ;
- ☞ À TOUS MES AMIS ;
- ☞ À TOUS MES COLLÈGUES DE L'ENSH.

DJAMEL TABANI.....2020

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

Je voudrais exprimer ma gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu m'apporter mon encadreur :

Mr. TOUIL Youcef pour ces orientations, sa compréhension et bien sûr ses Critiques constructives ainsi qu'à l'ensemble des enseignants de l'E.N.S.H pour l'aide précieuse, qu'ils m'ont apporté durant l'élaboration de ce travail.

Je remercie les membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.

Mes derniers remerciements, mais non les moindres s'adressent à tous mes amis de la promotion 2020, pour avoir beaucoup de sollicitudes et de chaleur humaine dont nous avons tant besoin.

Djamel Abdennour TABANI.

ملخص

عملنا يتمثل في تحقيق محطة تطهير لمياه الصرف لمدينة المنيعية الواقعة في ولاية غارداية و هذا بهدف حماية الوسط البيئي والصحة العمومية من مخاطر رمي هذه المياه في الطبيعة مباشرة وثانياً لتوفير معالجة نهائية (ترشيح رملي بطيء) لإعادة استخدامها في الري. ستعالج هذه المحطة تصريفات المدينتين: المنيعية وحاسي الجارة المسماة مدينة المنيعية. منخفضة التكلفة ومن ناحية أخرى ، فإن مدينة المنيعية بحكم وضعها المناخي والمورفولوجي وبتوافر الأرض فيها تقدم مجموعة من الظروف المواتية لإنشاء محطة معالجة ببحيرة التباطؤ

Résumé :

Notre travail consiste à dimensionner une station d'épuration pour l'affection des eaux usées pour la ville d'El GOLEA située à GHARDAIA afin de protéger la santé publique et les risques environnementaux de jeter les eaux usées dans le milieu récepteur premier lieu, et en deuxième lieu assurer un traitement de finition (filtration lente sur sable) pour d'être réutilisées en irrigation.

Cette station va traiter les rejets des villes : El Meneaa et de Hassi el Gara appelée ville d'El Goléa., pour cela on a proposé une station d'épuration par lagunage naturel, car d'une part ce procédé assure des performances élevées à faible coût, et d'autre part, la ville d'El Goléa par sa situation climatologique, morphologique et par sa disponibilité de terrains présente un ensemble de conditions favorable pour la mise en œuvre d'une station d'épuration par lagunage.

Abstract:

Our work consists of dimensioning a treatment plant for the affection of wastewater for the town of El GOLEA located in GHARDAIA in order to protect public health and the environmental risks of throwing wastewater into the receiving site first, and secondly, ensure a finishing treatment (slow sand filtration) to be reused in irrigation.

This station will treat the discharges of the towns: El Meneaa and Hassi el Gara called the town of El Goléa., For this we have proposed a treatment plant by natural lagoon, because on the one hand this process ensures high performance at low cost, and on the other hand, the city of El Goléa by its climatological and morphological situation and by its availability of land presents a set of favorable conditions for the implementation of a lagoon treatment plant.

INTRODUCTION :.....	1
<u>CHAPITRE I :</u>	
I-TECHNIQUES D'EPURATION	4
1-DEFINITION :.....	4
2-LES TECHNIQUES UTILISABLES :	4
2-1-Les techniques Intensives classiques :.....	4
2-1-1-Lit Bactérien :.....	5
2-1-2-Disques Biologiques :.....	6
LES DOMAINES D'APPLICATION :	7
2-1-3-Boues Activées.....	8
a-Traitement préliminaire :.....	8
b-TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE (traitement primaire) :.....	9
c-Traitements Biologiques :	10
d-Traitement tertiaire :	10
-Avantages et inconvénients des différentes filières intensives :.....	12
2-2-Les techniques Extensives :.....	12
2-2-1-Cultures fixées :.....	13
a-L 'infiltration-percolation sur sable	13
Avantages techniques :.....	15
Inconvénients techniques :	15
b-Les filtres plantés à écoulement vertical :.....	15
Avantages techniques :.....	17
Inconvénients techniques :	17
Performance :	17
c- Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal :.....	18
Principe de fonctionnement :.....	18
Avantages techniques :.....	18
Inconvénients techniques :	19
2-2-2-Cultures libres :	19

a-Lagunage Naturel :	19
-Principe de fonctionnement :	19
-Le rôle respectif des différents bassins	20
-Localisation :	21
-Avantages et Inconvénients :	21
b-Lagunage Aéré :	22
Principe de fonctionnement.....	22
Grands mécanismes en jeu :	23
-Lagune de finition :	23
Performances :	24
Avantages :	24
Inconvénients techniques :	24
II-LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES	25
1-LE RECYCLAGE DE L'EAU :	25
2-MILIEUX CONCERNES PAR UNE REUE :	25
3-LES DIFFERENTES REGLEMENTATIONS DANS LE MONDE :	26
3-1-Règlementation Nationale de la REUE (Cadre réglementaire en Algérie) :	26
3-2-NORMES DE QUALITE DES EAUX EN IRRIGATION :	27
<u>CHAPITRE II :</u>	
1-SITUATION ADMINISTRATIVE :	31
2-SITUATION GEOGRAPHIQUE :	31
3- MILIEU PHYSIQUE :	33
3-1- Le relief :	33
3-2-La géologie :	33
4-CLIMAT :	34
4-1-Température :	34
4-2-Vitesse et direction du vent :	35
4-3-Evaporation :	36
4-4-Humidité :	36

4-5-Ensoleillement :	37
5-LES EAUX SUPERFICIELLES :	37
6-LES EAUX SOUTERRAINES :	37
7- L'OCCUPATION DU SOL COMMUNALE	38
8-EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE :	39
9-PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA POPULATION A MOYEN ET A LONG TERME :	39
10-EQUIPEMENTS ET INDUSTRIES EXISTANTES DANS LA ZONE D'ETUDE :	41
11-MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU :	41
11-1-Sources d'approvisionnement en eau potable	41
11-2-Infrastructures de stockage :	41
12-ASSAINISSEMENT :	42
13-MILIEU RECEPTEUR ;	42
13-CHOIX DU SITE POTENTIEL D'IMPLANTATION DE LA FUTURE STEP :	43
SITE POTENTIEL N°1	43
SITE POTENTIEL N°2 :	46
Choix du site d'implantation du future STEP	47

CHAPITRE III :

I-CRITERES DE CHOIX DE TECHNIQUE D'EPURATION DES EAUX USEES	50
II -ÉTUDE ET COMPARAISON DES TECHNIQUES D'EPURATIONS EXTENSIVES	52
1-LAGUNAGE NATUREL :	52
1-1-Principe de fonctionnement :	52
1-2- Domaine d'application :	52
1-3- Les conditions climatiques :	52
1-4-Temps de séjour et débit dans la station :	53
1-5-Profondeur :	53
1-6-Dysfonctionnement :	54
1-7-Performances :	55

1-8- Récapitulatif.....	56
2- LE LAGUNAGE AERE :.....	56
2-1-Principe de fonctionnement :.....	56
2-2-Utilisation :.....	57
2-3- Conception :.....	57
2-4-Dysfonctionnement :.....	58
3-L'IMPORTANCE DU FACTEUR CLIMATIQUE :.....	58
4- CHOIX DE TECHNIQUE D'EPURATION :.....	59
<u>CHAPITRE IV :</u>	
1-INTRODUCTION	62
2-CALCUL DES BESOINS EN EAU POTABLE	63
2-1-BESOINS DOMESTIQUES :.....	63
-Estimation des besoins domestique en eau potable pour l'année 2008 et 2035 :.....	63
2-2-BESOINS DES EQUIPEMENTS SOCIO-ECONOMIQUES :.....	63
2.2.1- Equipements éducatifs et formation :.....	64
2.2.2-Equipements administratifs :.....	64
2.2.3-Equipements édilitaires :.....	65
2.2.4-Equipements de service :.....	66
2.2.5- Equipements sanitaires :.....	66
2.2.6-Equipements sportifs :.....	67
2.2.7-Infrastructures de culture :.....	67
2.2.8-Infrastructures de culte :.....	68
2.2.9-Equipements de transport :.....	68
2.2.10-Equipements commerciaux :.....	69
2.2.10- INVENTAIRE DES INDUSTRIES EXISTANTES :.....	70
CONSOMMATION JOURNALIER TOTALE EN EAU POTABLE DE ZONE D'ETUDE :.....	70
3-ESTIMATION LES DEBITS DE REJETS	71
CALCULE LES DEBITS :.....	72
Débit d'eau usée total journalier	72

Le débit moyen horaire	72
4-QUALITE DES EAUX USEES.....	73
<u>CHAPITRE V :</u>	
1-LE PRETRAITEMENT	75
1-1-LE DEGRILLAGE :.....	75
1-2- CALCUL DU DEGRILLEUR :	75
CALCUL DU REPARTITEUR :	76
2-DIMENSIONNEMENT DES BASSINS	77
2-1-BASSIN DE TETE :.....	78
2-1-1-Calcul de la surface du bassin de tête :.....	79
2-1-2-Dimensions du bassin tête :.....	79
Le temps de séjour dans le bassin :	79
2-1-3- Hauteur de revanche dans le bassin de tête :.....	79
2-2-BASSIN SECONDAIRE.....	80
2-2-1- Dimensions des bassins secondaires	81
2-2-2- Hauteur de revanche des bassins secondaires	81
2-3-BASSIN TERTIAIRE	82
2-2-1- Dimensions des tertiaires	83
2-2-2- Hauteur de revanche des bassins secondaires :	83
LE TEMPS DE SEJOUR D'EPURATION	83
3-DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES	84
3-1- CONDUITES ENTRE REPARTITEUR ET ENTREE DES BASSINS DE TETE :	84
3-2- CONDUITES DE LIAISON ENTRE LAGUNES :	84
3-3- CONDUITES DE SORTIE VERS LE POINT DE REJET :	86
4- RENDEMENT EPURATOIRE	86
4-1-LA QUALITE DES EAUX A LA SORTIE DE LA STATION :	87
5-OUVRAGES DE MESURE	88

6-ÉTANCHEITE DES LAGUNES	89
7-OUVRAGE ANNEXE	91
8-CLOTURE	92
9- COMPARAISON DES RESULTATS.....	93
10- CALCULE LE NOUVEL HORIZON DE LA STATION CONSTRUITE.....	93

Chapitre VI :

1-INTRODUCTION :.....	96
2-REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES ET DES BOUES	96
3-UTILISATEURS POTENTIELS.....	96
4-IRRIGATION AU MOYEN D’EAUX USEES EPUREES	97
5-CHOIX DE LA TECHNIQUE ET DU SYSTEME D’IRRIGATION :	97
5-1-IRRIGATION GRAVITAIRE :	98
5-2-IRRIGATION PAR ASPERSION :	98
5-3-IRRIGATION LOCALISEE :	98
6-CONTRAINTES :	99
7-NORMES O.M.S.....	100
8- QUALITE BACTERIOLOGIQUE :	101
9-QUALITE REQUISE POUR LES EAUX D'IRRIGATION	101
10-ANALYSE CHIMIQUE DE L’EAU	103
10-1-LA SALINITE DE L’EAU :.....	103
10-2-L’ALCALINITE :	104
11-TENEURS MAXIMAL D’ELEMENTS DE TRACES RECOMMANDEES POUR LES EAUX D’IRRIGATION	106
12-TRAITEMENT DE FINITION.....	107
12-1-DEFINITION :.....	107

12-2-ELEMENTS DE BASE D'UNE FILTRATION LENTE SUR SABLE :	107
12-3-PRINCIPE DU PROCEDE DE TRAITEMENT :	108
12-4- CHOIX DES VITESSES DE FILTRATION	109
12-5-Dimensionner des composantes des filtres.....	109
12-5-1-Calculer la surface totale des lits filtrants :	110
12-5-2-L'épaisseur du lit de sable :	111
12-6-CONCEPTION DU BAC DU FILTRE	111
12-7- CHOIX DE LA GRANULOMETRIE DU SABLE.....	112
12-8-RENDEMENT DE FILTRES LENTS SUR SABLE :	112
13- Désinfection des eaux usées	113
13-1-Les moyens de désinfection reconnus.....	113
13-2- La chloration.....	114
14-LE SITE CONSERNE PAR L'IRRIGATION PAR LES EAUX USEES EPUREES ...	115
14-1- Agro-Pédologie : (Sols désertiques)	117
15- LA CULTURE IRRIGUEE	117
16-Calculer la surface à irriguer.....	117
Conclusion générale :	119

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Le dimensionnement des lits bactériens (Source : Document technique FNDAE n°22).....	5
Tableau 2: Le dimensionnement des disques biologiques (Source : Document technique FNDAE n°22).....	7
Tableau 3:Avantages et inconvénients des différentes filières intensives	12
Tableau 4 : Qualité du rejet	14
Tableau 5 : Paramètres Physico-Chimique (JO, juillet 2012).....	28
Tableau 6 : Superficies des communes d’El Meneaa et Hassi Gara	31
Tableau 7: Répartition mensuelle (moy, min, max) de la température de l’air en °C.....	35
Tableau 8: Vitesse du vent en m/s (1975 – 1984) - (1993 – 2007).....	35
Tableau 9: Directions du vent	35
Tableau 10: Répartition mensuelle de l’évaporation moyenne en mm	36
Tableau 11: Répartition mensuelle de l’Humidité en %	36
Tableau 12 Ensoleillement en heures (1975 – 1984) - (1993 – 2007)	37
Tableau 13: Les zones hydriques	38
Tableau 14 : Répartition de la population selon la dispersion géographique.....	39
Tableau 15 : Perspectives d’évolution de la population future	40
Tableau 16 : Situation des ouvrages de stockage	42
Tableau 17 : les procédés en fonction Eléments d'appréciation.....	51
Tableau 18 : Principaux dysfonctionnements	54
Tableau 19 : Tableau récapitulatif d'une filière type de lagunage naturel	56
Tableau 20: Base de dimensionnement pour les lagunes aérées	57
Tableau 21 : Principaux dysfonctionnement de lagunage Aéré.....	58
Tableau 22 : Récapitulatif des avantages et inconvénients de lagunage naturel et aère	59
Tableau 23 : les rendements d’élimination pour les principaux polluants.....	60
Tableau 24 : Dotation unitaires domestique et assimilés d'après PNE.....	62
Tableau 25 : Estimation des besoins domestique en eau potable pour l’année 2008 et 2035..	63
Tableau 26 : Estimation des besoins Equipements éducatifs et formation en eau potable	64
Tableau 27: Estimation des besoins d’Equipements administratifs en eau potable.....	65
Tableau 28 : Estimation des besoins d’Equipements édilitaires en eau potable	65
Tableau 29 : Répartition des équipements de service	66
Tableau 30 : Hôpitaux es et consommation d’eau potable.....	66
Tableau 31: Equipements sanitaires et consommation d’eau potable.....	67
Tableau 32: Récapitulatif des équipements sportifs.....	67
Tableau 33 : Répartition des infrastructures de culture.....	68
Tableau 34 : Répartition des infrastructures de culte	68
Tableau 35 : la répartition et les consommations des équipements de transport	68
Tableau 36 :la consommation en eau potable des équipements commerciaux	69
Tableau 37 :la consommation en eau potable des industries existante	70

Tableau 38 : Consommation journalier totale en eau potable de zone d'étude.....	71
Tableau 39 : récapitulatif global illustrant les deux (02) Campagnes d'échantillonnages d'eaux usées urbaines effectuées	73
Tableau 40 : les différents épaisseurs et espacements des barreaux	76
Tableau 41 : valeurs da Kt en fonction de la nature de l'effluent	87
Tableau 42 : récapitulatif global illustrant les deux (02) Campagnes d'échantillonnages d'eaux usées urbaines effectuées	88
Tableau 43 : le coefficient μ en fonction de l'angle θ	89
Tableau 44: Traitements proposés pour répondre aux critères sanitaires, applicables à la réalisation des eaux usées dans l'agriculture pour l'irrigation	101
Tableau 45: Directives de la FAO pour les eaux destinées à l'irrigation.....	102
Tableau 46 : Classement des eaux selon conductivité	103
Tableau 47: Classement des eaux selon le SAR	104
Tableau 48: Classification complète des eaux d'irrigation	105
Tableau 49: Teneurs maximales d'élément à l'état de traces.....	106
Tableau 50 : Critères techniques généraux (Source : Centre International de l'Eau et de l'Assainissement / IRC, 1991).....	110
Tableau 51 : Nombre des unités filtrants pour différents horizons.....	111
Tableau 52 : caractéristiques des eaux usées épurées à la sortie de filtre.....	113
Tableau 53 : le dévalement de surface irrigue.....	118

La liste des figures :

Figure 1 : Synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien (Perera et Baudot, 1991)..... 5

Figure 2: Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique (Perera et Baudot, 1991). 7

Figure 3 : Synoptique d'une boue activée - aération prolongée 8

Figure 4 : Filière de traitement des boues 11

Figure 5 : Infiltration-percolation étanchée et drainée 13

Figure 6: Système drainé sur sol en place imperméable et Système drainé avec un Massif drainant étanché par une membrane imperméable 14

Figure 7: Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical (Cemagref –2007).....16

Figure 8: Schéma de conception des premiers et seconds étages 16

Figure 9: Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal (Cemagref) 18

Figure 10: Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel..... 20

Figure 11: : Emprise au sol d'un lagunage naturel 21

Figure 12: Lagune d'aération..... 23

Figure 13: Situation administrative des communes d'El Meneaa et Hassi Gara 32

Figure 14: Coupe géologique de la région d'El Meneaa..... 34

Figure 15: Evolution de la population entre 1987 et 2035 40

Figure 16: Milieu récepteur..... 43

Figure 17: Site n°1 d'implantation du futur step de la zone d'étude..... 45

Figure 18 : terrain sableux..... 45

Figure 19:Site n°2 d'implantation du futur step de la zone d'étude..... 46

Figure 20: Site n°2 d'implantation du futur step de la zone d'étude..... 47

Figure 21 : Carte de situation de la future STEP..... 48

Figure 22 : coupe longitudinale et transversale d'un déversoir frontal 77

Figure 23 : Conduites de communication inter lagunes 85

Figure 24 : Disposition des conduites de communication..... 86

Figure 25 : Lagune étanchée par géomembrane..... 90

Figure 26 : La disposition de géomembrane avec drainage de géotextile..... 91

Figure 27 : Clôture par une série de fil de fer barbelé.....	92
Figure 28 : Les composantes d'un filtre lent avec contrôle de débit à l'entrée (Source : Centre International de l'Eau et de l'Assainissement).....	107
Figure 29 : Diagramme de pression de la paroi du filtre (source : Centre International de l'Eau et de l'Assainissement).....	112
Figure 30 : Désinfection des eaux usées par chloration	115
Figure 31 : La localisation de périmètre.....	116



LISTE DES PLANCHES

Planche 01 : PROFIL EN LONG BASSINS.

Planche 02 : PLAN DE MASSE.

Planche 03 : PRETRAITEMENT VUE EN PLAN ET COUPE LONGITUDINALE.



Introduction :

La région méditerranéenne est caractérisée par la disponibilité limitée et irrégulière des ressources en eau, tant dans le temps que dans l'espace.

La partie sud du bassin méditerranéen est celle qui souffre le plus de la rareté de l'eau. La croissance continue de l'urbanisation, du tourisme, de l'irrigation et de la population augmente les tensions entre les secteurs et provoque des conflits dans de nombreux pays et dans des régions où la consommation a déjà atteint ou dépassé la quantité de ressources en eau disponibles. (Bellal et al, 2015)

Les pays méditerranéens sont également les plus vulnérables au changement climatique mondial. Des études ont montré que les habitants de la Méditerranée peuvent s'attendre à plus d'incendies de forêts et de pertes de terres agricoles que toute autre région du monde. À l'avenir, la région devrait être confrontée à des pénuries d'eau plus fréquentes et plus graves. C'est pourquoi le besoin d'une nouvelle source d'eau s'accroît avec le temps dans la région.

Devant ces besoins en eau douce qui ne cessent de croître et vu l'impossibilité de se contenter seulement de ces ressources naturelles conventionnelles, la recherche de moyens d'épuration adéquats et l'analyse des différents paramètres d'intérêt pour une réutilisation des effluents d'eaux usées traitées sans risque vis à vis les différentes normes exigées par les réglementations est devenue une option attrayante et une alternative incontournable afin de mobiliser de plus importants volumes d'eau et satisfaire ainsi la demande de plus en plus croissante, particulièrement, dans les pays arides et semi-arides. (Charabi .M ;2016)

Le Sahara Algérienne contient une grande réserve en eau fossile qui commence à s'épuiser, les eaux fossiles non renouvelables sont tout simplement des nappes souterraines qui ne sont pas ou peu alimentées. En fait, elles ne sont jamais non renouvelées, mais avec des périodes sèches dépassant 30 mois, on considère que l'alimentation est nulle. (Sadki.S ;2016)

La réutilisation maîtrisée des eaux usées (d'origines urbaine, agricole ou industrielle) consiste en l'utilisation d'eaux usées, dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). La réutilisation maîtrisée concerne 1 % des eaux usées traitées. On peut dire que La réutilisation une solution d'avenir du manque d'eau. (Lazarova et al. 2013)

Dans le cadre de ce travail nous nous proposons une étude de Dimensionnement de la station de d'épuration d'El Goléa qui est nouvellement réalisée en utilisant le lagunage naturel et les autorités du service d'agriculture de la wilaya délégué d'El Goléa cherche à l'utilisation des

eaux épurées pour combler le déficit hydrique de quelques périmètres agricole nouvellement créés dans le cadre du développement de l'agriculture saharienne.

Nous commençons notre travail par une synthèse bibliographique pour donner un aperçu sur l'épuration des eaux usées en particulier le lagunage ensuite nous allons donner une présentation de la zone d'étude après cela, nous étudierons les critères de choix d'une technique de traitement des eaux usées. Et après avoir justifié le choix de la technique de traitement (lagunage naturel), nous estimons le débit des eaux usées pour donner les dimensions des lagunes et nous les comparons avec la station existante.

Finalement il faut optimiser la qualité des eaux usées épurées pour les utiliser en irrigation afin de vaincre le déficit en eau signalé par les autorités locales. Nous proposons l'implantation d'un filtre à sable comme traitement de finition et en fin une désinfection avant son transfert vers le périmètre agricole.

Nous terminons notre étude par une conclusion générale.

Chapitre I :
Synthèse Bibliographique

Introduction :

Pour assurer le traitement des eaux résiduaires urbaines, de nombreux procédés existent qui assurent tous un niveau de traitement satisfaisant, dès lors qu'ils sont adaptés à un contexte préalablement bien étudié. Le choix de l'un ou l'autre de ces procédés doit prendre en compte de nombreux critères parmi lesquels la population, le débit, la charge organique, le montant des investissements à réaliser, le coût de l'exploitation, etc.). Les procédés dits intensifs (boues activées, lits bactériens) sont souvent considérés comme coûteux, mais ils ne requièrent pas une surface importante. Les procédés extensifs (lagunage naturel, lagunage aéré) nécessitent de grandes surfaces mais ont l'avantage d'exiger moins d'investissement.

I-Techniques d'épuration :

1-Définition :

L'épuration des eaux est un ensemble des techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. (« Épuration des eaux » 2020)

2-Les techniques utilisables :

2-1-Les techniques intensives classiques :

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. (European Union, European Commission, et Directorate-General for the Environment 2002a)

Trois grands types de procédés sont utilisés :

- 1- Les lits bactériens et disques biologiques.
- 2- Les boues activées.
- 3- Les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée.

2-1-1-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 (« dg_environment.pdf » s. d.)

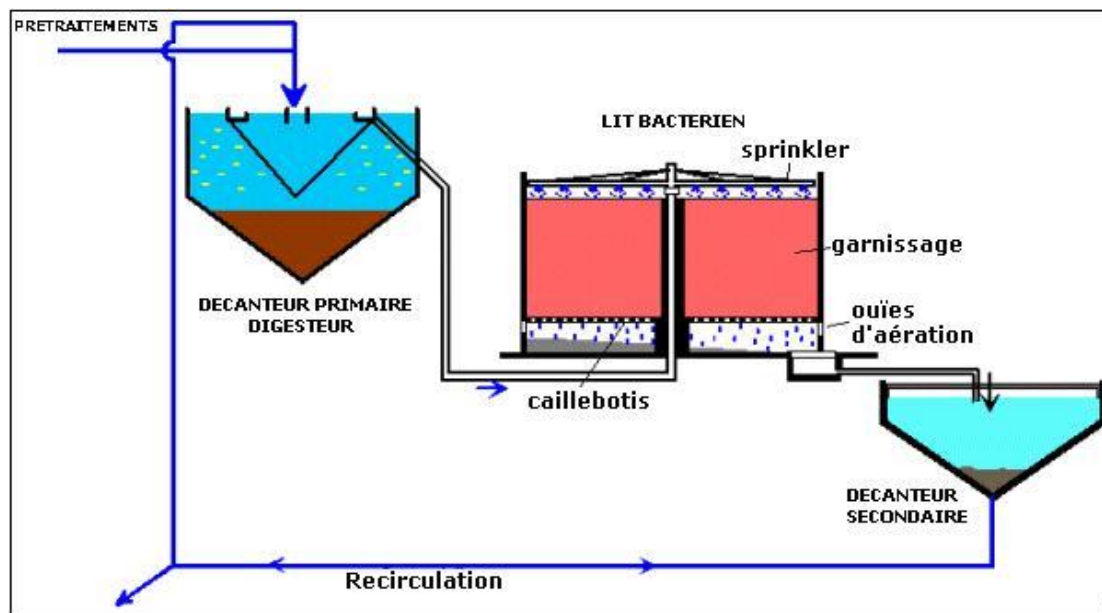


Figure 1 : Synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien (Perera et Baudot, 1991)

Tableau 1 : Le dimensionnement des lits bactériens (« num_22 » s. d.)

Objectif de rejet	Type de garnissage	Charge organique maximum (kg DBO5/m3 .j)	Hauteur de matériau minimum (m)	Charge hydraulique minimum (m/h)	Taux de recirculation minimum
≤ 35 mg DBO5/l	Traditionnel	0,7	2,5	1	2
	Plastique	0,7	4	2,2	2
≤ 25 mg DBO5/l	Traditionnel	0,4	2,5	0,7	2,5
	Plastique	0,4	5	1,8	2,5

Dans les lits bactériens la masse active des micro-organismes se fixe sur des supports poreux inertes ayant un taux de vide d'environ 50% (minéraux, comme la pouzzolane et le coke

métallurgique, ou plastiques) à travers lesquels on fait percoler (pénétrer) l'effluent à traiter. En plus du lit bactérien, le procédé met en œuvre un clarificateur où l'eau épurée est séparée de la culture microbienne.

Le procédé comporte ensuite **2 phases** : la phase d'**aération** et la phase de **décantation**.

- L'aération est réalisée dans le lit bactérien par tirage naturel ou par ventilation.
- Le développement de la masse bactérienne se fait à la surface du support. Lorsqu'elle devient trop importante, la pellicule bactérienne se détache naturellement ; elle doit alors être séparée de l'effluent par décantation. (« lits bactériens » s. d.)
- On rencontre généralement :

-LES LITS A FAIBLE CHARGE : (0,08 à 0,15 kg DBO5 / m³ × j et charge hydraulique < 0,4 m³ / m² × h) et de rendement de l'ordre de 95% mais présentant des risques de colmatage et de coût plus élevé, mais pouvant réaliser l'élimination de l'azote

-LES LITS A FORTE CHARGE : (0,7 à 0,8 kg DBO5 / m³ × j et charge hydraulique > 0,7 m³ / m² × h) nécessitant souvent une recirculation : cette recirculation permet l'auto curage du lit, l'ensemencement des eaux décantées, la dilution des eaux à traiter. (« lits bactériens » s. d.)

2-1-2-Disques Biologiques :

Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

1-De la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe).

2-Du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes). (Perera et Baudot, 1991)

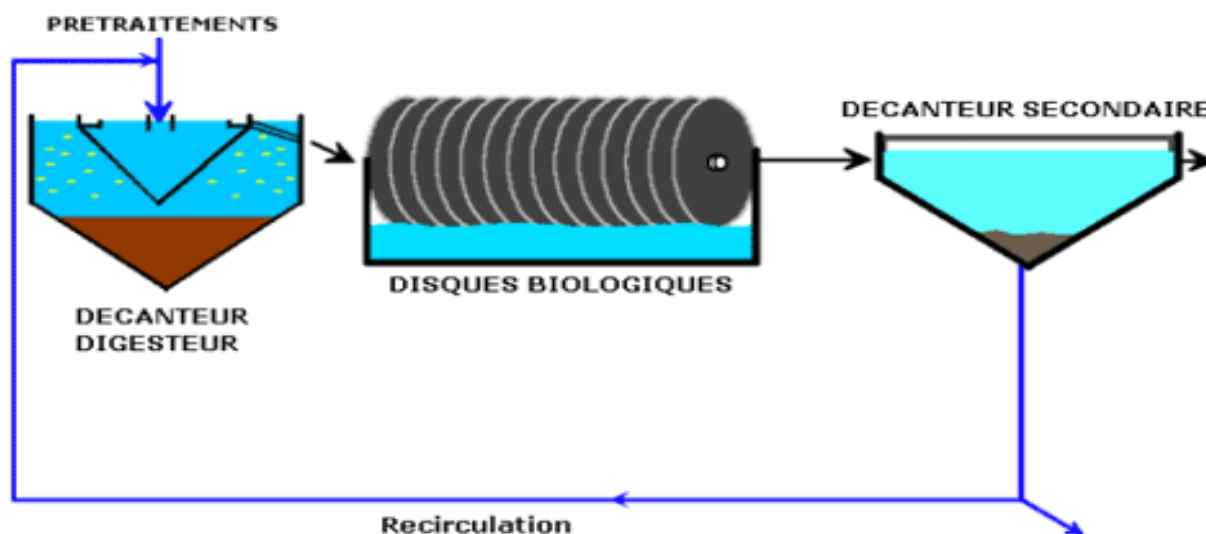


Figure 2: Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique (Perera et Baudot, 1991).

Tableau 2: Le dimensionnement des disques biologiques (« Alexandre - 1998 - Filières d'épuration adaptées aux petites collecti.pdf » s. d.)

Objectif de rejet	Charge organique à appliquer (après décantation primaire)
≤ 35 mg DBO5/l	9 g DBO5/m ² . J
≤ 25 mg DBO5/l	7 g DBO5/m ² . J

La technique des disques biologiques nécessite une surface relativement importante et entraîne l'émanation d'odeurs. Elle présente, néanmoins, l'avantage d'être peu coûteuse en énergie et de n'exiger qu'une faible surveillance. (« disques biologiques » s. d.)

LES DOMAINES D'APPLICATION :

- Collectivités locales
- Hôtels, campings...
- Etablissements scolaires
- Extension d'installations existantes
- Industries agroalimentaire
- Industries viticoles

- Industries laitières

2-1-3-Boues Activées :

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels.

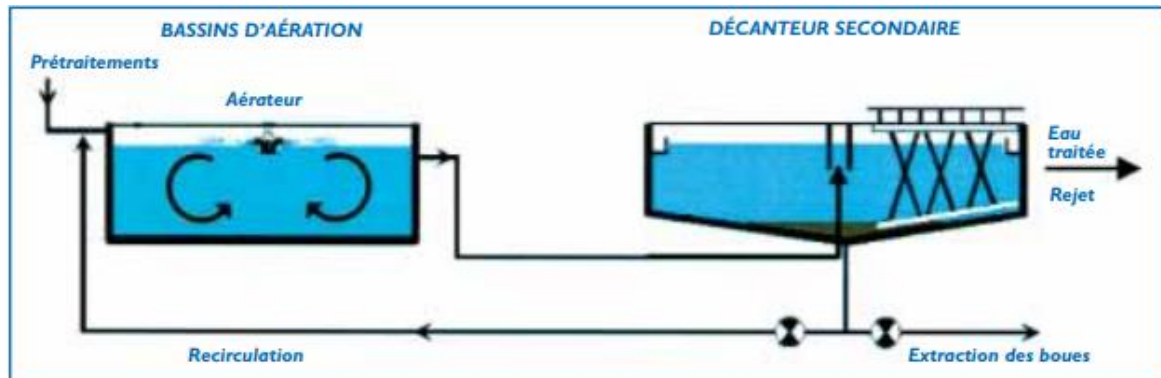


Figure 3 : Synoptique d'une boue activée - aération prolongée

Le procédé “boues activées” consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases “eaux épurées” et “boues épuratrices” sont séparées. (European Union, European Commission, et Directorate-General for the Environment 2002a)

Une installation de ce type comprend les étapes suivantes :

- Traitements préliminaires.
- Traitements physico-chimiques.
- Traitements biologiques.
- Traitements tertiaires ou de finition. (European Union, European Commission, et Directorate-General for the Environment 2002b)

a-Traitement préliminaire :

Dégrillage : Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des

grilles inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s.

Tamissage : Le tamissage assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôle perforée, à mailles plus ou moins fines. On distingue classiquement, selon la dimension des mailles de la toile, le macro tamissage, qui est destiné à retenir les particules supérieures à 200 µm et le micro tamissage, qui retient les particules plus petites.

Dessablage : Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse d'écoulement est inférieure à 0,3 m/s se déposent. Il s'agit principalement des sables. Il est souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points.

Dégraissage et déshuilage : Cette étape consiste en l'élimination des huiles, graisses et hydrocarbures, Lorsque les huiles et les graisses ne sont pas en émulsion, elles sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages longitudinaux ou circulaires comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération (flottation). 90% des particules de taille supérieure ou égale à 200 µm (sables) doivent être éliminées dans le dessableur.

Neutralisation : Elle a pour objectif de rectifier le pH d'effluents trop acides ou trop alcalins, quand elle n'est pas incluse dans le traitement physico-chimique, peut s'avérer indispensable avant épuration biologique.

Refroidissement : Il est quelquefois nécessaire pour protéger une épuration biologique ou satisfaire les normes de rejet : cokerie, pétrochimie, chimie, pâtes et papier. Cours Epuration Industrielles (Chapitre II : Filière d'épuration épuration des eaux industrielles – Bettatache.H)

b-Traitement PHYSICO-CHIMIQUE (traitement primaire) :

Le traitement primaire est un traitement physico-chimique. Il est possible d'ajouter dans l'eau des agents coagulants et flocculant. On peut alors récupérer un grand nombre de particules en suspension par décantation ou flottation.

L'épuration physico-chimique peut, suivant les cas, constituer un stade intermédiaire ou un stade final du traitement. Elle a une ou plusieurs fins :

-Précipitation de métaux et de sels toxiques ou indésirables (SO_4^{2-} , F^- ...),

-Élimination des huiles en émulsion trop fine ($< 50\mu\text{m}$)

-Clarification avec réduction concomitante de la DBO_5 colloïdale et la DCO correspondante.(BeCloud.com s. d.)

c-Traitements Biologiques :

C'est une technique de réduction biologique de la matière organique restant dans le flux liquide après élimination de 40% à 60 % des solides en Suspension et de 20% à 40 % de la DBO_5 par les procédés physiques du traitement primaire.(« La qualité de l'eau et assainissement en France (annexes) » s. d.)

Le traitement secondaire est en fait une technique qui exploite et accélère le processus naturel d'élimination des déchets. En présence d'oxygène, les bactéries aérobies transforment la matière organique en composés stables, tels que le dioxyde de carbone, l'eau, les nitrates et les phosphates. Ils permettent de faire passer les éléments présents sous forme soluble ou colloïdales en éléments floculables et de constituer des agrégats que l'on peut de nouveau séparer de la phase liquide.

La production de nouveaux matériaux organiques est le résultat indirect du traitement biologique, et cette matière doit être éliminée avant que les eaux usées ne parviennent dans le milieu collecteur. Parmi les divers organismes responsables des phénomènes biologiques, les bactéries sont les plus importantes et les plus nombreuses.

La dégradation biologique s'accomplit en deux phases presque simultanées :

-Une phase d'adsorption, très rapide, au cours de laquelle les substances organiques s'adsorbent sur la membrane extérieure des cellules

-Une phase d'oxydation, plus lente, au cours de laquelle a lieu l'oxydation des matières en produits de décomposition tels que CO_2 et H_2O .

d-Traitement tertiaire :

Le traitement tertiaire est un procédé complémentaire qui intervient soit pour :

-Améliorer la qualité de l'eau rejetée quand cette dernière ne répond aux normes de rejet.

-Soit dans un usage industriel (lavage de sols ou de produits, systèmes d'incendie, circuits de refroidissement, eau de procédé, voire alimentation de chaudières), agricole (irrigation) ou municipal (arrosage de golfs, de pelouses ou de terrains de jeu....) ou leur recyclage (partiel ou total) vers les ateliers de fabrication d'où elles proviennent.

Le traitement tertiaire comprend des procédés divers et spécifiques pour éliminer des polluants qui résistent au traitement primaire et secondaire. (Chapitre II : Filière d'épuration épuration des eaux industrielles - Madame BETTATACHE HAYAT)

Filière de traitement des boues :

Le traitement des eaux usées urbaines et industrielles génèrent des quantités variables de boues, boue primaire issue du décanteur primaire et boue secondaire issue du traitement biologique. Ces boues sont très liquides, souvent fermentescibles, porteuses de germes et d'agents pathogènes et génératrices de mauvaises odeurs, d'où la nécessité de les traiter. Les objectifs du traitement sont :

- La réduction du volume des boues
- La réduction voire l'élimination du pouvoir fermentescible.
- La Réduction du risque sanitaire et environnemental.(Bassompierre, s. d.)

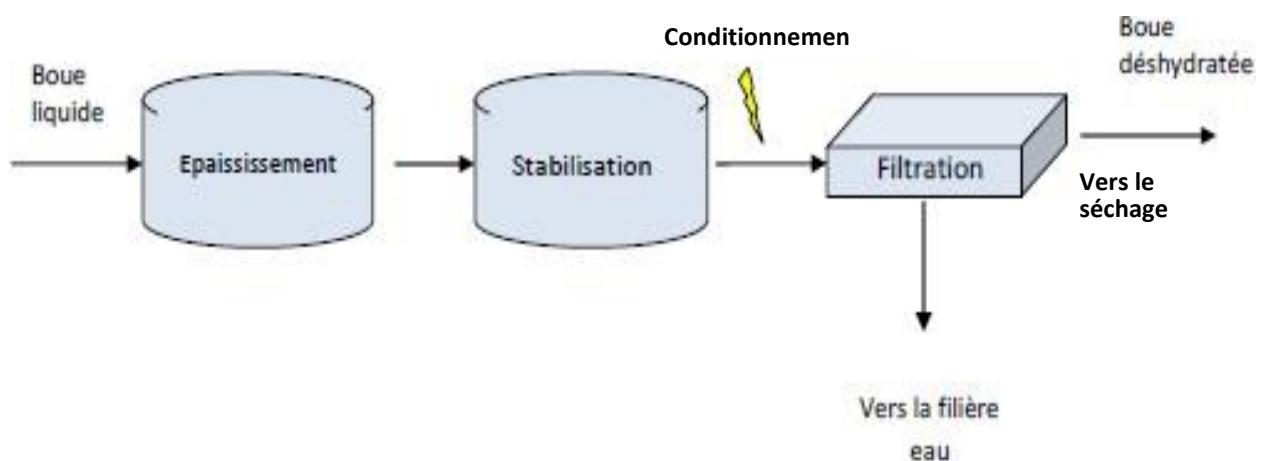


Figure 4 : Filière de traitement des boues

-Avantages et inconvénients des différentes filières intensives :

Le tableau suivant représente les avantages et les inconvénients des différentes filières intensives :

Tableau 3:Avantages et inconvénients des différentes filières intensives

Filière	Avantages	Inconvénients
Lit bactérien Et Disque biologique	<ul style="list-style-type: none"> -Faible consommation d'énergie. -Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées. -Bonne décantabilité des boues. -Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées -Généralement adaptés pour les petites collectivités. -Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment). 	<ul style="list-style-type: none"> -Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées. Cela tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes. -Coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20 % par rapport à une boue activée). -Nécessité de prétraitements efficaces. -Sensibilité au colmatage. -Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.
Boue activée	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). - Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5, N par nitrification et dénitrification) ; - Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles. - Boues (cf. glossaire) légèrement stabilisées. -Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'investissement assez importants. - consommation énergétique importante. - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. - Sensibilité aux surcharges hydrauliques. - Des boues pas toujours aisée à maîtriser. - Forte production de boues qu'il faut concentrer.

2-2-Les techniques Extensives :

Les techniques dites extensives sont des procédés qui réalisent l'épuration à l'aide de cultures fixées sur support fin ou encore à l'aide de cultures libres mais utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène par photosynthèse. Le fonctionnement de ce type d'installation sans électricité est possible, excepté pour le lagunage aéré pour lequel un apport d'énergie est nécessaire pour alimenter les aérateurs ou les matériels d'insufflation d'air. Ces techniques se distinguent aussi des techniques évoquées précédemment par le fait que les charges surfaciques

appliquées restent très faibles. Ces techniques ont été développées dans différents pays pour des collectivités de taille, en général, inférieure à 500 EH

On détaille les techniques selon le plan suivant :

1-Cultures fixées :

- Infiltration-percolation.
- Filtre planté à écoulement vertical.
- Filtre planté à écoulement horizontal.

2-Cultures libres :

- Lagunage naturel.
- Lagunage aéré. (European Union, European Commission, et Directorate-General for the Environment 2002a)

2-2-1-Cultures fixées :

a-L 'infiltration-percolation sur sable :

Principe de fonctionnement :

Il consiste, après prétraitement des eaux usées (dégrillage et décantation primaire), à admettre l'effluent en surface d'un massif de sable par un système d'alimentation hors sol. (Cg29 - DEE - SATEA – 2008)

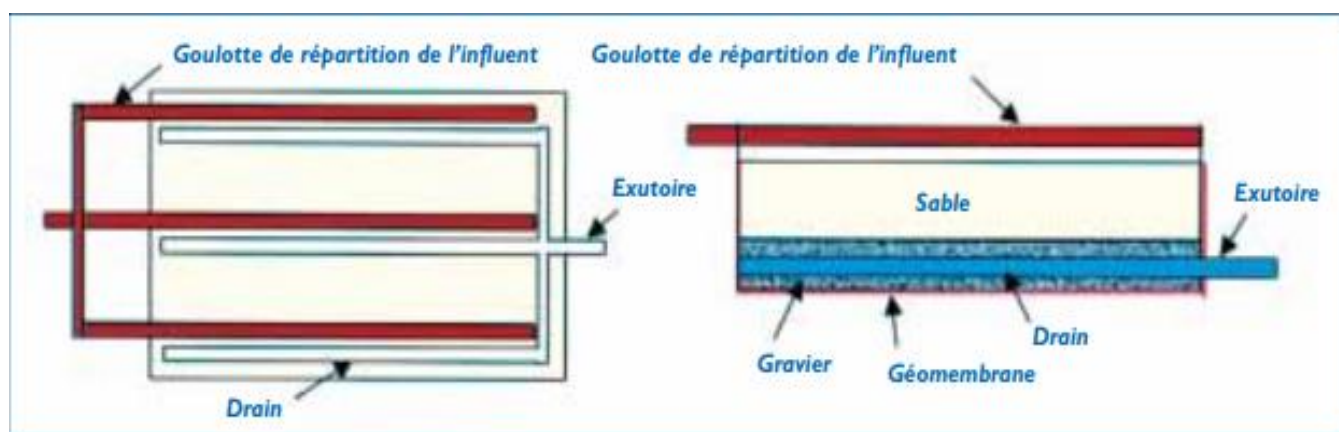


Figure 5 : Infiltration-percolation étanchée et drainée

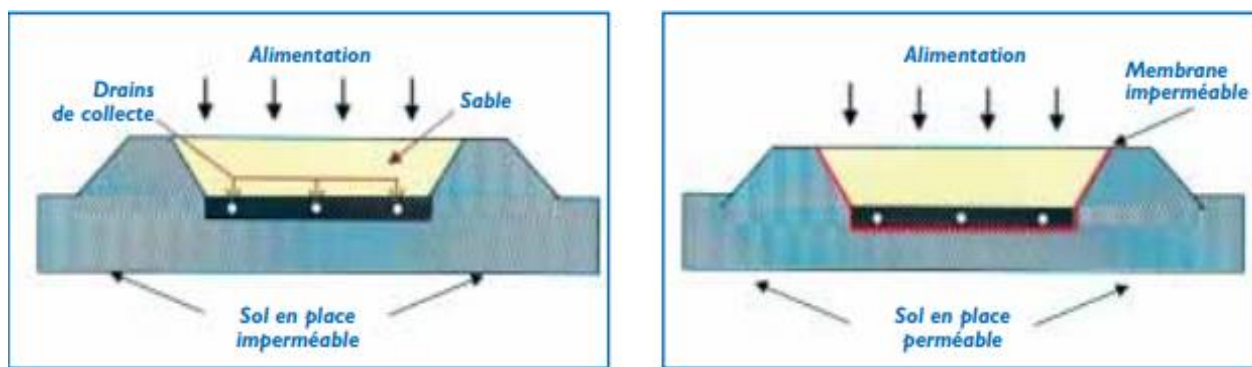


Figure 6 : Système drainé sur sol en place imperméable et Système drainé avec un Massif drainant étanché par une membrane imperméable

L'infiltration-percolation d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. L'eau à traiter est uniformément répartie à la surface du filtre qui n'est pas recouvert. La plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible.

L'ouvrage de traitement par infiltration percolation est constitué de 3 filtres fonctionnant en alternance.

Les Bassins d'Infiltration Percolation (BIP) sont alimentés séquentiellement par bâchées (siphon, chasse, pompe de relevage, électrovanne...). En surface, ils sont constitués d'une couche de sable calibré d'au moins 30 cm d'épaisseur. Le respect des phases d'alternance et de repos constitue un élément fondamental, permettant de garantir la qualité du traitement et d'éviter le colmatage. (Cg29 - DEE - SATEA – 2008)

Tableau 4 : Qualité du rejet

	Performances épuratoires attendues	Normes de rejet envisageable
DBO5 (mg/l)	25	35
DCO (mg/l)	90	125
MES (mg/l)	25	35
NTK (mg/l)	20	20
NGL(mg/l)	70	70
Pt (mg/l)	15	15
E.Coli (n/100ml)	10 ⁵ U/100ml	10 ⁵ U/100ml

Avantages techniques :

- Excellents résultats sur la DBO5, la DCO, les MES.
- Nitrification poussée.
- Simplicité d'exploitation.
- Superficie nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel.
- Capacité de décontamination intéressante.
- Coûts de fonctionnement faibles.

Inconvénients techniques :

- Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace.
- Difficultés pour la recherche d'une qualité granulométrique du sable adaptée.
- Risque de colmatage à gérer (d'où l'importance de l'emploi d'un sable "lavé" et de bonne granulométrie).
- Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sable, ce qui peut engendrer des investissements importants s'il n'y en a pas de disponible à proximité.
- Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques. (Cemagref –2007)

b- Les filtres plantés à écoulement vertical :

Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter.

Contrairement à l'infiltration-percolation précédemment évoquée, l'influent brut est réparti directement, sans décantation préalable, à la surface du filtre. Il s'écoule en son sein en subissant un traitement physique (filtration), chimique (Adsorption, complexation...) et biologique (biomasse fixée sur support fin). Les eaux épurées sont drainées. Les filtres sont alimentés en eaux usées brutes par bâchées. Pour un même étage, la surface de filtration est séparée en plusieurs unités permettant d'instaurer des périodes d'alimentation et de repos. Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué.

L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racelles des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins. (Cemagref –2007)

- La filière se compose :
- D'un dégrillage.
 - D'un premier étage de filtres verticaux.
 - D'un second étage de filtres verticaux.

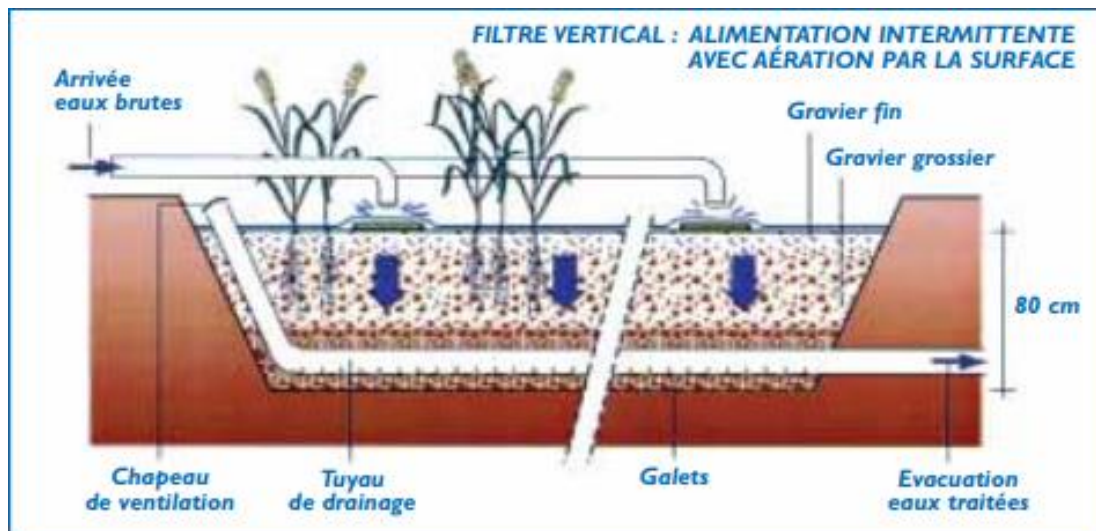


Figure 7 : coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical (Cemagref –2007)

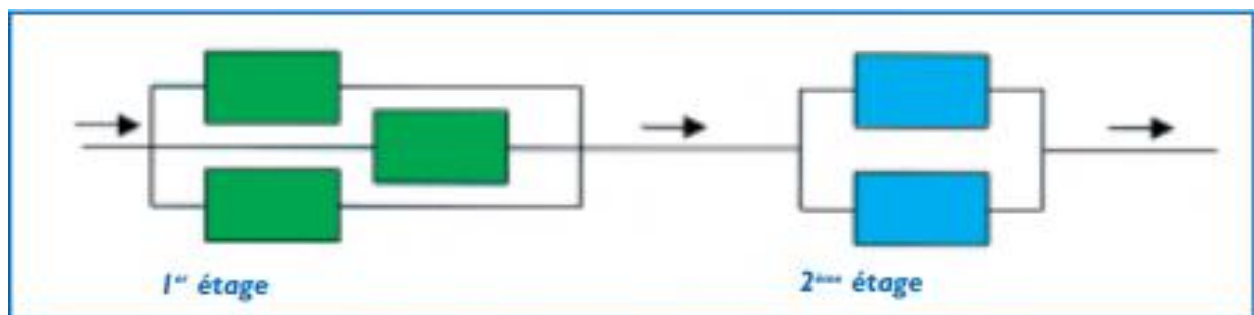


Figure 8: Schéma de conception des premiers et seconds étages

D'après le CEMAGREF (Centre d'Étude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts), ce procédé peut être implanté pour 50 à 1 000 EH, voire 2000 EH. Il est particulièrement bien adapté aux petites communes rurales, hameaux, campings, groupement immobilier (gîtes...). Par contre, au-delà de 2000 EH, l'installation de filtres plantés de roseaux

n'est plus vraiment rentable car trop complexe du fait du volume important à traiter. (Cemagref –2007)

-Avantages techniques :

-Facilité et faible coût d'exploitation. Aucune consommation énergétique si la topographie le permet.

-Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes.

-Gestion réduite au minimum des boues.

-Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.

Inconvénients techniques :

-Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux.

-Utiliser cette filière pour des capacités supérieures à 2 000 EH reste très délicat pour des questions de maîtrise de l'hydraulique et de coût par rapport aux filières classiques. Une conception pour des tailles supérieures ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée concernant l'adaptation des bases de dimensionnement et les conditions à remplir pour s'assurer de la maîtrise de l'hydraulique.

-Risque de présence d'insectes ou de rongeurs.

Performance :

En fonctionnement à charge nominale, un dimensionnement de 1,2 m².hab⁻¹ au 1er étage et 0,8 m².hab⁻¹ au 2e étage permet d'atteindre des rejets aux concentrations suivantes : • 60 mg. L⁻¹ en DCO • 15 mg. L⁻¹ en MES • 8 mg. L⁻¹ en N-NK ainsi que d'excellents rendements épuratoires :

• 90 % pour la DCO,

• 95 % pour les MES,

• 85 % de nitrification. (Cemagref –2007)

c- Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal :

Principe de fonctionnement :

Un filtre planté à écoulement horizontal sous-surface est un grand canal rempli de gravier et de sable sur lequel de la végétation aquatique est plantée. Comme l'eau usée coule horizontalement à travers le canal, le matériau filtrant filtre les particules et les micro-organismes dégradent la matière organique. Le niveau d'eau dans un filtre planté à écoulement sous surface est maintenu à 5-15 cm en dessous de la surface pour assurer un écoulement souterrain. Le traitement primaire est essentiel pour éviter les colmatages et assurer un traitement efficace. La sortie devrait être de niveau variable de sorte que la surface de l'eau puisse être ajustée pour optimiser les performances du traitement.

La végétation transfère un peu d'oxygène à la zone racinaire de sorte que les bactéries aérobies puissent coloniser le secteur et dégrader également la matière organique. Les racines des plantes jouent un rôle important en maintenant la perméabilité du filtre. (Cemagref –2007)

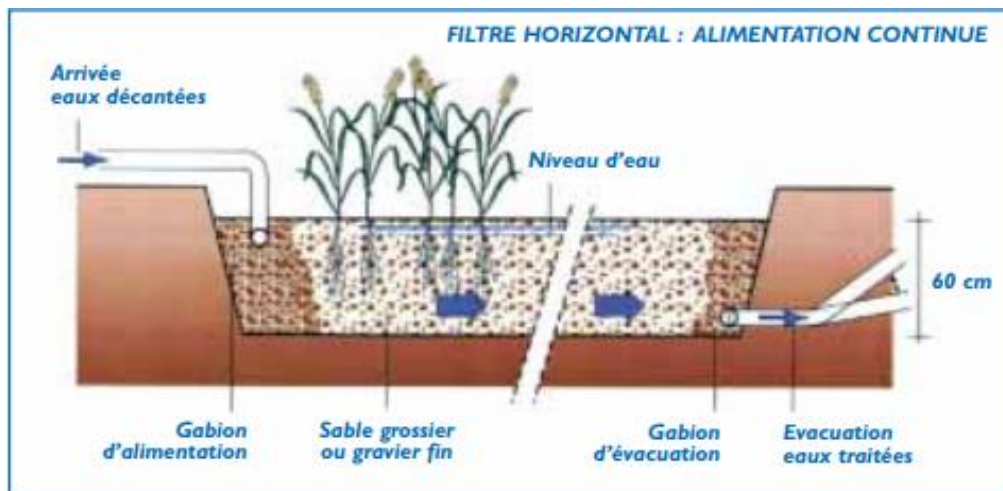


Figure 9 : coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal (Cemagref)

Les filtres plantés à écoulement sous-surface sont plus adaptés pour les climats chauds mais peuvent être conçus pour tolérer quelques périodes de basse température et de faible activité biologique.

Avantages techniques :

-Faible consommation énergétique : ne nécessite pas une pente importante pour l'écoulement par gravité.

-Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien.

-Bonne réaction aux variations de charge.

Inconvénients techniques :

-L'emprise au sol est importante.

-Une installation pour des tailles d'environ 4.000 EH ne peut s'envisager que sous réserve d'une réflexion poussée des conditions d'adaptation des bases de dimensionnement et de l'assurance de la maîtrise de l'hydraulique. (Cemagref –2007)

2-2-2-Cultures libres :

Fonctionnement : Le processus d'épuration par “cultures libres” repose sur le développement d'une culture bactérienne, de type aérobie principalement. L'oxygène provient de diverses sources selon les filières. La culture bactérienne est ensuite séparée de l'eau traitée par mécanisme de sédimentation dans un ouvrage, le plus souvent, spécifique (clarificateur, lagune de décantation...).

a-Lagunage Naturel :

Le lagunage naturel est un procédé économique et efficace pour le traitement biologique des eaux résiduaires, son efficacité est d'autant plus appréciée dans les petites agglomérations et semble être le plus conseillé pour des climats chauds. Son efficacité considérable sur l'élimination des germes pathogènes fait du lagunage une technique très adaptée pour des eaux dont la réutilisation en agriculture est envisageable.

Principe de fonctionnement :

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est de 3. Cependant, utiliser une configuration avec 4 voire 6 bassins permet d'avoir une désinfection plus poussée.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues

de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées “microphytes”. Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau. (European Union, European Commission, et Directorate-General for the Environment 2002b)

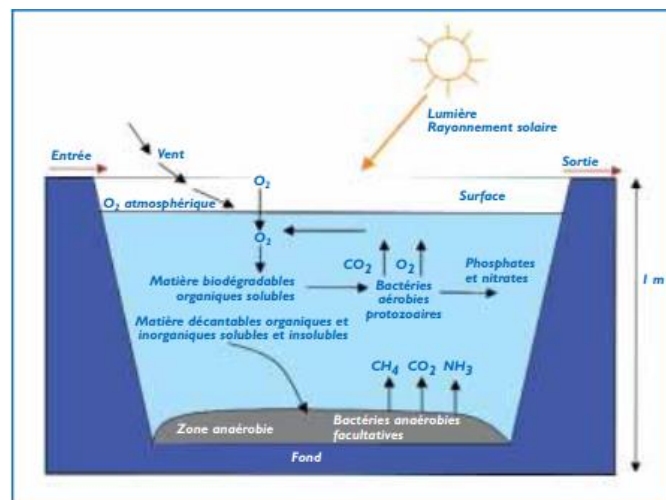


Figure 10 : Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel

-Le rôle respectif des différents bassins est le suivant :

- Le premier permet, avant tout, l'abattement de la charge polluante carbonée.
- Le second permet l'abattement de l'azote et du phosphore.
- Le troisième affine le traitement et fiabilise le système, en cas de dysfonctionnement d'un bassin amont ou lors d'une opération d'entretien.

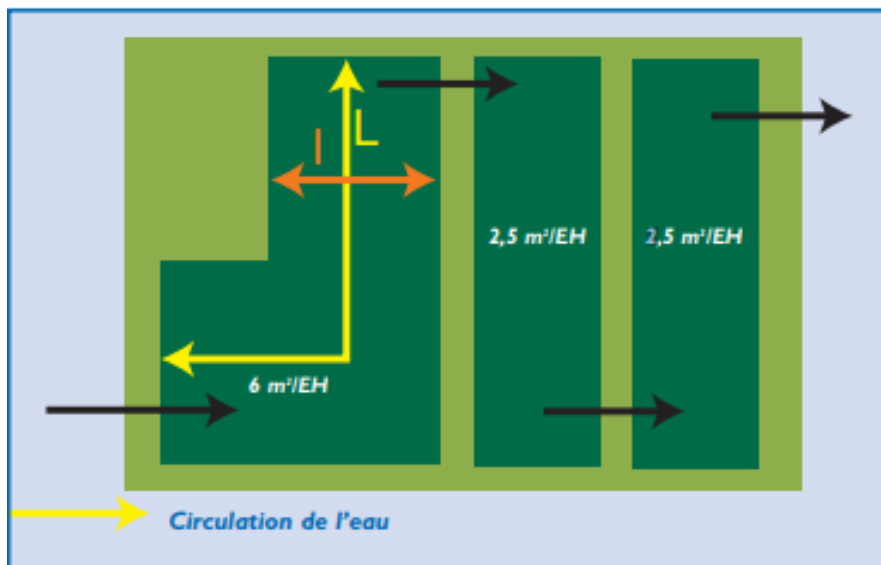


Figure 11: : Emprise au sol d'un lagunage naturel

-Localisation :

L'ouvrage doit être situé en un point bas, à un emplacement où les vents dominants contribuent à aérer la tranche d'eau superficielle. Il ne doit pas y avoir d'arbre à moins de 10 mètres, les racines pouvant engendrer des cheminements préférentiels au niveau des digues. Par ailleurs, la chute de feuilles dans les bassins peut générer une surcharge organique ainsi qu'un risque d'obstruction des ouvrages de communication.

La taille et le nombre des bassins de maturation sont déterminés principalement par la qualité bactériologique requise des eaux épurées. L'usage de ces bassins est en général réservé aux applications de réutilisation agricole.(Pronost et al., s. d.)

-Avantages et Inconvénients :

Avantages :

- Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable.
- Élimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été).
- Très bonne élimination des germes pathogènes en été, bonne en hiver.
- S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique.
- Pas de construction "en dur", le génie civil reste simple.

-Bonne intégration paysagère.

-Absence de nuisance sonore.

-Les boues de curages sont bien stabilisées (sauf celles présentes en tête du premier bassin) et faciles à épandre sur sol agricole.

Inconvénients techniques :

-Forte emprise au sol.

-Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune.

-Rendement plus faible en hiver

-Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique

-Qualité du rejet variable selon les saisons.

Le coût d'investissement est variable en fonction du prix du foncier, de la taille de la station et de la nécessité ou non d'ajouter une imperméabilisation des bassins. Il peut donc être un avantage ou un inconvénient selon les circonstances.(Prigent, s. d.)

b-Lagunage Aéré :

Principe de fonctionnement : L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO5 éliminée).(« Différents types de lagunage - Degremont® » s. d.)



Figure 12 : Lagune d'aération

Grands mécanismes en jeu :

-Dans l'étage d'aération : les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons. (« Bactéries et micro-organismes du traitement de l'eau » s. d.)

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

-**Lagune de finition** : On peut y ajouter une lagune de finition de type mixte (microphytes et macrophytes) pour affiner le traitement notamment au niveau de l'azote, voire du phosphore. L'élimination de ces deux paramètres peut se faire également pour le premier au niveau d'un réacteur de nitrification avec recirculation d'une partie des effluents en tête de lagune primaire et pour le second par voie physicochimique

En lagunage aéré, la population bactérienne sans recirculation conduit :

-A une densité de bactéries faible et à un temps de traitement important pour obtenir le niveau de qualité requis.

-A une floculation peu importante des bactéries, ce qui contraint à la mise en place d'une lagune de décantation largement dimensionnée.

Performances :

Le niveau de qualité de l'effluent est bon pour la matière organique : plus de 80 % d'abattement. Pour les nutriments, l'élimination reste limitée à l'assimilation bactérienne et reste de l'ordre de 25-30 %. La filière se prête aisément à l'apport complémentaire d'adjuvants physico-chimiques en vue d'éliminer les Orthophosphates.(« Bactéries et micro-organismes du traitement de l'eau » s. d.)

Avantages :

Ce procédé est particulièrement tolérant à de très nombreux facteurs qui engendrent, en général, de très sérieux dysfonctionnements dans les procédés d'épuration classiques :

- Variation de charges hydrauliques et/ou organiques importantes.
- Effluents très concentrés.
- Effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnement filamenteux en boues activées).
- Traitements conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables.
- Bonne intégration paysagère.
- Boues stabilisées.
- Curage des boues tous les deux ans.

Inconvénients techniques :

- Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres.
- Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé.
- Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération.
- Forte consommation énergétique.(« Ms.Hyd.Chekroun.pdf » s. d.)

II-La Réutilisation des Eaux Usées Epurées :

1-Le Recyclage de l'eau :

La réutilisation des eaux usées consiste à récupérer les eaux usées après traitement, afin de les réutiliser. Ce recyclage remplit donc un double objectif d'économie de la ressource : il permet à la fois d'économiser les ressources en amont en les réutilisant, mais aussi de diminuer le volume des rejets pollués. L'intérêt en est cependant limité quand il n'y a pas de tension quantitative sur la ressource en eau dans le secteur concerné.

Le recyclage des eaux usées présente l'avantage majeur d'assurer une ressource naturelle et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau. Si l'industrie fut la première à s'intéresser sérieusement au recyclage, depuis quelques années le recyclage des eaux usées tend à devenir une pratique acceptée, notamment pour l'irrigation et l'arrosage des espaces verts, et pourrait rapidement être promue au titre de solution y compris pour des usages domestiques. La réutilisation des eaux usées est avant tout dans un but agricole. En effet, l'agriculture est l'activité la plus consommatrice en eau au regard de la consommation nette. (BENOIT et DAUPHIN ; 2011)

2-Milieus concernés par une REUE :

Les milieux concernés par une REUE peuvent être divers. Néanmoins, on constate que les régions connaissant des manques d'eau sont les plus concernées. (BENOIT et DAUPHIN ; 2011)

Le bassin méditerranéen est l'une des régions du monde où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée, sauf en Algérie. En Algérie l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terres agricoles est encore à l'état « embryonnaire » et ne se pratique que sur de très faibles superficies et souvent à titre expérimentale. (GHARZOULI.M ;2014)

On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc.
- Réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc.
- Réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, arrosage de parcs, etc.
- La production d'eau potable.
- La recharge des nappes.

3-Les différentes Réglementations dans le monde :

La réutilisation des eaux usées pour l'agriculture nécessite une réglementation approfondie afin de garantir la protection de la santé publique et de limiter les risques sanitaires. En effet les eaux usées peuvent être à l'origine de contaminations bactériologiques et chimiques ayant des conséquences redoutables. Les polluants microbiologiques des eaux usées urbaines sont en grande partie d'origine fécale, des traitements sont indispensables. Au niveau de l'Algérie, il n'existe pas de réglementation encadrant la réutilisation des eaux usées. Cependant l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a établi plusieurs normes pour les différentes utilisations. En effet, selon le mode de culture et le type d'agriculture, le risque de contamination varie, ce qui explique une diversité des normes. (BENOIT ;2011)

« Les recommandations de l'OMS sont les seules à l'échelle internationale. Elles sont source d'inspiration pour de nombreux pays à travers le monde. » (BAUMONT.S)

La qualité des eaux usées est un élément essentiel à prendre en compte lors d'étude sur la réutilisation. En effet, elles peuvent contenir des polluants chimiques très difficiles à traiter. C'est pour cette raison que les eaux domestiques sont largement préférées aux eaux industrielles.

On peut noter qu'il existe une différence notable sur la législation concernant l'étude expérimentale et l'utilisation agricole des eaux usées traitées. Cependant, une demande doit être formulée au préfet, à l'aide d'un dossier justifiant de la qualité des eaux grâce à des analyses.

3-1-Règlementation Nationale de la REUE (Cadre réglementaire en Algérie) :

La loi n°05-12 du 04 Août 2005 : relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60-année 2005).

Le décret n°07-149 du 20 mai 2007 : fixe les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent.

Les arrêtés interministériels du 02 janvier 2012 : qui prennent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012 par le ministère des ressources en eau. (JO n°41) Ces arrêtés fixent :

Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et les paramètres physico-chimiques, ainsi que la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

-La norme Algérienne N°17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles -Spécifications physico-chimiques et biologiques » est disponible au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation IANOR.

La **REUE** sollicite une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux.

-Le contrôle technique, la gestion des périmètres irrigués et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles est assurée par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce.

3-2-Normes de qualité des eaux en irrigation :

-L'irrigation avec les eaux usées épurées exige, en plus des paramètres communs d'irrigation avec des eaux conventionnelles, la maîtrise d'autres paramètres liés à la qualité physico-chimique et microbiologique des effluents (microorganismes pathogènes, éléments toxiques, salinité...etc.).

Tableau 5 : Paramètres Physico-Chimique (JO, juillet 2012)

	Paramètres	Unités	Valeurs Limitées maximales
Physique	Température	°c	30
	PH	-	6,5-8,5
	MES	mg/l	30
Chimiques	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR= 0 -3 CE		0,2
	3 -6		0,3
	6-12		0,5
	12-20		1,3
	20-40		3
	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure	meq/l	10
	Azote (NO3-N)	mg/l	3
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5

Selon les recommandations, la qualité chimique à laquelle doivent répondre ces eaux est la suivante :

Les effluents à dominance domestique :

-Rapport DCO/DBO5<2,5

-DCO<75mg/l

-NTK: Azote total Kjeldhal<100mg/l.

Peuvent être utilisés, après épuration pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces verts

-La **législation en Algérie qui traite la réutilisation des eaux épurées** conformément aux textes suivants :

Du **décret N°07-149 du 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux épurées à des fins agricoles.**

Arrêté interministériel du 02/01/2012 fixant les spécifications des eaux épurées utilisées à des fins d'irrigation.

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée.

Chapitre II :
Présentation du la zone d'étude

I-Caractéristiques générales de la zone :

I-1-situation Administrative :

Du point de vue administratif, La zone d'étude fait partie de la circonscription administrative de la wilaya de Ghardaïa, elle regroupe la ville d'El Meneaa et de Hassi el Gara appelée ville d'El Goléa.

Cette zone d'étude se situe au Sud de son Che Lieu de wilaya, elle est limitée au nord par la commune de Hassi Lefhel, au Sud par la wilaya de Tamenrasset, à l'est par la wilaya d'Ouargla et à l'ouest par la wilaya d'Adrar.

La superficie des deux communes (El Meneaa et Hassi Gara) est donnée dans le tableau :

Tableau 6 : Superficies des communes d'El Meneaa et Hassi Gara

Communes	Superficies (Km²)
El-Ménéaa	27 000
Hassi-El-Gara	22 000
Total	49 000

I-2-Situation géographique :

La ville d'El Meneaa et Hassi El Gara est une Oasis splendide née sur le lit de l'Oued Segueur, où des éléments marquent l'existence d'un noyau à forte concentration dans une région aride : la nappe phréatique et la flore oasis sienne.

Située à une latitude de 30°35' et une longitude de 2°52', son altitude moyenne atteint 396 mètres. Le site de la ville est en plein développement, il est bordé par l'immense Erg accidentel du côté ouest, à l'Est, il se trouve dominé par la falaise de Hamada que forme le plateau de Tademaït.

Elle est distante du littoral (Alger) de 900 km et de 470 km du pied de l'Atlas saharien (Laghouat). El Meneaa est un lieu de transit important vers le grand sud saharien et le Niger.

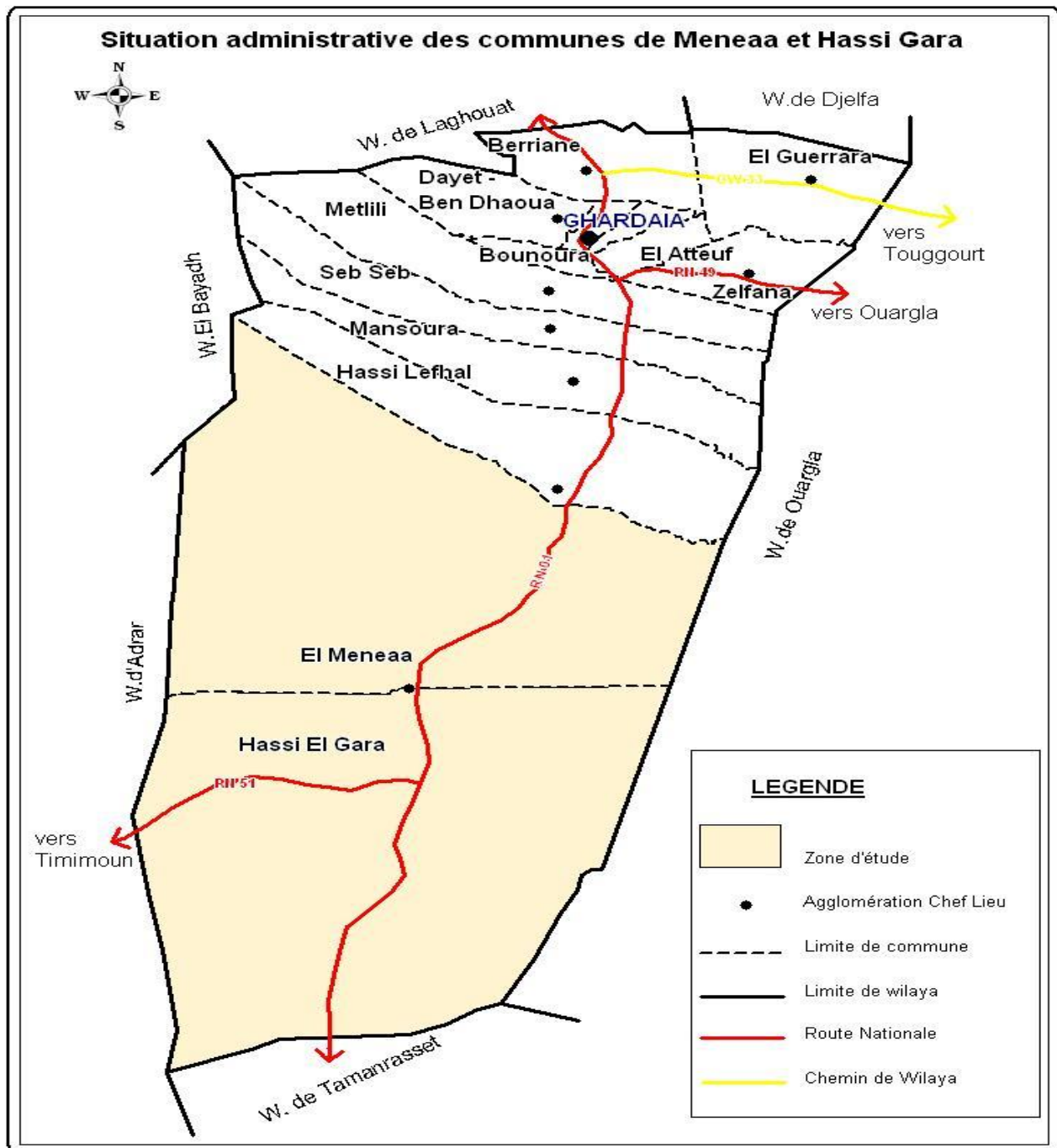


Figure 13 : Situation administrative des communes d'El Meneaa et Hassi Gara

I-3- Milieu physique :

I-3-1- Le relief :

L'oued Segueur descend des Monts du Djebel Amours, il est à l'origine de la création du milieu urbanisé tant sur le cadre physique qu'humain. Situé sur une altitude moyenne de 396 m du niveau de la mer, l'ensemble physique de la ville est compris entre l'Erg occidental du bassin de la Saoura, une vraie mer de sable, incessamment déplacé par les vents vers l'Erg oriental. L'Erg occidental domine l'espace du côté Ouest et ressort vers le Nord du côté du plateau, dans les terrains bas où se cumulent le sable sur les bas-côtés de la route nationale gênant le plus souvent la circulation des véhicules.

A l'Est la structure physique marquée par le plateau Hamada de Tademaït, qui prend ces limites à l'Est de l'Oasis Taghit, la falaise contourne le lit de l'Oued Segueur, se perd dans l'Erg pour réapparaître à 30 Km au Nord d'El Meneaa, l'oued se heurte à la Hamada et n'a pu la franchir. Ce travail d'érosion est encore très visible. L'oued Segueur alimente la nappe phréatique de la région.

I-3-2-La géologie :

Le sol dans le périmètre de la ville est très varié :

-La vallée de l'oasis est un lit alluvionnaire composé de terrains agricoles fertiles. Plus profondément, il existe des couches de gré albien au niveau des eaux artésiennes.

-Les terrains de la partie Est du Côté de la falaise "TAGHIT" et "OUAJDA", sont formés d'argile.

-Le plateau est formé par des couches de calcaire et de pierres solides.

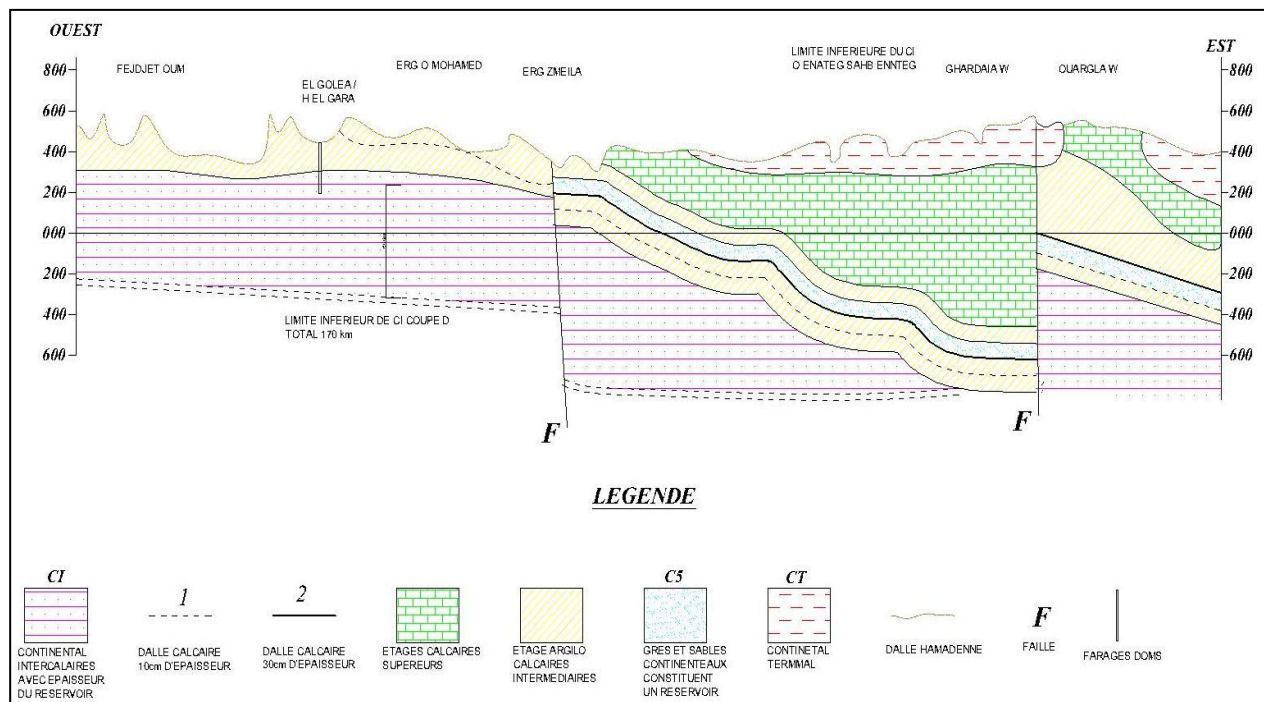


Figure 14 : Coupe géologique de la région d'El Meneaa

I-4-Climat :

Le climat est la synthèse des conditions atmosphériques dans une région donnée, il est défini par différentes caractéristiques (Température, vitesse de vent, humidité et précipitation etc).

L'estimation de ces différentes caractéristiques climatiques relatives à l'étude de la STEP d'El Goléa est faite sur la base des données relevées à la station climatologique d'El Goléa dont les coordonnées sont : (Lat = 21° 12', Longt = 00° 34 E et Z = 397,0 m).

Les données climatologiques observées à la station d'El Goléa sont collectées auprès des services de l'Office National de la Météorologie (O.N.M), elles se présentent sous forme de totaux mensuels et annuels.

I-4-1-Température :

Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales sont données dans le tableau suivant :

Tableau 7: Répartition mensuelle (moy, min, max) de la température de l'air en °C

Paramètre	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy An
Température Moy (°C)	10,0	12,6	17,7	21,4	27,3	32,0	35,1	34,4	29,9	23,3	15,7	11,0	22,5
Température Min (°C)	3,0	4,6	9,3	13,2	18,7	23,1	26,2	25,8	22,1	16,2	8,6	3,9	14,5
Température Max (°C)	17,2	20,0	24,8	28,7	34,6	39,4	42,5	41,8	37,0	30,7	23,2	18,2	29,8

D'après le tableau ci-dessus, on enregistre une température moyenne de 22,5 °C, et une moyenne minimale pendant le mois de Janvier de 3,0 °C et une moyenne maximale pendant le mois de juillet avec 42,5 °C.

I-4-2-Vitesse et direction du vent :

Les valeurs moyennes de la vitesse du vent sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8: Vitesse du vent en m/s (1975 – 1984) - (1993 – 2007)

Paramètre	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Vitesse du vent (m/s)	2,8	3,4	4,0	4,5	4,4	4,3	3,4	3,6	3,8	3,1	2,7	2,7	3,6

Les vitesses du vent sont relativement homogènes durant toute l'année, La moyenne annuelle est de 3,6 m/s.

Les directions générales du vent enregistrées à la station d'EL Goléa sont données dans le tableau 4. D'après ce dernier on remarque que la direction du vent dominante est de direction NE avec une fréquence de 18%.

Tableau 9: Directions du vent

Direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Fréquence (%)	12	18	10,5	3	6	6	6	7,2

I-4-3-Evaporation :

L'évaporation est un paramètre très important dans l'analyse de la ressource en eau, dans ce cas une bonne estimation de ce paramètre est nécessaire.

La distribution moyenne mensuelle de l'évaporation est donnée dans le tableau :

Tableau 10: Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne en mm

Paramètre	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Evaporation moyenne (mm)	126	158	264	323	421	464	511	483	369	262	164	124	3720

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante pendant la période allant du mois de mai à septembre et elle est plus faible du mois de novembre à janvier.

Le cumul annuel est de 3720 mm, elle est mesurée sous abri à l'évaporomètre Piche dont les mesures sont supérieures de 20 à 25 % de l'évaporation à l'air libre, pour cela et pour se rapprocher des valeurs réelles on introduit un coefficient correcteur $K = 0,78$ qui nous donne une valeur de l'évaporation égale à $E = 2902$ mm.

I-4-4-Humidité :

La distribution moyenne mensuelle de l'humidité est donnée dans le tableau :

Tableau 11: Répartition mensuelle de l'Humidité en %

Paramètre	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	An
H (%)	56,7	47,4	41,2	33,7	30,3	25,0	23,2	25,0	28,9	33,1	48,8	55,1	37,4

On enregistre une humidité moyenne de 56,7 % durant le mois de janvier supposé le mois le plus humide qui tombe jusqu'à 25 % durant le mois de Juin du aux vents secs que connaît la région.

I-4-5-Ensoleillement :

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est assez élevée ; L'ensoleillement annuel total est de 3462 heures.

Tableau 12 Ensoleillement en heures (1975 – 1984) - (1993 – 2007)

Année/ Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	An
Moy	261	257	290	298	314	323	343	323	267	277	252	258	3462

I-5-Les eaux superficielles :

5-1-Réseau hydrographique : La zone d'étude est sillonnée par un réseau hydrographique dense dont les principaux oueds sont : oued Bouali, oued Zirara, Oued Gouret Moussa et Oued Segueur.

5-2-Zone humide d'El Meneaa : La zone humide d'El Meneaa est située à 12 km au sud de la Daïra d'El-Meneaa, dans la commune de Hassi el-Gara et à 280 km de la ville de Ghardaïa (chef-lieu de Wilaya).

Elle forme un écosystème particulier possédant une superficie de 18947 ha (plan d'eau) et une diversité biologique appréciable. Elle est classée le 07.05.2002 par décret de Monsieur le Wali zone à protéger et à promouvoir puis classée conformément à la convention RAMSAR .

I-6-Les eaux souterraines :

Il existe deux (02) systèmes aquifères dans la région de la zone d'étude :

- Nappe du complexe terminal (C.T)
- Nappe du continental intercalaire (C.I).

Les principales ressources en eau exploitées (irrigation et alimentation en eau potable) dans la région d'El Meneaa sont les eaux de la nappe continentale intercalaire « Albien ». Le toit de l'Albien peut être atteint à 50 m. le tableau suivant donne les différentes zones hydriques.

Tableau 13: Les zones hydriques

Zone	Profondeur	Localisation	Commune
Zone A	Entre 50 et 350 m	Nord - ouest	El Meneaa
	Entre 200 et 250 m	Sud - ouest	Hassi Gara
Zone B	Entre 50 et 350 m	Ouest	El Meneaa
		Ouest - sud	Hassi Gara
Zone C	Entre 400 et 450 m	Partie centrale	El Meneaa
	Entre 50 et 450 m	Sud - est	Hassi Gara
Zone D	Plus de 450 m	Extrême est	El Meneaa et Hassi Gara

1-7- L'occupation du sol communale : Le territoire communal d'El Meneaa et Hassi El Gara se repartie comme suit :

1-7-1-Terres nues : Elles englobent tous les terrains rocheux et accidentés, ainsi que les terrains urbanisés

1-7-2- Zones dunaires et ensablées : L'erg occidental constitue une limite de l'espace à développer. En effet, du fait de sa texture et de sa mobilité aucune action de développement ne peut être envisagée sur cette vaste étendue. Elle constitue, en outre, une source d'ensablement pour les zones avoisinantes.

1-7-3-Parcours : Toutes les zones traversées par des écoulements d'eau notamment les vallées, les chaâbas et les dayas. On distingue deux (02) catégories :

- a- Zones d'oueds et des dayas : Il s'agit principalement des régions situées au Nord et au Nord Est de la ville d'El Meneaa sillonnées par un réseau hydrographique dense dont les principaux oueds sont oued Bouali - oued Zirara, oued Gouret Moussa et oued Segueur.
- b- Zone de hamada : Elle couvre la partie Est de la région et elle est caractérisée par un sol dur érodé par des vents et un couvert végétal de faible densité qui ne peut être valorisé que par l'élevage camelin

I-8-Evolution démographique :

La répartition de la population des communes d'El Meneaa et Hassi El Gara selon la dispersion géographique est représentée dans le tableau :

Tableau 14 : Répartition de la population selon la dispersion géographique.
Source : DPAT de Ghardaïa 2008

Communes	Agglomération chef-lieu	Agglomération secondaire	Zone éparsé		Total
			Total	Dont nomade	
El-Meneaa	38555	-	1107	622	39662
Hassi Gara	17877	-	146	-	18023
Total zone d'étude	56432	-	1253	622	57685
Total wilaya	374169	6.270	7441	2.958	387880

Au recensement de 2008, la population totale des communes de la zone d'étude était de 57685 hab. dont 56432 personnes habitent les agglomérations Chef-Lieu soit 98 % de la population totale des deux communes.

Le reste de la population (1253 personnes) habitent la zone éparsé soit 2 % de la population totale.

I-9-Perspectives d'évolution de la population à moyen et à long terme :

Pour les projections démographiques, nous avons appliqué le taux d'accroissement fixé dans l'annuaire statistique 2008 pour les deux communes, ce taux d'accroissement est de 1,93 % pour le moyen terme (horizon 2020).

Pour le long terme (horizon 2035) nous avons suivi la même démarche utilisée dans l'annuaire statistique et nous avons calculé le taux d'accroissement qui est de 1,55 %.

L'accroissement de la population de la zone d'étude aux horizons définis ci-dessus est déterminé à partir de la formule suivante :

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

Avec :

P_n : Population future ;

P_o : Population résidente à l'année considérée comme référence ;

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

r : taux d'accroissement ;

Les résultats du calcul de l'évolution de la population sont donnés dans le tableau :

Tableau 15 : Perspectives d'évolution de la population future

Dispersion Géographique	Population			Taux d'accroissement (%)	
	RGPH 2008	Estimation 2020	Estimation 2035	2008/2020	2008/2035
Zone d'étude	56432	70982	85484	1,93	1,55

Le baisse du taux d'accroissement défini par la DPAT pour calculer la population future, ce dernier passera de 1,93 % entre 2008/2020 à 1,55 % entre 2008/2035, ceci peut être expliqué probablement par la création aux futures du nouveau pôle de croissance du Hamada ou de l'apparition d'autres zones éparses et agglomérations secondaires, cependant cela n'exclut pas l'augmentation de la population de 20 % (14550 habitants) entre 2008 et 2035 et de 34 % (29052 habitants) entre 2008 et 2035.

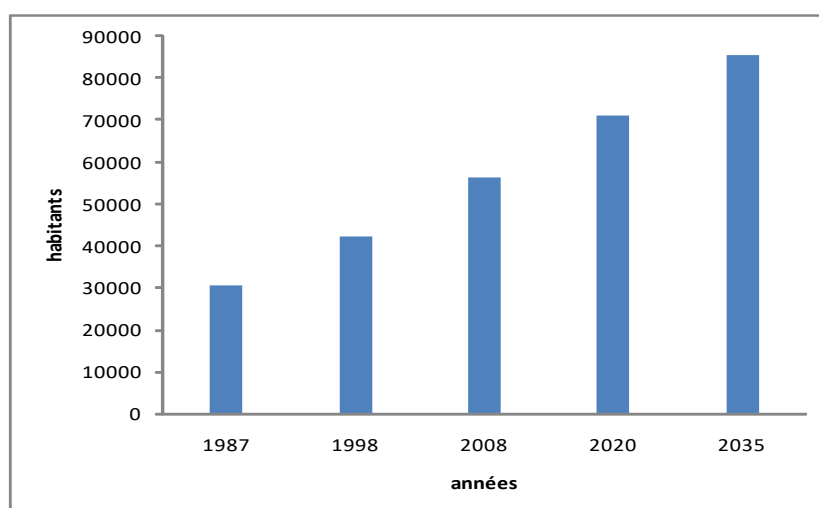


Figure 15 : Evolution de la population entre 1987 et 2035

I-10-Equipements et industries existantes dans la zone d'étude :

L'équipement est une portion d'espace constitué d'une surface occupée et/ou libre, et d'un volume bâti ou se déroulent des activités déterminées avec leur propre organisation, leur structure et leur modalité de fonctionnement au service de la collectivité ou animées par la collectivité

1-Equipements éducatifs et formation.

2-Equipements administratifs.

3-Equipements édilitaires.

4-Equipements de service.

5- Equipements sanitaires.

6-Equipements sportifs.

7-Infrastructures de culture.

8-Infrastructures de culte.

9-Equipements de transport.

9-10-Equipements commerciaux.

9-11-Inventaire des industries existantes.

I-11-Mobilisation des ressources en eau :

11-1-Sources d'approvisionnement en eau potable :

El Meneaa et Hassi Gara sont alimentées en eau potable à partir des forages.

11-2-Infrastructures de stockage :

L'infrastructure d'emménagement existant au niveau de la zone d'étude est composée de réservoirs et châteaux d'eau dont le nombre et la capacité sont cités dans le tableau :

Tableau 16 : Situation des ouvrages de stockage

Communes	Type	Nombre	Capacité M ³	Capacité totale
El Meneaa	Surélevé	01	300	3300
	Surélevé	02	500	
	Semi enterré	01	2000	
	Semi enterré	01	500	
Hassi El Gara	Surélevé	01	500	1500
	Semi enterre	01	1000	

Dans la commune de Hassi Gara deux (02) forages déversent directement dans le réseau d'AEP sans passé par les ouvrages de stockage dont le débit est d'environ 23 l/s. ces forages se situent à Ain Bida et Ain Charguia.

Les deux réservoirs d'eau de Hassi el Gara se vident et se remplissent deux fois par jour.

I-12-Assainissement :

Les investigations à la ville d'El Meneaa/ Hassi Gara, ainsi que les informations recueillies auprès de la subdivision de l'hydraulique et du PDAU, nous permettent de porter l'analyse suivante : La zone d'étude est actuellement assainie au moyen d'un réseau de type unitaire et le taux de raccordement est de 90 %.

I-13-Milieu récepteur :

Il existe un seul rejet dans la zone d'étude qui se fait vers la zone humide d'El Meneaa (photos n°1 et 2). Les eaux usées, pluviales et d'irrigation sont collectées et déversées dans le milieu naturel à l'air libre sans aucun traitement préalable ce qui provoque une menace pour l'environnement et les habitants. Pour faire face à ce problème, la zone d'étude bénéficiera d'une station d'épuration.

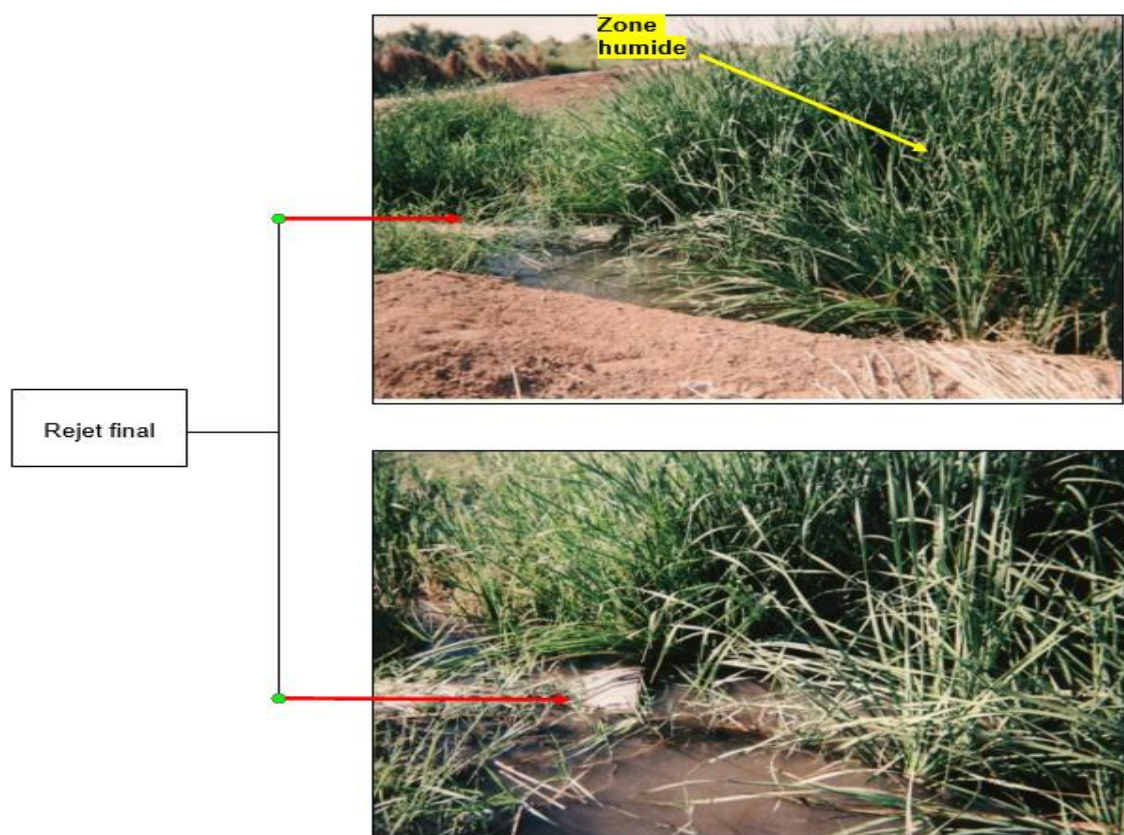


Figure 16 : Milieu récepteur

13-Choix du site potentiel D'implantation de la future STEP :

La faisabilité du projet est conditionnée par un choix approprié du site potentiel d'implantation de la future station d'épuration. Dans ce contexte, le bureau d'études a étudié deux sites potentiels, il a comparé sur les plans environnemental, social, technique et économique, afin d'opter pour la variante qui permet un meilleur projet.

Cette comparaison entre les deux sites, aide à éclairer les autorités concernées à prendre une décision en vue d'optimiser, d'améliorer et d'intégrer le projet dans son environnement avant sa réalisation.

Site potentiel n°1

Le site n°1 d'implantation de la future station d'épuration, est proposé par les services de la Direction Hydraulique de la Wilaya de Ghardaïa. Ce site est situé au Sud de la zone d'étude en allant vers la wilaya de Tamanrasset et plus précisément à l'Est de la zone humide.

Investigations sur le terrain permis de constater ce qui suit :

- Le site de la future STEP est éloigné de l'agglomération d'environ 4 km et la nature juridique du terrain est domaniale ;
- Ce site n'est ni occupé ni exploité (photo 3 et 4) ;
- L'existence d'une ligne électrique à côté de ce site et d'une route non revêtue (piste).

Donc, du point de vue environnemental, la future station d'épuration ne constituera pas une source de nuisances (bruit, odeur...) pour son voisinage, vu son éloignement du tissu urbain.

Par contre :

- La nature du terrain sableuse, peut provoquer un ensablement de la future station d'épuration engendrant son dysfonctionnement.
- Le site a surélevé nécessitant un système de pompage des eaux usées du point de rejet vers la future station d'épuration ;
- La nature géologique et géophysique du site peut nécessiter des travaux de terrassement volumineux et coûteux.

Il en ressort, que si ce site est maintenu le projet aura un impact négatif sur l'économie locale, vu les travaux qu'il faudra effectuer pour permettre la faisabilité technique de ce projet

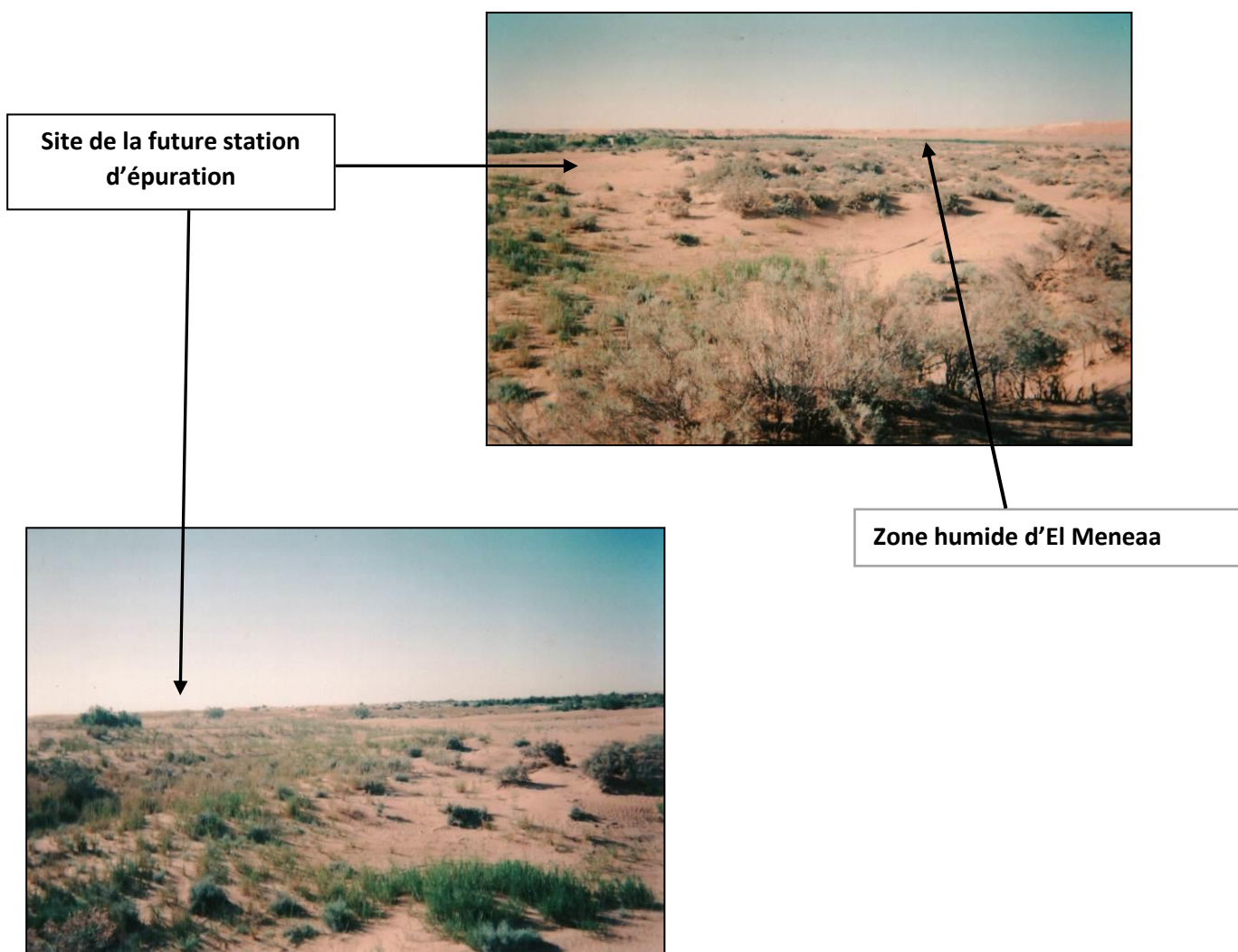


Figure 17 : Site n°1 d'implantation du futur step de la zone d'étude



Figure 18 : terrain sableux

Site potentiel n°2 :

Un second site a été proposé pour la future station d'épuration dans la zone d'étude. Ce site est non loin du premier site cité ci-dessus. Il est situé au Sud de la zone d'étude en allant vers la wilaya de Tamanrasset et plus précisément à l'Ouest de la zone humide (figure 4).

L'existence de la route nationale (RN 1), permet l'accès à ce site

Du point de vue environnemental, le tissu urbain de la zone d'étude est situé loin de la station d'épuration, à environ 4 km et il ne se situe pas dans la direction des vents dominants (la direction du vent dominante est de direction NE) évitant ainsi des désagréments pour les habitants, dues aux nuisances sonores et olfactives qui peuvent provenir de la future station d'épuration.

L'évacuation des eaux usées du point de rejet vers la station d'épuration se fera gravitairement. Un milieu récepteur (zone humide) se trouve à proximité de la station d'épuration, pour l'évacuation des eaux usées après traitement.

Par contre, le site se trouve à proximité d'une zone inondable (zone humide), par conséquent une étude de cette zone doit être élaborée, ceci est dans le but de prévoir la protection du site de la future station d'épuration contre les inondations.



Figure 19 : Site n°2 d'implantation du futur step de la zone d'étude



Figure 20 : Site n°2 d'implantation du futur STEP de la zone d'étude

Choix du site d'implantation du future STEP :

D'après l'analyse précédente, il serait plus judicieux d'opter pour le site n°2, vu qu'il répond mieux aux critères de sélection pour un tel projet, et engendre moins d'impacts négatifs que le premier site.

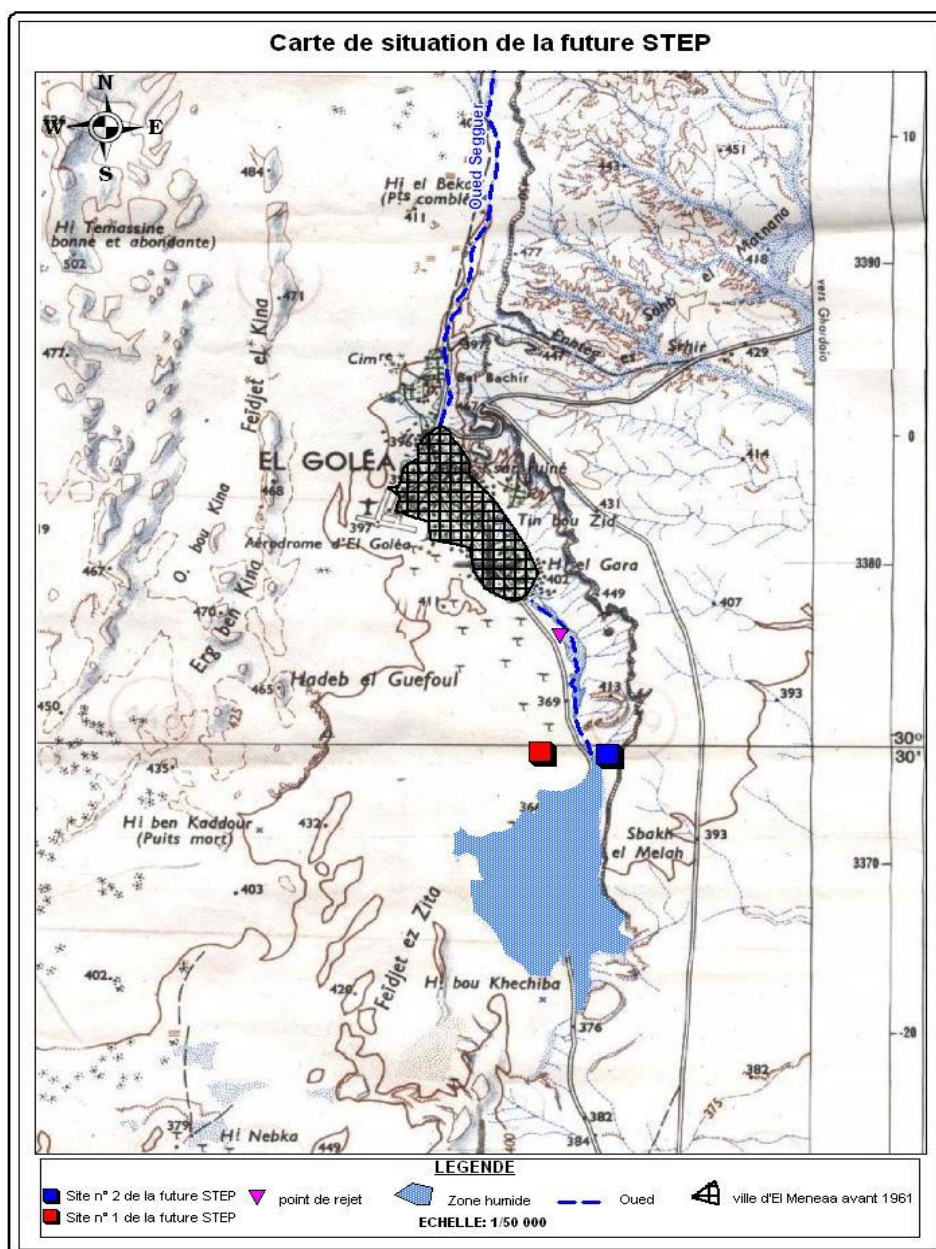


Figure 21 : Carte de situation de la future STEP

Le figure 21 montre la situation de la future STEP, il est situé au Sud de la zone d'étude en allant vers la wilaya de Tamanrasset et plus précisément à l'Ouest de la zone humide. Par contre, le site se trouve à proximité d'une zone inondable donc il est nécessaire de construire une digue contre les inondations.

Chapitre III :
Critères de choix de technique
d'épuration des eaux usées

I-Critères de choix de technique d'épuration des eaux usées :

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel, le choix de technique dépend de plusieurs critères pour réaliser une station d'épuration économique avec un bon rendement. (« REURapport_1_.pdf » s. d.)

Le niveau de performance ne sera donc pas nécessairement considéré comme un élément déterminant du choix des technologies à mettre en œuvre. Il faut noter, par ailleurs, que ce niveau de performance est souvent fallacieux dans la mesure où il implique des sujétions très fortes au niveau de l'exploitation, souvent incompatibles avec les possibilités techniques ou financières. En conséquence, les choix technologiques se porteront à chaque fois que cela sera possible sur des procédés rustiques, très fiables et dont l'exploitation est facile et peu coûteuse. (Bouamama, s. d.)

Les procédés par lagunage répondent particulièrement bien à des critères et constitueront donc pour notre cas dans la zone d'El Meneaa / Hassi Gara **le lagunage** est la meilleure technique d'épuration lorsque les eaux usées dominant sont Les eaux d'égout domestiques et donne des bons résultats dans tous les Eléments d'appréciation et il existe des surfaces en abondance.

Donc pour la zone d'étude la technologie d'épuration recommandé est le **lagunage naturel** ou **le lagunage aère**.

Le tableau 17 présent les procédés en fonction Eléments d'appréciation

Eléments Procédés	Caractéristiques de l'effluent brut		Construction		Données économiques		Qualité de l'épuration		Appréciation globale
	Dilution	Pointes de pollution	Facilité de mise en œuvre	Intégration	Investissement	Exploitation	Performance	Fiabilité	
Épuration physique (primaire)	Bonne	Moyenne	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Bonne	Médiocre	Bonne	Sujet au niveau 1 souvent suffisant pour les très petites installations avant rejet dans le sol
Épuration physico-chimique	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Moyenne	Mauvaise	Mauvaise	Moyenne	Moyenne	Ne se justifie que dans le cas d'utilisation temporaire (camping...).
Biologique cultures fixées (lits bactériens)	Bonne	Médiocre	Mauvaise	Mauvaise	Médiocre	Bonne	Moyenne	Bonne	Facile à exploiter, comportant peu d'organes mécaniques
Biologique cultures libres (boues activées)	Médiocre	Médiocre	Bonne	Moyenne	Médiocre	Moyenne	Bonne	Médiocre à bonne	Implique une exploitation délicate et coûteuse en sous-charge - ne se justifie que dans les cas de milieux récepteurs très exigeants.
Biologique extensif lagunage	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne à bonne	Bonne	De très loin le mieux adapté lorsque les surfaces nécessaires à sa mise en œuvre sont disponibles

Tableau 17 : les procédés en fonction Eléments d'appréciation

II -Étude et comparaison des techniques d'épurations extensives:(lagunage naturel et lagunage aère)

Le traitement des eaux usées domestiques par procédés extensifs a été amélioré ces dernières années. L'eau traitée par ces techniques peut être réutilisée pour l'irrigation et/ou pour les besoins du bétail. L'épuration par les procédés extensifs a pu démontrer son efficacité dans plusieurs pays. Le processus d'épuration par cultures libres repose sur le développement d'une culture bactérienne, de type aérobie principalement. L'oxygène provient de diverses sources selon les filières. La culture bactérienne est ensuite séparée de l'eau traitée par mécanisme de sédimentation dans un ouvrage, le plus souvent, spécifique (clarificateur, lagune de décantation...)

Le lagunage naturel et lagunage aéré ont des différents avantages et inconvénients que nous allons énumérés.

1-Lagunage Naturel :

1-1-Principe de fonctionnement :

Le lagunage naturel est le procédé se rapprochant le plus du procédé d'autoépuration naturelle présent dans les rivières. Après prétraitements, les eaux usées transitent par une succession de trois bassins peu profonds. En surface, l'oxygène de l'air permet le développement des microorganismes aérobies et la lumière favorise le développement des algues qui enrichissent également le milieu en oxygène grâce au phénomène de photosynthèse. (Almasi A., Pescod M. B ;1996)

1-2- Domaine d'application :

Pour un traitement par lagunage naturel, seules des eaux résiduaires domestiques et peu concentrées, avec une DBO5 inférieure à 300mg/l en moyenne annuelle, peuvent garantir le bon fonctionnement de la filière

1-3- Les conditions climatiques :

-Le vent : il faut connaître l'intensité et la direction des vents dominants qui favorisent l'oxygénation des eaux des bassins, mais qui peuvent aussi dégrader les digues par batillage.

-La température : elle intervient dans les calculs de dimensionnement des installations. Les moyennes mensuelles devront être connues pour les 5 dernières années.

-L'évaporation : dans certaines régions, elle est très intense en période estivale (10 à 15mm par jour). Elle diminue le débit des effluents traités et augmente donc la charge à l'hectare. Elle peut être néfaste et doit donc être prise en compte lors des calculs du dimensionnement des différents bassins.

-La pluviométrie : elle doit être connue pour le calcul de la hauteur des digues, afin d'éviter tout risque d'inondation

1-4-Temps de séjour et débit dans la station :

Pour un traitement complet et sans apport d'eaux pluviales, le temps de séjour est estimé entre 60 et 80 jours. Le débit est généralement évalué entre 150 et 200l/hab./j

Dans les zones à climat chaud et sec, la température accélère les processus biologiques et l'évaporation augmente le temps de séjour : ces deux phénomènes rendent possible une réduction de moitié des surfaces.(BeCloud.com s. d.)

1-5-Profondeur :

Dans chaque lagune, une profondeur de 1m, avec une tolérance $\pm 10\%$, est préconisée pour les raisons suivantes :

- Permettre une pénétration de la lumière, et donc assurer une oxygénation suffisante,
- Limiter les effets d'une éventuelle stratification thermique des bassins,
- Eviter la pousse des végétaux supérieurs, tels que les macrophytes,

Cependant, une profondeur supérieure à 1m peut s'avérer nécessaire au niveau du point d'alimentation de la première lagune, sujette à une accumulation de dépôts. (Almasi A., Pescod M. B ;1996)

1-6-Dysfonctionnement :

Le lagunage naturel a beaucoup des avantages mais mais ayez beaucoup de dysfonctionnement le tableau au-dessous présent les Principaux dysfonctionnements et leurs causes :

Tableau 18 : Principaux dysfonctionnements

Dysfonctionnement	Cause	Solution
<ul style="list-style-type: none"> - Bassins vides - Remplissage difficile - Pas de débit en sortie - Baisse notable du niveau en période sèche 	<ul style="list-style-type: none"> - Infiltrations dues à une étanchéité insuffisante - Interaction avec la nappe phréatique - Présence récupérée d'un ancien drainage. - Installation sous chargée hydrauliquement 	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une étude de sol sérieuse (forage, excavation, mesure de perméabilité) - Respecter une marge de 20 cm au moins entre le niveau le plus bas du terrassement et le niveau haut de la nappe en sous-sol (frange capillaire) - Imperméabiliser le fond des bassins (argile, géomembrane, etc.) - Ajouter un apport d'eaux claires
Prolifération des lentilles d'eau entraînant un couvercle végétal empêchant l'oxygénation et le développement d'algues - (pourrissement de l'eau).	<ul style="list-style-type: none"> - Faible charge - Bassin secondaire ou tertiaire sous chargé organiquement - Elévation de la température - Forte concentration en azote, phosphore, calcium ou magnésium. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lutte biologique : sédentarisation de canards - Ne pas utiliser de désherbant ou autre produit chimique (toxicité pour les poissons) - Elimination manuelle ou mécanique après concentrations en un point du bassin (par le vent)
Dégradation des berges	Erosion due à l'absence de gazon	- Ne pas utiliser de désherbants pour l'entretien des berges
Montée du niveau d'eau en période de crue	- Canalisation de rejet immergée par le milieu récepteur (principe des vases communicants)	- Placer la canalisation de façon à limiter l'introduction d'eaux claires vers la lagune (possibilité de clapets anti-retour)
	Inondation du système par la rivière	Construire des digues dépassant d'au moins 50 cm le niveau de crue

	Communication avec la nappe (mauvaise étanchéité)	Imperméabilisation du fond des bassins (argile et bentonite, éviter la pose de géo membrane)
Odeurs	Mauvais entretien du prétraitement	Augmenter la fréquence de passage pour l'entretien de l'installation
	Anaérobiose des effluents	Recirculation des eaux du dernier bassin ou apport d'eaux claires
	Effluents septiques fermentescibles	Éliminer les cônes de sédimentation
	Présence de purins ou autres eaux usées non domestiques (lait, etc.)	Interdire les rejets de purins et autres rejets non domestiques
- Virage au rouge de la lagune - Odeurs - Baisse de la qualité	- Effluents septiques (développement de bactéries photosynthétiques du soufre)	Limiter le temps de séjour dans les réseaux ou mettre en place des systèmes de lutte contre l'H ₂ S (FeSO ₄ , aération)
-Dégradation des macrophytes	Introduction de canards	Apporter des compléments alimentaires aux canards sédentarisés
	Présence de chasseurs	Exclure la lagune du périmètre de chasse
	Omniprésence de rongeurs	Lutte contre les rongeurs

1-7-Performances :

Les rendements, calculés sur les flux de matière organique, atteignent en moyenne près de 70%, le flux rejeté, est souvent réduit en été (-50%) par l'évapotranspiration. Les concentrations en azote total au niveau du rejet sont très faibles en été, mais peuvent atteindre plusieurs dizaines de mg/l (exprimés en N) en hiver. L'abattement du phosphore est remarquable les premières années ($\geq 60\%$), puis diminue pour atteindre un rendement nul au bout de 20 ans environ. Cette baisse est due à un relargage du phosphore depuis la vase du fond. Les conditions initiales seront restaurées par le curage des bassins. La désinfection est importante, particulièrement en été (abattement > 10000). Cette performance est liée au long temps de séjour de l'effluent (de l'ordre de 70 jours pour un traitement complet), à la compétition biologique et aux ultraviolets solaire.

1-8- Récapitulatif :

Le tableau au-dessous résume tous récapitulatifs de lagunage naturel (Temps de séjours et le performances épuratoires) :

Tableau 19 : Tableau récapitulatif d'une filière type de lagunage naturel

	Lagunage naturel
Etape de traitement	Traitement complet, secondaire ou tertiaire
Nature des eaux à traiter	Eaux résiduaires domestiques, peu concentrées (DBO5 < 300 mg O2/l en moyenne annuelle) et non septiques
Type de réseau de collecte	Fonctionnement optimal sur les réseaux unitaires -équiper les installations raccordées à un réseau unitaire de dispositifs capables de limiter les forts débits en cas de violents orages (by-pass, ...) afin d'éviter le rejet de quantités importantes d'algues dans le milieu récepteur
Nombre de bassins	En général sur trois bassins
Temps de séjour hydraulique	30 à 80 jours
Performances épuratoires	Rendements, calculés sur les flux de matière organique = 70 % en moyenne -Performances hivernales plus faibles -Qualité du rejet variable (MES et formes azotées) selon les saisons -Décroissance progressive de l'abattement du phosphore -Désinfection importante

2- Le lagunage aère :

2-1-Principe de fonctionnement :

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. La consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée.

On distingue : -une lagune d'aération de 3 à 5m de profondeur qui peut varier en fonction de la puissance du système de brassage et avec une surface de 3 à 2m par équivalent/habitant ou les effluents séjournent au minimum 20 jour.

-une ou plusieurs lagunes de décantation d'une hauteur de 2 à 3m avec un temps de séjour d'au moins de 20 jours.(« F08_lagunage_aere.pdf » s. d.)

2-2-Utilisation :

Le lagunage aéré est reconnu comme un procédé d'épuration efficace, notamment au niveau des charges oxydables (90%). Au niveau de l'azote ammoniacal et des ortho phosphates, les performances sont plus limitées : de l'ordre de 45%. Les performances sont fonction de la température (activité des microorganismes), de la charge appliquée et donc de la dilution des eaux entrantes.(« F08_lagunage_aere.pdf » s. d.)

2-3- Conception :

Le tableau suivant représente Base de dimensionnement pour les lagunes aérées en fonction de plusieurs paramètres :

Tableau 20 : Base de dimensionnement pour les lagunes aérées

Paramètre	Base de dimensionnement
Temps de séjour	20 jours (temps de séjours réduit, en fait, à une quinzaine de jours après quelques années de fonctionnement suite au volume occupé par les dépôts de matières en suspension => il ne faut donc pas chercher à réduire ce temps de séjour lors de la conception).
Volume	3 m ³ par usager desservi.
Profondeur	2 à 3,50 m avec des aérateurs de surface (les turbines rapides de 4 kW correspondent à des profondeurs de l'ordre de 2,5 m, celles de 5,5 kW sont utilisées avec des profondeurs comprises entre 2,5 et 3) > 4,00 m possible avec insufflation d'air
Forme du bassin	Un carré autour de chaque aérateur
Puissance spécifique d'aération	Les besoins en oxygène sont de l'ordre de 2 kg O ₂ / kg DBO ₅ . Pour limiter les dépôts à un volume ne perturbant pas le traitement et, par ailleurs, prévenir la formation d'algues microscopiques, il est nécessaire de surdimensionner les aérateurs et d'utiliser une puissance comprise entre 5 et 6 W/m ³ . En fonctionnement, il est toujours possible de réduire le temps de marche de ces aérateurs par rapport aux temps de marche des aérateurs de puissance moindre, ce qui permet de limiter les surcoûts de fonctionnement.

2-4-Dysfonctionnement :

Le tableau suivant représente les causes et les solutions de chaque dysfonctionnement cela pourrait arriver dans la STEP :

Tableau 21 : Principaux dysfonctionnement de lagunage Aéré

Dysfonctionnement	Cause	Solution
Odeurs – départs de boues	Boues trop légères et peu décantables	-Diminuer la charge massique du système en plaçant un traitement primaire en tête de station. Au cas où celle-ci est raccordée à un réseau unitaire, prévoir un trop plein au niveau du poste de relèvement (pour maintenir un temps de séjour minimum dans l'ouvrage) - Réfléchir à l'opportunité d'une adjonction de chlorure ferrique en tête des lagunes de décantation (dans une chambre aménagée à cet effet) pour augmenter les poids des boues et traiter le phosphore
- Coloration brune - Odeurs - Difficulté de décantation	Mauvaise aération, décantation importante dans la lagune d'aération, développement de bactéries réductrices du soufre	Aérer en continu jusqu'à disparition des odeurs au-dessus de la lagune d'aération (en général 24 heures au moins)
	Prolifération de bactéries filamenteuses	-Optimiser la répartition de l'énergie de brassage et d'aération (certaines turbines flottantes ont de mauvais rendements d'oxygénation) - Appliquer en dernier recours de l'eau de Javel en quantité très faible (les bactéries filamenteuses étant très sensibles au chlore)
Rejet d'algues vertes	Cycle d'aération peu ou pas adapté à la charge polluante	Régler les plages d'oxygénation et de repos en enregistrant sur des périodes suffisamment longues et différentes (temps sec et pluie) l'oxygène et le redox dans les bassins
	Station surchargée	Introduction de daphnies dans la lagune de décantation ou de finition

3-L'importance du facteur Climatique :

Les systèmes de lagunes sont sensibles aux conditions de température de l'eau. Le temps de séjour dans les bassins varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement

affecte les rendements attendus. Les fortes évapotranspirations rencontrées pendant les saisons chaudes peuvent augmenter considérablement le temps de séjour et, par voie de conséquence, le rendement. Le gel d'une tranche d'eau supérieure en hiver, au contraire, réduit le temps de séjour. (« F08_lagunage_aere.pdf » s. d.)

4- choix de technique d'épuration :

Le choix va donc se faire au regard des avantages et des inconvénients des différentes techniques dont voici un tableau récapitulatif.

Tableau 22 : Récapitulatif des avantages et inconvénients de lagunage naturel et aère

Filière	Avantages	Inconvénients
Lagunage naturel	<ul style="list-style-type: none"> -Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable -L'exploitation reste légère mais, si le curage global n'est pas réalisé à temps, les performances de la lagune chutent très sensiblement -Elimine une grande partie des nutriments phosphore et azote (en été). -Faibles rejets et bonne élimination des germes pathogènes en été -S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique -Pas de construction "en dur", génie civil simple -Bonne intégration paysagère -Bon outil pour l'initiation à la nature -Absence de nuisance sonore -Les boues de curage sont bien stabilisée sauf celles présentes en tête du premier bassin. 	<ul style="list-style-type: none"> -Forte emprise au sol (10 à 15 m²/EH) -Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune -Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui est moins néfaste qu'une matière organique dissoute pour l'oxygénation du milieu en aval -Qualité du rejet variable selon les saisons
Lagunage aère	<ul style="list-style-type: none"> -Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes -Tolérant aux effluents très concentrés -Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnement filamenteux en boues activées) ; -Traitement conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables. -Bonne intégration paysagère -Boues stabilisées. 	<ul style="list-style-type: none"> -Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres -Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé -Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération -Forte consommation énergétique.

Donc en remarque que pour les deux technologies il y a presque les mêmes dysfonctionnements et donne le même rendement d'épuration, mais dans notre zone d'étude (ville d'El Meneaa / Hassi Gara), les deux techniques sont comparées par le rendement d'élimination des nutriments phosphore et azote

Tableau 23 : les rendements d'élimination pour les principaux polluants

Traitement	MES %	DBO ₅ %	DCO %	N _t %	P _t %	Métaux %	Fiabilité
Lagunage naturel	60-75	70-95	80-90	25-40	20-30	20-60	Excellente
Lagunage aéré	70-92	65-90	60-85	-	< 20	20-60	Bonne

Il s'avère que l'épuration par lagunage naturel représente un rendement épuratoire le plus intéressant et qui donne une bonne élimination des germes pathogènes et finalement la technologie qui a été choisie est le **Lagunage naturel**, représente le procédé le plus fiable dans notre cas.

Chapitre IV :
Estimation le débit des Rejets

1-Introduction :

La qualité et la quantité de l'eau sont menacées dans l'Algérie. Malgré la construction de nouveaux barrages et l'utilisation de la technologie de dessalement, le déficit hydrique 1 milliard de mètres cubes d'ici 2025. L'estimation des incidences dues aux changements climatiques, en matière de ressources en eau, est de l'ordre de 1,0 et 1,9 milliard de m³ à l'horizon 2020 dans le cas du scénario moyen et du scénario haut respectivement. On peut dire que :

-Dans le cadre du scénario moyen, le volume d'eau mobilisable est à la limite des besoins du pays.

-Dans le cadre du scénario haut, le volume d'eau mobilisable est inférieur de 0,8 milliard m³ par rapport aux besoins du pays.

Habituellement, la réduction des ressources en eau s'accompagnera d'une augmentation de la demande d'évaporation de l'air. La dégradation du couvert végétal entraînera une augmentation du ruissellement et réduira la possibilité d'infiltration des eaux de pluie. La rareté croissante des ressources en eau entraînera une diminution de la quantité d'eau disponible pour chaque habitant.

C'est pourquoi l'Algérie a adopté le Plan National de l'Eau étalé jusqu'à l'horizon 2030, cet outil de planification souple et évolutif a pour principaux objectifs :

- Assurer une durabilité de la ressource
- Créer la dynamique de rééquilibrage territorial
- Créer et renforcer l'attractivité et la compétitivité
- Garantir une bonne gouvernance de l'eau

Le tableau 24 donné par Plan National de l'Eau montre la répartition de chaque région (région nord, région haut plateaux et région sud) et donne la dotation unitaire domestique selon des Hypothèse volontariste pour plusieurs horizons qui est en fonction d'urbanisation des villes (urbaines, semi-urbaines, etc.) :

Tableau 24 : Dotation unitaires domestique et assimilés d'après PNE

Hypothèse Volontariste	Dotations unitaires domestique et (autres usages) assimilés (en l/hab/j)														
	Région Nord					Région Hauts Plateaux					Région Sud				
HORIZON	2010	2015	2020	2025	2030	2010	2015	2020	2025	2030	2010	2015	2020	2025	2030
Métropoles (SPE)	170	170	162	153	145	179	179	170	161	152	196	196	186	176	166
Métropoles	144	144	136	136	128	151	151	143	143	134	166	166	156	156	147
Urbain sup	128	128	120	120	120	134	134	126	126	126	147	147	138	138	138
Urbain	112	112	105	98	98	118	118	110	103	103	129	129	121	113	113
Semi urbain	108	108	101	95	95	113	113	106	99	99	124	124	116	109	109
Semi rural	94	94	88	88	88	98	98	92	92	92	108	108	101	101	101
Rural aggloméré	81	81	81	81	81	85	85	85	85	85	93	93	93	93	93
DOTATION MOYENNE PONDEREE population aggloméré	121	121	114	109	108	118	113	110	110	110	126	128	121	117	118
Eparse	60	60	60	60	60	63	63	63	63	63	69	69	69	69	69

On remarque que les dotations sont en diminution malgré le développement des villes et augmentation des populations, Cela est dû aux pertes qui existe dans le réseau d'AEP et il y a beaucoup de gaspillage au niveau des personnes qui ne possède pas de comptage.

Dans le plan national des eaux la ville d'El Goléa est une ville semi-Urbain parce qu'il est composé de deux communes El Meneaa et Hassi el Gara donc d'après le PNE la dotation pour l'année 2035 de la ville d'El Goléa est estimé de 109 l/s, dans le but d'utilisé des dotations plus proche à la réalité, parce que les habitants sont le consommateur potentiel dans les zones urbaines.

2-Calcul des besoins en eau potable :

2-1-Besoins domestiques :

-Estimation des besoins domestique en eau potable pour l'année 2008 :

La ville d'El Meneaa et de Hassi el Gara appelée ville d'El Goléa en 2008 a une population de 56432 habitants avec une dotation en eau potable de 124 l/hab.

Donc : $Q_{AEP} = D * N$

Avec : D : dotation en l/hab/j

N : nombre d'habitants

Dans le programme national des eaux la dotation pour l'année 2035 de la ville d'El Goléa est estimé de 109 l/s dans le but d'économiser l'eau et d'éviter de la gaspiller.

Tableau 25 : Estimation des besoins domestique en eau potable pour l'année 2008 et 2035

	Population	Besoins en eau potable(m3/j)
Ville d'El Goléa (2008)	56432	6997.6
Ville d'El Goléa (2035)	85484	9317.8

2-2-Besoins des équipements socio-économiques :

Dans la ville d'El Goléa il y a des équipements socio-économiques qui consomme l'eau potable, dans cette partie je calcule les débits de cet équipement.

- Equipements éducatifs et formation :

Pour calcule la consommation d'un établissement éducatif nous devons connaître la consommation d'un seul élevé pour chaque établissement, le tableau au-dessous résume les résultats :

Tableau 26 : Estimation des besoins Equipements éducatifs et formation en eau potable (Source : PDAU et annuaire statistique 2008) (Reed.B.2013)

Équipements	Nombre d'établissements	Nombre d'élèves	Besoins en eau potable (m ³ /j)	Besoins en eau potable (m ³ /j)
Enseignement primaire	29	7613	5 L	38.065
Enseignement moyen	09	6953	5 L	34.765
Enseignement secondaire et technique	03	2099	5 L	10.5
Formation professionnelle	02	700	5 L	3.5
Consommation Totale	/	/	/	86.83

On peut voir que les Enseignement primaire et Enseignement moyen sont les plus grands consommateurs d'eau potable pour les Equipements éducatifs et formation.

-Equipements administratifs :

Le tableau au-dessous donne la répartition des équipements administratifs dans la zone d'étude avec leur besoin en eau potable. Le tableau 27 résume les résultats :

Tableau 27 : Estimation des besoins d'Equipements administratifs en eau potable (Source : PDAU d'El Meneaa et Hassi Gara) (Reed.B.2013)

Équipements	Nombre	Surface (m ²)	Besoin en eau potable(m ³ /j)
APC et annexes	06	300	1.5
Daïra	01	600	3
S.U.C.H	01	200	1
Etablissement Hydraulique	01	200	1
Etablissements postaux	03	450	2.25
Subdivision agricole	01	200	1
Sonelgaz	01	200	1
CNEP	01	200	1
Agence foncière	01	200	1
Consommation totale	/	/	12.75

Les Equipements administratifs ne consomme pas beaucoup d'eau potable car ils utilisent de l'eau uniquement pour le nettoyage.

-Equipements édilitaires :

Le tableau 28 résume les besoins en eau potable des équipements édilitaires

Tableau 28 : Estimation des besoins d'Equipements édilitaires en eau potable (Source : PDAU d'El Meneaa et Hassi Gara) (Reed.B.2013)

Equipements	Nombre d'équipements	Nombre	Consommation en eau potable (m3/j)
Douane	01	800	80
Protection civile	01	50	5
Secteur militaire	01	4000	400
Gendarmerie	01	60	6
Police communale	01	100	10
Consommation totale	/	/	501

Équipements éditaires utilisant beaucoup de l'eau paracerque il y a un grand nombre des personnes en service et la plupart restent dans le dortoir.

-Equipements de service :

Les équipements de services existants dans la zone d'étude sont donnés par le tableau :

*Tableau 29 : Répartition des équipements de service (Source : PDAU et Annuaire statistique 2008)
(Reed.B.2013)*

Équipements	Nombre d'équipements	Nombre	Consommation (m ³ /j)
Tribunal	01	80	0.8
Station de météo	02	10	0.1
CNASAT	0f1	15	1.5
Impôts	01	40	0.4
P.T.T	04	35	0.35
Banque	02	24	0.24
Centre téléphonique	01	14	0.14
Station de service	02	15	0.15
Consommation totale	/	/	3.68

Equipements de service sont comme les équipements administratifs qui consomme l'eau uniquement pour le nettoyage.

- Equipements sanitaires :

La zone d'étude dispose plusieurs d'équipements sanitaires et chaque équipement a un besoin d'eau potable le tableau résume les résultats :

*Tableau 30 : Hôpitaux es et consommation d'eau potable (Source : PDAU et Annuaire statistique 2008)
(Reed.B.2013)*

	Nombre	Nombre des lits	Dotation (l/j)	Consommation en eau (m ³ /j)
Hôpital	01	120	275	33

Tableau 31 : Equipements sanitaires et consommation d'eau potable (Source : PDAU et Annuaire statistique 2008) (Reed.B.2013)

	Nombre	Nombre des malades	Dotation (l/j)	Consommation en eau potable(m ³ /j)
Polyclinique	02	160	50	8
Salle de soin	08	80	10	0.8
Centre de santé	01	80	10	0.8
Centre des handicapés	01	80	50	4
Consommation totale	/	/	/	13.6

Equipements sanitaires nécessite une grande quantité d'eau pour travailler et pour offrir le meilleur service aux malades.

-Equipements sportifs.

Le tableau 8 donne la répartition des équipements sportifs.

Tableau 32 : Récapitulatif des équipements sportifs (Source : PDAU et Annuaire statistique 2008) (Reed.B.2013)

Infrastructure de sport	Nombre d'équipement		Consommation (m ³ /j)
Piscine	01	/	22
Stades communaux	02	8 équipes foot/jours	20
Salle OMS	02	80	12
Maison de jeune	01	50	0.5
Auberge de jeune	01	40	4
Consommation totale	/	/	58.5

Pour les équipements sportifs l'eau est surtout nécessaire pour les douches et remplissages de piscine.

-Infrastructures de culture :

La répartition des infrastructures de culture est donnée par le tableau suivant :

Tableau 33 : Répartition des infrastructures de culture (Source : Annuaire statistique 2008) (Reed.B.2013)

	Centres culturels	Musée	Bibliothèque	Cinéma	Consommation totale (m ³ /j)
Nombre d'équipement	02	01	01	01	/
Consommation en eau potable(m3/j)	1	2	1	3	7

Pour les infrastructures de culture l'eau est nécessaire seulement pour le nettoyage.

-Infrastructures de culte :

La zone d'étude dispose des infrastructures de culte qui sont représentés dans le tableau :

Tableau 34 : Répartition des infrastructures de culte (Source : Annuaire statistique 2008) (Reed.B.2013)

Infrastructures de culte	Mosquées	École Coranique	Zaouïa	Monuments Historiques à Caractère religieux	Consommation totale (m3/j)
Nombre	63	7	11	2	/
Consommation en eau (m3/j)	57	14	20	2	93

-Equipements de transport :

Le tableau donne la répartition et les consommations des équipements de transport :

Tableau 35 : la répartition et les consommations des équipements de transport (Source : PDAU et Annuaire statistique 2008) (Reed.B.2013)

Type	Nombre	Surface (m2)	Consommation (m3/j)
Parc	04	1000*4	15
Gare urbaine	01	2500	10
Gare routière	-	3000	15
Aérodrome	01	1 vole/jour	3.75
Consommation en eau (m3/j)	/	/	43.75

Equipements de transport utilisant l'eau pour l'arrosage des espaces verts et pour le nettoyage

-Equipements commerciaux :

La répartition de la consommation en eau potable des équipements commerciaux est enregistrée dans le tableau au-dessous :

Tableau 36 :la consommation en eau potable des équipements commerciaux (Source : PDAU, Annuaire statistique 2008 et direction de l'environnement) (Reed.B.2013)

Type de commerce		Nombre	Caractéristiques	Consommation (m3/j)
Marché		01	/	10
Marché hebdomadaire		01	2000 m ²	4
Centre commercial		03	36p	0.54
Hamman		05	125	21.875
Hôtel	Classé (privé)	01	120 lits	18
	Non classé (public)	01	100 lits	10
Camping		01	120 lits	12
Abattoir		03	90 têtes	18
Agence de tourisme et de voyage		04	20 p	0.2
Station de lavage		04	40 voitures/j	2
Pharmacie	<i>ENDIMED</i>	02	8	0.12
	<i>Privée</i>	07	21	0.315
Consommation total (m3/j)		/	/	97.05

El Goléa est une ville touristique c'est pour sa les hôtels et les lieux de campings et hamman sont les équipements qui consomment beaucoup de l'eau.

-Inventaire des industries existantes :

D’après la Direction de l’environnement de la wilaya de Ghardaïa les activités industrielles existantes au niveau de la zone d’étude sont : la SARL SBGEM (Société Boisson, Gazeuse Meneaa), la SARL El MENEAA (eau minérale), et SELSABIL (eau minérale) le tableau au-dessous donne la consommation d’eau potable de chaque industrie :

Tableau 37 :la consommation en eau potable des industries existante (la Direction de l’environnement de la wilaya de Ghardaïa) (Reed.B.2013)

	NOMBRE DE TRAVAILLEURS	Consommation (m3/j)
SARL SBGEM (Société Boisson, Gazeuse Meneaa)	25	0.5
La SARL El MENEAA* (eau minérale)	25	0.5
SELSABIL (eau minérale)	49	0.98
Consommation totale (m3/j)		1.98

Les Inventaire des industries existantes consomme l’eau seulement pour le nettoyage et pour les consommations des travailleurs

Consommation journalier totale en eau potable de zone d’étude :

Le tableau au-dessous résume les résultats des besoins en eau potable et donne la consommation journalière de la zone d’étude :

Tableau 38 : Consommation journalier totale en eau potable de zone d'étude

		Consommation en eau potable(m ³ /j)
Besoins domestiques		9317.8
Besoins des Équipements Socio-Économiques	Equipements éducatifs et formation	86.83
	Equipements administratifs	12.75
	Equipements édilitaires	501
	Equipements de service	3.68
	Equipements sanitaires	46.6
	Equipements sportifs	58.5
	Infrastructures de culture	7
	Infrastructures de culte	142.85
	Equipements de transport	43.75
	Equipements commerciaux	97.05
	Inventaire des industries existantes	1.98
CONSOMMATION TOTALE (m³/j)		10270

La consommation totale en eau potable de la zone d'étude est de 10270 m³/j avec l'utilisation de la valeur donner par le PNE qui donne des résultats plus proches a les consommations réelles.

3-Estimation les débits de Rejets :

Pour les eaux de rejeté, le débit moyenne d'eau usées est calculé à la base de 70% de la consommation moyenne d'eau potable par a habitant parce que la ville d'El Meneaa / Hassi Gara est une ville semi urbaine.

-Calcule les Débits :

Pour faire un dimensionnement d'une station d'épuration par lagunage if faut calculer plusieurs débits :

-Débit d'eau usée total journalier : Il est déterminé par la relation suivante (Q_j) :

$$Q_j = (\text{Consommation totale} * R) \text{ (m}^3\text{/j)}$$

R : coefficient de rejet

$$Q_j = (\text{Consommation totale} * R) \text{ (m}^3\text{/j)}$$

$$Q_j = 10319.8 * 0.70 = 7224$$

$Q_j = 7189 \text{ m}^3\text{/j}$

-Le débit moyen horaire : Il est déterminé par la relation suivante (Q_m) : (Aoulmi, 2007)

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

$$Q_m = 7189 / 24$$

$Q_m = 300 \text{ m}^3\text{/h}$

-Le débit de pointe : est un débit maximal est donnée par la relation suivante (Q_p) : (Aoulmi, 2007)

$$Q_p = C_p * Q_m \text{ (m}^3\text{/h)}$$

C_p : coefficient de pointe.

Avec :

$$Q_m = 300 \text{ m}^3\text{/h} = 83.2 \text{ l/s}$$

$$C_p = 1,5 + (2.5/\sqrt{Q_m}) \text{ (} C_p \text{ : sans dimension),}$$

$$C_p = 1,5 + (2.5/\sqrt{83.2})$$

$$C_p = 1.77$$

$$Q_p = 1,77 * 300$$

$Q_p = 531 \text{ m}^3\text{/h}$

4-Qualité des eaux usées :

Après avoir connu le débit des eaux usées qui entrent dans le STEP, nous devons en connaître la qualité des eaux usées qui on concerner par l'épuration. Le tableau au-dessous montre les composants des eaux usées de la ville d'El Goléa qui ont été collectés par les Campagnes d'échantillonnages d'eaux usées urbaines.

Tableau 39 : récapitulatif global illustrant les deux (02) Campagnes d'échantillonnages d'eaux usées urbaines effectuées

Paramètres physico-chimiques examinés	Unités	Concentrations Moyennes
Température d'analyse	(°C)	22,00
Conductivité (C _{25°C})	(µS/cm)	1.630
Minéralisation	(mg/l)	1.152
pH	(--)	7,60
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	(mgO ₂ /l)	72.5
Demande chimique en oxygène (DCO) (*)	(//)	140.7
Matières en suspension (MES, (105 °C))	(mg/l)	63,40
Matières volatiles Sèches (MVS)	(mg/l)	24,25
Rapport (MVS/MES)	(%)	38,25
Rapport (DCO _T /DBO ₅)	(--)	1,98
Azote ammoniacal (N-NH ₄)	(mg/l N)	18,75
Nitrites (NO ₂)	(mg/l)	< 0,50
-O-Phosphates (O-PO ₄) en P	(//)	2,20
Métaux lourds	/	/
Cuivre (Cu)	(mg/l)	(< 0,05)
Chrome (Cr)	(//)	(< 0,10)
Nickel (Ni)	(//)	(< 0,05)
Plomb (Pb)	(//)	(< 0,05)

Les eaux usées de la ville d'El Goléa sont des eaux usées des caractéristiques urbaines parce qu'il n'y a pas des rejets industriels toxique.

Chapitre V :
Dimensionnement de la station

L'ensemble des eaux usées de la zone sont acheminées gravitairement jusqu'à l'entrée de la station grâce à un collecteur de diamètre 700 mm en acier.

A capacité nominale, la station d'épuration des eaux usées produites par la population de la ville d'El Meneaa / Hassi Gara sera dimensionnée pour l'horizon 2035 avec les caractéristiques suivantes :

- Population raccordée : **85484**
- Débit max journalier d'eaux usées : **7189 m³/j**,
- Pollution organique à l'entrée : **523.74 kg DBO5/j**.

1-le prétraitement :

1-1-Le dégrillage :

Le dégrillage est implanté à l'amont de toute implantation d'épuration des eaux usées pour retenir les matériaux grossiers. Pour les procédés d'épuration rustiques comme le lagunage, le -dégrillage est le poste qui nécessite des interventions d'exploitation fréquentes.

1-2- Calcul du dégrilleur :

La largeur de la grille est donnée par la formule suivante :

$$L = S \cdot \sin \alpha / H_{\max} (1 - \beta) \tau$$

S : section mouillée $S = QPT / V$ (m²)

α : angle d'inclinaison avec l'horizontale. (60 à 80°)

H_{max} : hauteur maximale d'eau.

β : fraction de surface occupée par les barreaux.

$\beta = d / (d + e)$

τ : coefficient de colmatage de la grille.

τ : 0.25 pour les grilles manuelles.

τ : 0.50 pour les grilles mécaniques.

V : Vitesse d'écoulement (m/s)

L'espacement (e) et l'épaisseur (d) des barreaux sont donnés par le tableau suivant :

Tableau 40 : les différents épaisseurs et espacements des barreaux

Paramètres	Grilles grossières	Grilles fines
d(cm)	2,00	1,00
e(cm)	5 à 10	0, a 1

On a un débit $Q = 7189 \text{ m}^3/\text{j}$ ce qui nous donne un débit horaire $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$

Pour favoriser un écoulement sans dépôt et éviter l'érosion des conduites on prend une vitesse : $V = 0.6 \text{ m/s}$ On aura une surface :

$$S = 403.22 / 2880 = 0.14 \text{ m}^2 \quad \boxed{S = 0.14 \text{ m}^2}$$

Et en prenant :

- $H_{\text{max}} = 1 \text{ m}$
- un angle d'inclinaison 70°
- Et $d = 2 \text{ cm}$, un espacement $e = 6 \text{ cm}$
- On a $\beta = d / (d + e) = 2 / 8 = 0.25$

Donc on aura
$$L = \frac{(0.14 \cdot \sin 70^\circ)}{(1(1 - 0.25)0.25)} \quad \boxed{L = 0.7 \text{ m}}$$

Donc pour avoir le nombre de barreaux $N = L / (d + e) \sim 9$ barreaux donc la largeur nette de passage sera $9 \times 6 = 54 \text{ cm}$ $\boxed{l = 0.54 \text{ m}}$

La répartition des débits entre les lagunes s'opère au niveau du répartiteur principal. Cet ouvrage se compose des éléments suivants, d'amont en aval :

- à l'aval immédiat des canaux de dégrillage, une cloison siphonide participe à la tranquillisation du flux.
- un élargissement de section de l'ouvrage permet de ralentir le cheminement des eaux usées avant leur passage sur un seuil frontal, d'où partent des conduites de liaison avec les bassins de tête.
- En cas de nécessité ou d'urgence ces conduites peuvent être obturées grâce aux vannes murales à glissière situées dans la partie terminale de l'ouvrage

Calcul du répartiteur :

On dimensionne le répartiteur d'aval en amont :

En utilisant la formule du déversoir : $Q = m \cdot l \cdot h^{1.5} \sqrt{2g}$

- Q : débit déversant (m³/s)
- l : largeur de seuil déversant
- h : hauteur d'eau déversant (m)
- g : accélération de la gravité (m/s²)
- m : coefficient de débit d'un seuil frontal m = 0.42
- Z : la hauteur de pelle

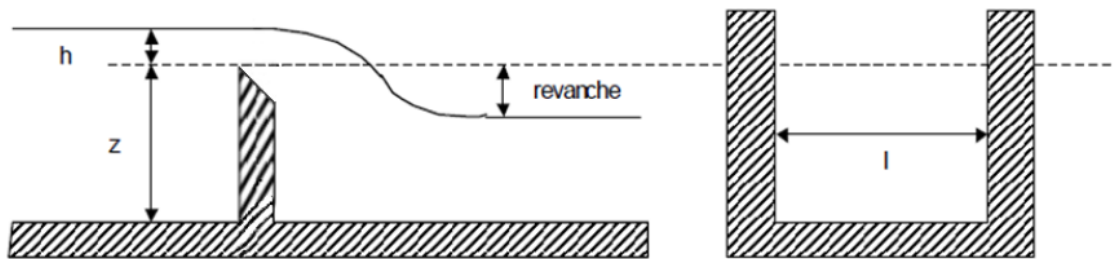


Figure 22 : coupe longitudinale et transversale d'un déversoir frontal

Le seuil frontal décomposé en quatre seuils de 1m de largeur, on peut déduire la hauteur de la lame déversant vue que le débit déversant est égal au débit total entrant à la station ($Q_t=0.084 \text{ m}^3/\text{s}$) divisé par quatre donc :

$$Q_{\text{dév}} = \frac{0.084}{4} = 0.021 \text{ m}^3/\text{s}$$

On obtient une hauteur déversant :

$$H = \left(\frac{Q}{0.42\sqrt{2g}} \right)^{0.66} \rightarrow H = \left(\frac{0.021}{0.42\sqrt{2*9.81}} \right)^{0.66} \rightarrow \boxed{H=0.06\text{m}}$$

2-Dimensionnement des bassins :

De nombreuses recherches ont été effectuées dans le cadre du dimensionnement des bassins de lagunage, et ces recherches ont abouties à des méthodes qui sont basées soit sur la réduction de la charge organique polluante DBO₅, soit sur la réduction des germes pathogènes.

Ces méthodes sont classées en deux types :

- Les méthodes rationnelles : ce sont des modèles cinétiques de dégradation de la matière organique fondés sur l'existence d'un système homogène.

- Les méthodes empiriques : elles découlent du suivi expérimental des bassins en service, pour se rapprocher plus de la réalité, elles sont plus utilisées que les méthodes rationnelles. Elles sont basées sur la charge superficielle exprimée en kg DBO5/ha/jour.

Dans notre travail on a utilisé une méthode empirique parce que sont déjà tester dans l'Algérie et ils ont donné de bons résultats.

2-1-Bassin de tête : (Bassins anaérobies)

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.

Le dimensionnement est basé sur l'application d'une charge volumique λ_a .

$$\lambda_a = (L_a \cdot Q_a) / V_a$$

Avec :

λ_a : charge volumique (g DBO/m³.j)

L_a : charge DBO de l'effluent brut (mg/l)

Q_a : débit moyen de l'effluent (m³/j)

V_a : volume des lagunes anaérobies (m³) $V_a = 5134.8 \text{ m}^3$

La charge volumique et le rendement de la DBO sont en fonction de la température :

Température T °C	Charge volumique λ_a g DBO/m ³ .j	Réduction DBO %
<10	100	40
10-20	20T-100	2T+20
20-25	10T+100	2T+20
>25	350	70

Dans notre cas, **T = 10.1 °C**

$$\lambda_a = 102 \text{ g DBO} / \text{m}^3 \cdot \text{j}$$

Donc : $V_a = (L_a \cdot Q_a) / \lambda_a$

$$V_a = 5134.7 \text{ m}^3$$

2-1-1-Calcul de la surface du bassin de tête :

Pour calculer la surface du bassin on utilise la formule suivante :

$$S_a = V_a / P_a$$

$$S_a = 2568 \text{ m}^2$$

2-1-2-Dimensions du bassin tête :

On a le rapport $\frac{L}{l} : 3 < \frac{L}{l} < 5$

On prend un rapport égal à 4 $\Rightarrow L=4 l$;

On a $S_a/4 = S_{a1} = S_{a2} = S_{a3} = S_{a4} = 642 \text{ m}^2$

$$\Rightarrow 4(l_1)^2 = 642 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow l_1 = 12.7 \text{ m}$$

$$L_1 = 4(12.7) = 50.8 \text{ m d'où :}$$

$$l_1 = 12.7 \text{ m} \quad \text{et} \quad L_1 = 50.8 \text{ m}$$

Après avoir calculé la superficie totale nécessaire pour éliminer la matière organique, nous avons divisé la zone en quatre pour faciliter l'exploitation des bassins.

Le temps de séjour dans le bassin :

$$T_s = V_a / Q_{mj}$$

$$T_s = 5134.7 / 7189$$

$$T_s = 17 \text{ heures}$$

Le temps de séjour est 17 heures parce que ce type bassin n'a pas besoin d'un long temps de séjour.

2-1-3- Hauteur de revanche dans le bassin de tête :

Pour les petits bassins dont la surface est inférieure à 1 ha, la hauteur de revanche est de 0.5m. Pour une surface de bassin comprise entre 1 et 3 ha, la hauteur de revanche varie entre 0.5 et 1m.

La revanche est obtenue par la formule suivante :

$$R = 1 + 0,3\sqrt{F} \text{ avec } F : \text{Fetch ou longueur du plan d'eau en Km.}$$

Dans notre cas le bassin de tête à une surface de 0.255 ha < 1 ha, la hauteur de revanche est de 0.5m

2-2-Bassin secondaire : (Bassins facultatifs)

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 70 à 80% de la charge en DBO.

On peut distinguer deux types de bassins facultatifs :

- Bassins facultatifs primaire, qui reçoivent des eaux usées brutes (absence de bassins anaérobie en amont) ;
- Bassins facultatifs secondaires, qui reçoivent des eaux usées décantées (présence de bassins anaérobie en amont).

Les bassins facultatifs assurent un rôle important dans la réduction des bactéries et de la charge polluante.

Le dimensionnement des lagunes facultatives se fait en appliquant les relations suivantes :

$$\lambda_f = 10 L_f Q_f / A_f$$

Avec :

λ_f : charge surfacique, kg DBO/ha.j

L_f : charge en DBO de l'effluent à l'entrée du bassin facultatif, mg/l

Q_f : débit moyen de l'effluent, m³/j

A_f : surface des lagunes facultatives, m²

$$A_f = 51702 \text{ m}^2$$

La valeur admissible pour λ_f est proportionnelle à la température :

$$\lambda_f = 350 (1,107 - 0,002T)^{T^\circ - 25}$$

Avec :

T : Température de l'air

T° : Température de l'eau (La température de l'eau en hiver étant supposée supérieure à elle de l'air de 2 à 4°C)

$$\lambda_f = 101.3 \text{ kg DBO/ha.j}$$

Le temps de séjour se calcule à partir du volume du bassin, en tenant compte de l'évaporation :

$$t_f = 2A_f P_f / (2Q_f - 0,001rA_f)$$

Avec :

t_f : temps de rétention dans les bassins facultatifs, (jours)

P_f : profondeur du bassin, m

r : taux d'évaporation, mm/j

$$t_f = 14 \text{ jours et } 20 \text{ heures}$$

On garde le rapport Longueur/ largeur= 4 avec une profondeur d'eau dans le second bassin $h=1.5\text{m}$, une telle profondeur est favorable au développement des algues qui fournissent l'oxygène aux bactéries assurant le traitement.

2-2-1- Dimensions des bassins secondaires : (Bassins facultatifs)

Ayant un rapport $L_2/l_2=4$, donc on aura une surface égale à :

$$S_f/4 = S_{f1} = S_{f2} = S_{f3} = S_{f4}$$

$$S_{f1} = L_1.l_2 = 4(l_2)^2 = 12925.5 \text{ m}^2 \quad l_2 = \frac{\sqrt{12925.5}}{2} = 57 \text{ m} \quad L_2 = 4(57) = 228 \text{ m}$$

D'où :

$$l_2 = 57 \text{ m et } L_2 = 228 \text{ m}$$

La surface de bassin secondaire est très importante c'est pourquoi nous avons divisé la surface sur quatre bassins pour faciliter l'exploitation et dans le cas d'un dysfonctionnement il n'est pas nécessaire d'arrêter toute la station.

2-2-2- Hauteur de revanche des bassins secondaires :

Le bassin secondaire a une surface de 5.17 ha, La hauteur de revanche on passe par la formule

$$R = 1 + 0,3\sqrt{F}$$

Le Fetch sera 0.5 $F = 0.5 \text{ km}$ d'où :

$$R_2 = 1 + 0.3 \sqrt{0.0005} = 1\text{m}$$

2-3-Bassin tertiaire : (Bassins 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 dimensionnement s'effectue par l'application d'un temps de séjour le plus court, il doit être inférieur au temps de séjour dans les bassins facultatifs.

Pour le dimensionnement, on applique les relations suivantes :

$$\lambda_m = 10 L_m P_m / t_m$$

$$\lambda_m \leq 0,75 \lambda_f$$

$$\lambda_m = 75.9 \text{ kg DBO/ha.j}$$

$$t_m = 14 \text{ jours et 8 heures}$$

Avec :

λ_m : charge surfacique, kg DBO/ha.j

L_m : charge en DBO de l'effluent à l'entrée du bassin de maturation, mg/l

P_m : profondeur du bassin de maturation, m

t_m : temps de rétention dans les bassins de maturation, jours

λ_f : charge admissible du bassin facultatif précédent, kg DBO/h

$$A_m = 2 Q_m t_m / 2P_m + 0,001rt_m$$

$$Q_m = Q_f - 0,001rA_f$$

$$Q_m = 6686.3 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc:

$$A_m = 52836.5 \text{ m}^2$$

Avec :

A_m : surface des lagunes de maturation, m^2

Q_m : débit moyen de l'effluent, m^3/j

r : taux d'évaporation, mm/j

2-3-1- Dimensions des tertiaires : (Bassins maturation)

Ayant un rapport $L_2/l_2=4$, donc on aura une surface égale à :

$$S_m/4 = S_{m1} = S_{m2} = S_{m3} = S_{m4}$$

$$S_{m1} = L_{m1} \cdot l_{m1} = 4(l_2)^2 = 13209.125 \text{ m}^2 \quad l_2 = \frac{\sqrt{13209.125}}{2} = 57.5 \text{ m} \quad L_2 = 4(57.5) = 230 \text{ m}$$

D'où :

$$l_2 = 57.5 \text{ m et } L_2 = 230 \text{ m}$$

Les résultats présentés au-dessus sont les dimensions d'un seul bassin de maturation après avoir divisé sur quatre pour faciliter l'exploitation du STEP.

2-3-2- Hauteur de revanche des bassins secondaires :

Le bassin secondaire a une surface de 5.17 ha, La hauteur de revanche est déterminée par la formule $R=1+0,3\sqrt{F}$,

Le Fetch sera 0.5 km $F=0.5 \text{ km}$ d'où :

$$R_2 = 1 + 0.3\sqrt{(0.0005)} = 1.006 \text{ m}$$

-Le temps de séjour d'épuration :

Le temps de séjour globale de la station sera égale à la somme des trois temps de séjour :

$$T_s = T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} = 17\text{h} + 14 \text{ jours et } 20 \text{ heures} + 14 \text{ jours et } 8 \text{ heures}$$

$$T_s = 29 \text{ jours et } 21 \text{ heures}$$

Le temps de séjour totale de la station est dans les normes pour un filière d'épuration par le lagunage naturel (30 à 80 jours)

3-Dimensionnement des conduites :

3-1- Conduites Entre répartiteur et entrée des bassins de tête : (Bassins anaérobies)

Après les travaux de terrassement, les 4 conduites entre le répartiteur et les bassins de tête (Bassins anaérobies) auront le même débit et la même pente. De ce fait elles auront le même diamètre, ces conduites seront raccordées aux bassins de tête à une distance variable selon les auteurs entre le tiers et la moitié de la longueur du bassin :

On a le débit et la pente :

$$\begin{cases} Q = 0.09 \text{m}^3/\text{s} \\ i = 0.01 \end{cases} \rightarrow \text{Ø}=400\text{mm} \text{ et } Q_{ps}=0.138 \text{m}^3/\text{s}$$

$$RQ = Q/Q_{ps}=0.652 \rightarrow Rv=V/V_{ps}=1,06 \text{ d'où : } \mathbf{V=1.16\text{m/s}}$$

$$RQ = Q/Q_{ps}=0.652 \rightarrow Rh=h/\text{Ø}=0,58 \text{ d'où : } \mathbf{h=23,2\text{cm}}$$

NB : l'abaque est à retrouver dans les annexes 1 et 2

- Q_{ps} : est le débit on pleine section de la conduite, il est lu directement sur l'abaque.
- V_{ps} : c'est la vitesse on pleine section de la conduite $V_{ps}=Q_{ps}/S$

3-2- Conduites de liaison entre lagunes :

Les conditions hydrauliques entre étages étant les même à l'entrée et sortie de chaque bassins alors le diamètre et la longueur des conduites de communication sont les mêmes, les conduites de communication entre lagunes seront déposées en T ce qui évite la création des courants préférentiels. (Voir figure 23)

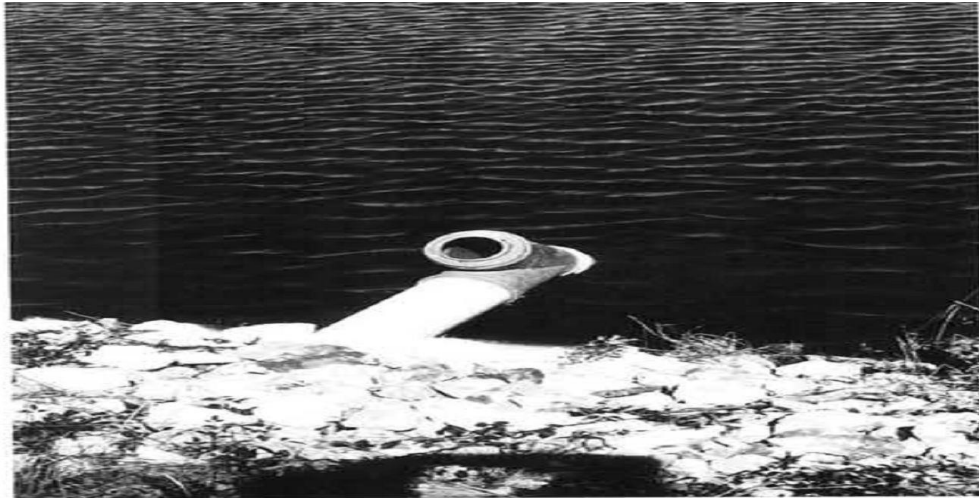


Figure 23 : Conduites de communication inter lagunes

Pour obtenir un bon rendement des lagunes, il est essentiel de transférer l'eau la plus oxygénée du bassin amont vers le bassin aval, mais il ne faut pas la prendre en surface afin d'éviter le transfert des corps flottants éventuels, de ce fait les conduites seront placées à environ 0.2m au-dessous la surface libre.

On prend une pente de 0.1% pour diminuer la vitesse d'écoulement entre les lagunes pour avoir une épuration efficace dans chaque lagune.

On a le débit et la pente :

$$\begin{cases} Q = 0.09 \text{ m}^3/\text{s} \\ i = 0.001 \end{cases} \rightarrow \text{Ø} = 600 \text{ mm} \text{ et } Q_{ps} = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$RQ = Q/Q_{ps} = 0.692 \rightarrow Rv = V/V_{ps} = 1,18 \text{ d'où : } \mathbf{V = 0.54 \text{ m/s}}$$

$$RQ = Q/Q_{ps} = 0.692 \rightarrow Rh = h/\text{Ø} = 0,62 \text{ d'où : } \mathbf{h = 37,2 \text{ cm}}$$

Vu que les conduites seront placées à environ 0.2m au-dessous du plan d'eau. Leur longueur avec un fruit de talus $\frac{1}{2}$, sera égale à $L_c = 4 + (2 * 0.5(1.46)) + 0.4 = 5.86 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$

$$\mathbf{L_c = 6 \text{ m}}$$

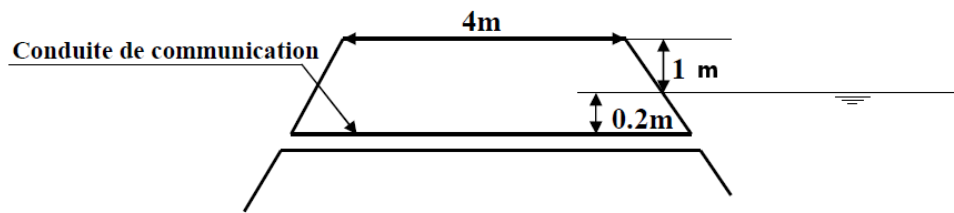


Figure 24 : Disposition des conduites de communication

3-3- Conduites de sortie vers le point de rejet :

Par soucis économique, on installera un collecteur gravitaire décomposé en quatre parties à la sortie des lagunes. Chaque partie sera dimensionnée par rapport au débit qu'elle véhiculera.

-Conduite entre sortie d'un bassin tertiaire (maturation) et le point de rejet :

$$\begin{cases} Q = 0.09 \text{ m}^3/\text{s} \\ i = 0.02 \end{cases} \rightarrow \text{Ø} = 400 \text{ mm} \text{ et } Q_{ps} = 0.18 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$RQ = Q/Q_{ps} = 0.5 \rightarrow Rv = V/V_{ps} = 1 \text{ d'où : } V = 0.36 \text{ m/s}$$

$$RQ = Q/Q_{ps} = 0.5 \rightarrow Rh = h/\text{Ø} = 0,5 \text{ d'où : } h = 20 \text{ cm}$$

NB : l'abaque est à retrouver dans les annexes N°1 et 2

- Q_{ps} : est le débit à pleine section de la conduite, il est lu directement sur l'abaque.

- V_{ps} : c'est la vitesse à pleine section de la conduite $V_{ps} = S \cdot Q_{ps}$.

4- Rendement épuratoire :

La charge organique à l'entrée de la station en mg/l est égale à $S_0 = 166.66 \text{ mg/l}$.

On calcule la charge organique à la sortie du système d'épuration :

$$S_1 = \frac{S_0}{(1 + K_t \cdot T_s)}$$

K_t : Constante cinétique en fonction de la température (J-1)

T_s : Temps de séjours d'épuration (Jours).

Avec : $K_t = 0.37$ d'après le tableau 41.

Tableau 41 : valeurs da Kt en fonction de la nature de l'effluent

Type d'effluent Kt en j-1	Kt en j-1
Effluents urbains bruts	0,35 ÷ 0,39
Effluents d'un traitement primaire	0,35
Effluents d'un traitement secondaire	0,12 ÷ 0,23

Avec : $S_0=72.5\text{mg/l}$

$$S_1 = \frac{72.5}{(1 + 0.39 * 29.875)}$$

$$\boxed{S_1= 5.73 \text{ mg/l}}$$

$$R = \frac{(S_0-S_1)*100}{S_0}$$

$$R = \frac{(72.5-27.2)*100}{72.5}$$

$$\boxed{R=92.1 \%}$$

Le rendement d'épuration est excellent, Ceci est dû à la température moyenne est élevé et l'effluent des eaux usées qui a une nature domestique et parce que la STEP est bien aérée.

4-1-La qualité des eaux à la sortie de la station :

Les eaux usées de la station de lagunage d'El Goléa sont des eaux usées des caractéristiques urbaines parce qu'il n'y a pas des rejets industriels toxique, le tableau au-dessous résume les résultats de deux compagnes d'échantillonnages et les concentrations après l'épuration :

Tableau 42 : récapitulatif global illustrant les deux (02) Campagnes d'échantillonnages d'eaux usées urbaines effectuées

Paramètres physico-chimiques examinés	Unités	Concentrations Moyennes a l'entrée	Concentrations Moyennes A la sortie
Température d'analyse	(°C)	22,00	22
Conductivité (C _{25°C})	(µS/cm)	1640	1620
Minéralisation	(mg/l)	1140	1140
PH	(--)	7,60	7.6
Demande biochimique En oxygène (DBO ₅)	(mgO ₂ /l)	72.5	5.72
Demande chimique en oxygène (DCO)	(mg/l)	141.95	11.37
Matières en suspension (MES, (105 °C))	(mg/l)	63,40	12.68
Matières volatiles Sèches (MVS)	(mg/l)	24,25	5.78
Rapport (MVS/MES)	(%)	36,50	0.45
Rapport (DCO _T /DBO ₅)	(--)	1,96	2.8
Azote ammoniacal (N-NH ₄)	(mg/l N)	18,75	
Nitrites (NO ₂)	(mg/l)	< 0,50	< 0,50
O-Phosphates (O-PO ₄) en P	(mg/l)	2,20	2.2
Métaux lourds	/	/	/
Cuivre (Cu)	(mg/l)	(< 0,05)	(< 0,05)
Chrome (Cr)	(mg/l)	(< 0,10)	(< 0,10)
Nickel (Ni)	(mg/l)	(< 0,05)	(< 0,05)
Plomb (Pb)	(mg/l)	(< 0,05)	(< 0,05)

5-Ouvrages de mesure :

L'entrée et la sortie de la station devront être équipées de dispositifs des mesures de débit compte tenu de la non conservation des débits. Le jaugeage du débit à l'entrée et à la sortie de

la station s'effectue par la mise en œuvre de deux déversoirs triangulaires le premier situé à l'entrée des grilles et l'autre à la sortie du quatrième bassin tertiaire.

Le débit véhiculé par le collecteur est alors déterminé par une simple lecture limnométrique du plan d'eau amont au-dessus de l'arête du déversoir ainsi que par les caractéristiques du canal et du dispositif de mesure selon la formule suivante :

$$Q = \frac{8}{15} \mu \operatorname{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right) \sqrt{2gh^5}$$

- θ : angle d'ouverture de l'échancrure.
- h : hauteur de remplissage du collecteur
- g : accélération de la gravité terrestre
- μ : coefficient du débit il est donné en fonction de l'angle selon le tableau suivant :

Tableau 43 : le coefficient μ en fonction de l'angle θ

$\theta(^{\circ})$	20	40	60	80	90	100
μ	0.597	0.582	0.577	0.577	0.578	0.580

Les ouvrages de mesures sont très importants dans la STEP pour connaître le débit des eaux usées à l'entrée et à la sortie. Et on peut aussi détecter s'il y a une fuite dans le système.

6-Étanchéité des lagunes :

L'étude géotechnique effectuée au niveau du site d'implantation a révélé l'absence de matériaux étanche. De ce fait les lagunes vont être construites par creusement et évacuation des déblais, et leur étanchéité sera assurée par la mise en œuvre d'une géomembrane au fond des lagunes ainsi que sur leurs parements. La figure ci-dessous montre la mise en œuvre de ce dispositif d'étanchéité :



Figure 25 : Lagune étanchée par géomembrane

L'emploi d'une géomembrane peut poser un problème dans le cas d'une nappe dont le toit est situé au-dessous du fond des bassins ou lorsque des sous pressions du a l'air risquent de soulever la membrane.

Un drainage de l'eau et de l'air doit être prévue sous la géomembrane, ce drainage peut consister en un réseau de tuyaux de drainage rigides enterrées dans tranchées drainantes de 40cm de section.

Afin d'éviter le bouchage des drains par entrainement de sol fin, il est souhaitable d'utiliser un géotextile, en tant que filtre. L'emplacement des tranchées voit être à 10 cm au-dessous de la géomembrane avec une pente d'écoulement de l'eau de 0.5%. L'évacuation de l'air et de l'eau peut éventuellement s'effectuer par les mêmes tuyaux comme le montre la figure 26 :

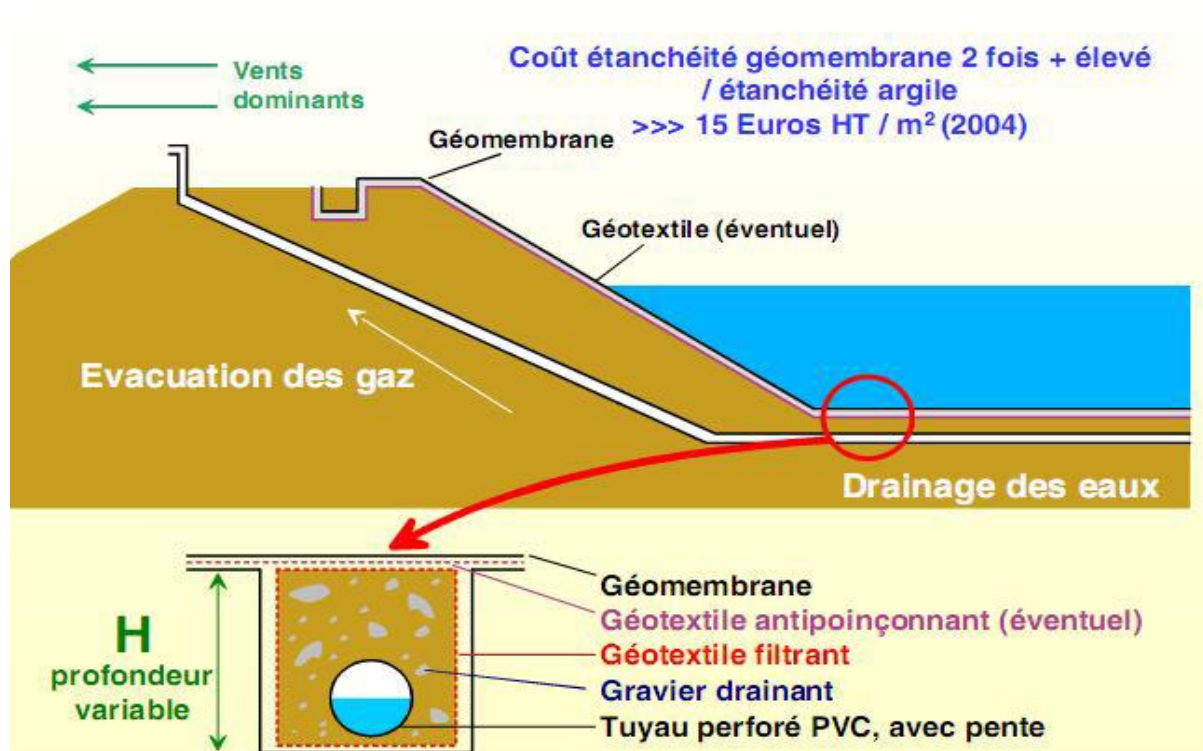


Figure 26 : La disposition de géomembrane avec drainage de géotextile

7-Ouvrage annexe :

-Laboratoire

Pour pouvoir suivre la qualité des eaux à l'entrée-sortie de la station d'épuration et estimer le rendement des bassins, il est important de concevoir un laboratoire pour effectuer les analyses des paramètres suivantes :

- pH.
- Conductivité électrique.
- matières en suspension (M.E.S).
- demande chimique en oxygène (DCO).
- demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO₅).
- les teneurs en composés azotés et phosphorés.
- Les démembrements des germes témoins de contamination.
- La température.
- L'éclairement.

- L'action du vent (effet du brassage et d'oxygénation superficielle).
- L'évaporation (diminution de la charge hydraulique).
- La pluviométrie.

Il est donc préférable de disposer d'une petite station météorologique, afin d'établir les corrélations.

8-Clôture :

Il est indispensable de clôturer le périmètre des bassins de lagunage pour la double raison suivante :

- Empêcher les enfants de se baigner dans les bassins ; car ceci peut présenter un réel danger pour leur santé.
- Empêcher les troupeaux de s'abreuver dans les lagunes, ceci peut provoquer des désordres dans le talus des digues

On propose donc la clôture de la station par une série de fil de fer barbelé raidis par des poteaux en béton armé.



Figure 27 : Clôture par une série de fil de fer barbelé

On a utilisé une clôture par une série de fil de fer barbelé pour des raisons économique, parce que la STEP est loin de la ville et il n'y a pas des activités humaines à côté de cela.

9-Comparaison des résultats :

En constatant que les dimensionnements de est inferieur ceci est due à la différence entre les dotations ce qui nous donne possibilité d'avoir une réduit très important à celle des calculs, notons bien que les deux dimensionnement ont été calculé l'horizon 2035.

Notons bien que la durée de vie des géomembranes sont 150 ans dans les conditions de bonne fonctionnement (André L. Rollin)

On estime alors que la stations peut travail a un horizon plus loin que 2035, étant donné que la station est de surface 20 ha pour une capacité 175950 EH

10- Calcule le nouvel horizon de la station construite :

Dans cette partie nous allons a calculé la dure de vie en fonction de dimensions actuel 20 ha. On considère le taux d'accroissement est constant pour le long terme pour une valeur de 1.55% (voire chapitre II), nombre d'équivalent habitante l'années 2020 est 70982 habitants.

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

$$\ln (P_n/P_o) = n \ln(1+r)$$

$$n = \ln\left(\frac{175950}{70982}\right) / \ln(1 + 0.0155)$$

n= 59 ans

Après les calculs Le nouvel horizon de la station construit est 2079.

L'infrastructure peut oser vers le nouvel horizon, mais il faut faire des précautions :

-Protéger les talus des digues

-Prend des préconisons dans le cas d'opération de nettoyage de bassin pour bien protégé la géomembrane contre tous risque d'endommagent par les outils de nettoyage(racleur)

Consternant l'ouvrages de prétraitement la partie béton peut résiste plus de 50 ans par contre la partie hydromécanique a une dure de vie limite comme la durée prévisionnelle d'amortissement des pompes en général est de 10 ans. (Poinsot.B ;2010)

-Donc il n'y a pas de problème dans la station pour poser un problème pour le nouvel horizon 2079.les dimensions des bassins et le prétraitement sont efficaces pour épurées les quantités des eaux usées pour l'année 2079.

Chapitre VI :
Faisabilité de l'irrigation par
les eaux usées épurées

1-Introduction :

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concerne des utilisations agricoles. Pour ce secteur, la réutilisation des eaux améliore les rendements des cultures et apporte des bénéfices financiers.

2-Reutilisation des eaux usées épurées :

Vu, le déficit croissant en eau dans notre pays, et le cas aussi de la ville d'El-Goléa les eaux résiduaires épurées constituent une solution alternative importante pour résoudre à court et moyen termes deux problèmes en même temps :

- Combler le déficit de la ressource en eau.
- Protéger l'environnement.

L'irrigation des cultures agricoles ou d'espaces verts est le moyen le plus connu de réutilisation des eaux usées urbaines épurées.

3-Utilisateurs potentiels :

La réalisation d'un Système d'épuration des eaux usées de la ville d'El-Goléa, présente plusieurs objectifs importants :

- Se Conformer à la réglementation Algérienne en ce qui concerne la protection du milieu Humain et du milieu Naturel conformément aux « **Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, loi 88-149 définit la réglementation des installations classées et indique que les dites installations exigent la réalisation d'une EIE dans le cadre du processus d'autorisation et le nouveau décret N°07-144 du 2 Jomada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement .**
- Protection du milieu récepteur.

-Mise à la disposition du secteur agricole d'un grand potentiel en eau épurée pour une réutilisation à des fins d'irrigation ;

Compte tenu des activités actuelles et futures de la ville d'El-Goléa. L'utilisateur potentiel de l'eau épurée sera le secteur de l'agriculture.

4-Irrigation au moyen d'eaux usées épurées :

La réutilisation des eaux usées apporte des bénéfices supplémentaires et améliore dans certains cas les rendements des cultures par un rapport supplémentaire des fertilisant (NPK). Par ailleurs pour l'irrigation destinée à des produits agricoles à consommer crus, les contraintes de santé publique ou les coûts économiques ont été pour l'instant écartés. L'irrigation joue un rôle essentiel dans l'entraînement des autres activités, telles que :

- L'investissement et la mise en place des stations d'épurations ;
- Les laboratoires d'analyse des eaux (création et plan de charge) ;
- La formation de la ressource humaine spécialisée ;
- Les activités de vulgarisation, communication et transfert ;
- Les équipements et matériels spécifiques à assurer ;

L'eau d'irrigation traitée non conventionnelle doit être considérée comme source d'eau admissible selon les critères scientifique et réglementaires (selon sa nature, sa quantité et sa qualité). Elle peut être exploitée à partir des stations d'épurations par des canalisations adéquates ou dans d'autres cas par des lâchées au niveau des oueds ou d'autres écoulements.

A ce propos, l'agriculteur doit s'assurer de sa disponibilité au moment voulu pour irriguer, car la connaissance de la qualité d'eau disponible en période de point permet de déterminer la superficie à irriguer.

Il faut exiger la qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour savoir le niveau de traitement et/ou de traitement supplémentaire nécessaire à son utilisation.

5-Choix de la technique et du système d'irrigation :

Il y a trois systèmes les plus répandus, qui sont : l'irrigation gravitaire, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée.

5-1-Irrigation gravitaire :

Est l'application de l'eau aux champs à partir de canaux ouverts se situant au niveau du sol. La totalité du champ peut être submergée, ou bien l'eau peut être dirigée vers des raies ou des planches d'irrigation.

5-2-Irrigation par aspersion :

Le but d'une irrigation par aspersion est l'application uniforme de l'eau sur l'air occupée par la culture. Le système d'irrigation doit être conçu pour appliquer l'eau à un taux inférieur à la capacité d'infiltration du sol et éviter ainsi les pertes par ruissellement.

Ensemble d'équipement permettant une irrigation sous forme de pluie artificielles, et constitué d'une pompe et de son dispositif d'entraînement et des tuyaux spécifiques, d'asperseurs et d'accessoires de raccordement pour alimenter un système d'irrigation.

5-3-Irrigation localisée :

Cette irrigation sous pression est appelée ainsi du fait qu'appliquée en des endroits où l'on désire la voir s'infiltrer, cette application est donc localisée. L'irrigation localisée regroupe tous les systèmes caractérisés par un réseau de distribution à la parcelle, fixe sous pression, permettant des apports d'eau continus ou fréquents en cas des endroits déterminés par rapport au dispositif cultural et de façon telle que l'infiltration ne se produise que sur une fraction réduite de la surface du sol, en l'occurrence la zone racinaire.

Les caractéristiques d'une irrigation localisée

- N'arrose qu'une fraction du sol.
- Utilise de faibles débits avec de faibles pressions, d'où- une économie d'énergie.
- Met en œuvre des équipements fixes et légers.
- Ne mouille pas le feuillage.
- Convient bien à l'irrigation fertilisante.
- Difficilement modifiable.
- Qui ne peut être réalisée sans calculs techniques et économiques préalable, pour être adaptés aux besoins de l'exploitation.

-Qui peut être adéquat dans l'usage d'une eau non conventionnelle (saumâtre, salée, traitée et épurée)

-Economise l'eau.

Selon les expériences enregistrées dans certains pays : c'est un système d'irrigation qui peut être adapté à différentes qualités des eaux, sur le plan performances sur le terrain, il permettra la diffusion de l'eau uniquement en localisée (bulbe de la zone racinaires) ce qui diminuera tout risque quelconque de contamination des nappes, foliaire et humique, etc...

Ceci, n'exclut pas l'usage des autres techniques d'irrigation s'ils atteignent ces degrés de performances.

Afin de garantir la protection de la santé publique, des normes et réglementation strictes adoptées à la spécificité des différentes cultures agricoles devront être respectées.

Nous devons prendre pour référence les recommandations de l'organisation mondiale de santé (OMS) élaborées en 1989.

L'objectif principal de ces normes de références est la prévention contre les risques sanitaires.

En comparaison des deux normes de références et pour tout type d'irrigation :

-l'OMS considère que la pollution bactériologique doit être au-dessous de 100 coliformes fécaux/ 100ml et moins de 1 œuf d'héminthe/L.

- Elle fixe des restrictions plus sévères, voire l'absence de germes-test : moins de 1000 coliformes totaux/100ml.

Par ailleurs signalons que pour certains pays, les normes dans le domaine sont draconiennes pour les produits agricoles à consommer crus.

6-Contraintes :

Les deux principales contraintes à prendre en considération pour un projet d'irrigations par des eaux usées épurées qui sont confrontées à résoudre et à connaître sont :

-L'adaptation aux usages.

-L'élimination des obstacles physiologiques et culturels attachés à des eaux réputées dangereuses, en particulier :

-Lorsqu'on envisage de se servir les eaux épurées pour irrigation, on devra évaluer leurs caractéristiques microbiennes et biochimiques. Ces valeurs devront alors être comparées aux normes de santé publique, compte tenu de la culture, du sol, du réseau d'irrigation et de la consommation des produits ; et seulement si cette eau répond aux normes

-Protection de la nappe phréatique :

En irrigation, l'apport d'eau épurées doit être limité à la quantité nécessaire évapotranspirée des cultures envisager. Donc le choix de la technique irrigation d'une façon régleuse.

7-Normes O.M.S

Des normes très sévères commencent à être établies pour les divers usages de l'eau qui précisent les teneurs limites des différents composants qu'elle a dissous ou transportés pour permettre une utilisation sans risques.

Le tableau 45 donne les traitements à prévoir pour les eaux afin de répondre aux critères sanitaires des différents usages.

Ces critères sont caractérisés par la suppression de certains éléments contenus dans l'eau usée, notés de A à G avec la signification suivante :

A- Absence de solides grossiers, élimination d'une grande partie des œufs de parasites.

B- Comme A, plus élimination d'une grande partie des bactéries.

C- Comme A, plus élimination plus complète des bactéries et élimination partielle des virus.

D- Au plus 100 coliformes par 100 ml dans 80 % des échantillons.

E- Aucun coliforme fécal par 100 ml, aucune particule virale pour 1.000 ml, aucun effet toxique sur l'homme, plus autres critères pour l'eau de boisson.

F- Pas de produits chimiques laissant des résidus indésirables dans les récoltes

G- Pas de produits chimiques provoquant une irritation des muqueuses et de la peau.

Tableau 44 : Traitements proposés pour répondre aux critères sanitaires, applicables à la réalisation des eaux usées dans l'agriculture pour l'irrigation

	Récoltes non destinées à la consommation humaine directe	Récoltes Consommées après cuisson pisciculture	Récoltes destinées à être consommées Crues
Critères sanitaires	A + F	B + F ou D + F	D + F
Traitement primaire	XXX	XXX	XXX
Traitement secondaire		XXX	XXX
Filtration sur sable ou méthodes équivalentes de traitement très poussé		X	X
Désinfection		X	XXX

XXX : Obligatoire, **XX** : Nécessaire en général, **X** : Traitements complémentaires éventuels.

8-Qualité bactériologique :

Les eaux usées brutes présentent des charges en coliformes fécaux variant de 2×10^5 à $8,6 \times 10^7$ ufc avec une valeur moyenne de $1,6 \times 10^7$ ufc. Cette charge est du même ordre de grandeur que celle généralement rencontrée dans les effluents urbains. Dans les eaux usées épurées à la sortie de station de lagunage naturel, la teneur résiduelle en coliformes fécaux est en minimum de 1×10^3 ufc et un maximum de $4,3 \times 10^5$ ufc. (LAZAROVA et al., 1998 ; NIGIMet al. ; 2002)

9-Qualité requise pour les eaux d'irrigation :

« Selon les recommandations FAO 29 rev1 1988 »

L'eau à utiliser pour l'irrigation contient toujours des quantités mesurables de sels dissoutes relativement faibles ayant des effets indésirables.

Une eau convient ou non à l'irrigation selon la qualité et le type de sels qu'elle contient. Avec une eau de qualité médiocre, on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques. Il faut alors mettre en œuvre des méthodes spéciales afin de maintenir une pleine productivité agricole. Le tableau 46 nous donne les directives de la FAO pour la qualité d'eau destinée à l'irrigation. Les eaux résiduaires urbaines contiennent de nombreux micro-

organismes (champignons, amibes, protozoaires, bactéries, virus) dont certains sont pathogènes. Cette classe de bactéries comprend des genres et des espèces de bactéries dont la présence dans les eaux ne constitue pas en elle-même un risque pour la santé des populations, mais indique l'importance de la pollution microbiologique des eaux.

Selon l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, facultativement anaérobies, capables de croître en présence des sels.

Les abattements de la station d'épuration des eaux usées par lagunage montrent un assez bon fonctionnement avec une diminution moyenne de 40% pour les coliformes fécaux.

Tableau 45 : Directives de la FAO pour les eaux destinées à l'irrigation

DIRECTIVES DE LA FAO POUR LES EAUX DESTINEE A L'IRRIGATION					
Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Valeurs limites souhaitées		
Teneur en sel					
Conductivité	Ecw	µS/cm	3000	µS/cm	3000
Total sel dissous TDS	TDS	mg/l	2000	mg/l	2000
Cations et Anions					
Calcium	Ca ⁺⁺	mg/l	20	mg/l	400
Magnésium	Mg ⁺⁺	mg/l	5	mg/l	60,75
Sodium	Na ⁺	mg/l	40	mg/l	920
Carbonates	CO ₃ ⁻	mg/l	0,1	mg/l	3
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	mg/l	10	mg/l	610
Chlorures	Cl ⁻	mg/l	30	mg/l	1065
Eléments nutritifs					
Nitrates	NO ₃ ⁻	mg/l	45	mg/l	45
Ammonium	NH ₃ ⁺	mg/l	6,50	mg/l	6,50
Phosphate	PO ₄ ⁻	mg/l	6,20	Mg/l	6,20
Potassium	K ⁺	mg/l	2	Mg/l	2
Divers					
Bore	B	mg/l	2	mg/l	2
Acidité	pH		6-8,5		
Coeff, d'absorption de Sodium	SAR	meq/l	15	meq/l	15

Dans notre projet nous devons respecter ces recommandations de la FAO

10-Analyse chimique de l'eau :

Pour déterminer l'aptitude de l'eau à l'irrigation, il faut identifier ses caractères de Salinité et de sodicité (ou alcalinisation).

10-1-La salinité de l'eau :

La conductivité électrique de l'eau (CE) de l'eau à 25 °C informe sur la concentration totale en sels solubles. Pour l'usage agricole, on définit quatre (04) classes d'eau donner le tableau 47 :

Tableau 46 : Classement des eaux selon conductivité

Classement des eaux selon conductivité		
Classe de salinité	Conductivité CE ((μS/cm)	Observations
Classe 1 (C1)	0<CE<250	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures et sur la plupart des terrains avec peu de chance d'apparition de salinité dans le sol ; - Nécessite un léger lessivage.
Classe 2 (C2)	250<CE<750	
Classe 3 (C3)	750<CE<2250	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux utilisables pour les sels à drainage restreint. - Des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires - Les cultures doivent avoir une bonne tolérance aux sels
Classe 4 (C4)	CE>2250	<ul style="list-style-type: none"> -Eaux inutilisables normalement pour l'irrigation. Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées pour des sols très perméables avec un bon drainage et l'eau d'irrigation appliquée en excès pour assurer un fort lessivage. -Les cultures doivent avoir une très bonne tolérance aux sels

Dans notre cas la conductivité est de **1630 (μ S/cm)**, donc les eaux usées épurées de station de lagunage sont de **Classe 3 (C3)**.

10-2-L'Alcalinité :

Le risque d'alcalinisation d'un sol par l'eau d'irrigation est apprécié selon le sodium adsorbable par ce sol Ainsi selon le taux adsorbable de sodium (SAR)d'irrigation,

Estimation du SAR : Le SAR est calculé par la relation suivante :

$$SAR = \frac{Na^{2+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

On distingue quatre 4 classes étai présenter dans le tableau 48 :

Tableau 47 : Classement des eaux selon le SAR

Classe d'Alcalinité		Observations
S1	SAR<10	L'eau contenant une faible quantité de sodium peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans risque d'alcalinisation
S2	10<SAR<18	Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau
S3	18<SAR<26	Les eaux contenant une quantité de sodium élevée peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques
S4	SAR<26	Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium sont généralement impropres à l'irrigation sauf pour un degré de salinité très faible et si on ajoute du gypse ou autre source de Sa soluble pour améliorer le bilan ionique

Dans notre cas et d'après les analyses des eaux épurées on que dispose :

Na²⁺ =185.2 mg/l

Ca²⁺ =166.4 mg/l

Mg²⁺ =50 mg/

SAR= 17.8

Donc la Classe d'Alcalinité est : **Classe S3**.

Une classification complète d'eau d'irrigation donner par le tableau 49 :

Tableau 48 : Classification complète des eaux d'irrigation

Classification complète des eaux d'irrigation		
Classe	Qualité	Observations
C1-S1	Bonne	A utiliser avec précaution pour plantes
C1-S2 C2-S1	Moyenne à bonne	A utiliser avec précaution Nécessité de drainage avec doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C2-S2 C1-S3 C3-S1	Moyenne à médiocre	A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).
C1-S4 C2-S3 C3-S2 C4-S1	Médiocre à mauvaise	Exclure les plantes sensibles et les sols lourds utilisables avec beaucoup de précaution dans les sols légers et bien drainés avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C2-S4 C4-S2 C3-S3	Mauvaise	A n'utiliser qu'avec beaucoup de précaution que dans les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes. Risques élevés Lessivage et apport de gypse indispensable.
C3-S4 C4-S3	Très mauvaise	A n'utiliser que dans des circonstances exceptionnelles
C4-S4	Déconseillée pour l'irrigation	

D'après notre résultat de calcule de sar et salinité on a une classe **C3-S3**

Donc il est conseillé à n'utiliser qu'avec beaucoup de précaution que dans les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes.

11-Teneurs Maximal d'éléments de traces recommandées pour les eaux d'irrigation :

Le tableau 50 montre les valeurs maximales des concentrations d'éléments de traces et les observations si les valeurs dépassent les limites.

Tableau 49 : Teneurs maximales d'élément à l'état de traces

<i>Elément</i>	<i>Concentration maximale (mg/l)</i>	<i>Observations</i>
<i>Cd (cadmium)</i>	0,01	Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à de faibles concentrations (0,10 mg/l dans la solution nutritive).
<i>Cr (chrome)</i>	0,10	N'est en général pas considéré comme un élément essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxiques ; on recommande des limites prudentes.
<i>Cu (cuivre)</i>	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations comprises entre 0,10 et 1,0 mg/l, dans la solution nutritive.
<i>Fe (fer)</i>	5,0	Pas toxique pour les plantes dans les s-ols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiel.
<i>Mn (manganèse)</i>	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelques dixièmes de mg/l à quelques mg/l, mais en général dans les sols acides.
<i>Ni (nickel)</i>	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations variant de 0,05mg/l à 1,0 mg/l ; toxicité réduite avec le pH neutre alcalin.
<i>Pb (plomb)</i>	5,0	Peut inhiber la croissance des cellules végétales à des concentrations très élevées.
<i>Zn (zinc)</i>	0,2	Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables ; toxicité réduite à pH > 6,0 et dans les sols à textures fines ou organiques.

12-Traitement de Finition : (FILTRATION LENTE SUR SABLE)

12-1-Définition :

La filtration lente est une méthode d'épuration biologique qui consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit de matériau filtrant à une vitesse de 0,1 à 0,2 m/h. Le matériau filtrant le plus approprié est le sable. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par la diminution du nombre de micro-organismes (bactéries, virus, kystes), par l'élimination de matières en suspension et colloïdales et par des changements dans sa composition chimique. A la surface du lit se forme une mince couche appelée "membrane biologique". Cette mince couche superficielle est essentielle, car c'est là que le processus d'épuration se déroule.

12-2-Eléments de base d'une Filtration Lente sur Sable :

Une installation de Filtration Lente sur Sable se compose fondamentalement d'un bassin contenant une couche surnageante d'eau brute, un lit filtrant avec des drains, et un système de régulation et de commande du filtre (cf. les deux schémas ci-dessous).

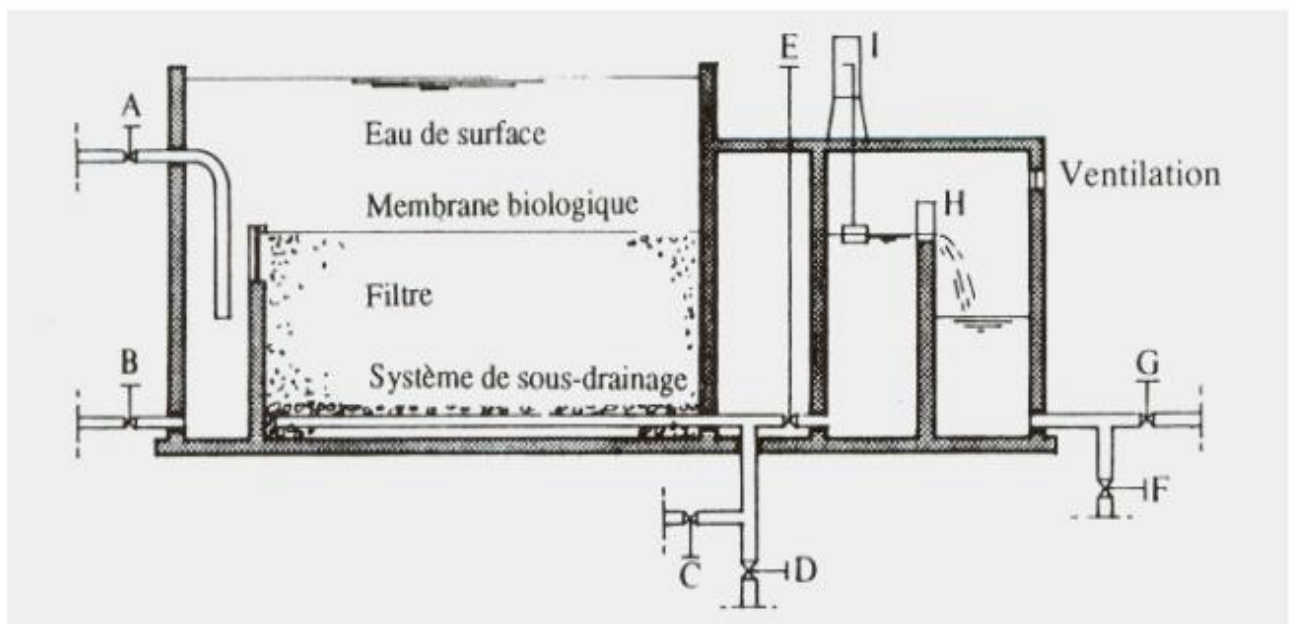


Figure 28 : Les composants d'un filtre lent avec contrôle de débit à l'entrée (Source : Centre International de l'Eau et de l'Assainissement)

- a-Vanne d'amenée d'eau non-filtrée et de contrôle de débit
- b-Vanne de vidange pour évacuation de l'eau surnageante
- c-Vanne pour recharger le lit filtrant en eau propre
- d-Vanne de vidange pour drainer le lit filtrant et la chambre de sortie
- e-Vanne de chasse pour vider le réservoir d'eau traitée
- f-Vanne de sortie vers le réservoir principal du réseau de distribution
- g-Déversoir
- h-Mesure de débit

12-3-Principe du procédé de traitement :

L'épuration débute dans la couche d'eau brute surnageante, où les particules plus fines peuvent s'agréger en particules plus grosses par des interactions physiques ou (bio)chimiques. Le nombre de bactéries va diminuer, et il se produira une certaine réduction des matières organiques, résultant de la consommation par les algues ou d'une oxydation chimique.

L'élimination des impuretés et l'amélioration considérable de la qualité physique, chimique et bactériologique de l'eau brute s'effectue, en majeure partie, dans le lit filtrant et notamment dans la membrane biologique en haut du lit filtrant. Cette membrane est constituée d'une grande variété de micro-organismes très actifs (bactéries, protozoaires, bactériophages), qui dégradent les matières organiques. Une forte proportion des matières minérales en suspension est retenue par l'effet de tamisage.

La zone 'biologique' active où s'accomplissent les mécanismes d'épuration s'étend jusqu'à 0,4-0,5 m de la surface du lit filtrant, mais son activité diminue au fur et à mesure que l'eau s'épure et renferme moins de matières organiques et d'éléments nutritifs. A une plus grande profondeur dans le lit filtrant, les produits des processus biologiques sont éliminés davantage encore par des processus physiques (adsorption) et une action chimique (oxydation). (MAIGA.A.H ;1989)

Le procédé d'épuration agit de manière efficace avec des vitesses d'écoulement faibles et un temps de rétention suffisant avant la filtration. Pour répondre à ces critères, il est généralement conseillé d'adapter des installations où la filtration lente sur sable est le seul traitement possible et de maintenir la vitesse de filtration entre 0,1 et 0,4 m/h. En plus, il faut que l'eau ait une teneur en oxygène suffisante, parce que l'activité de la biomasse diminue considérablement si celle-ci tombe à moins de 0,5 mg/l. Ce phénomène peut être évité par une aération de l'eau brute. (MAIGA.A.H ;1989)

12-4-Choix des vitesses de filtration :

L'expérience a prouvé que les vitesses de filtration doivent rester dans la fourchette de 0,1 à 0,4 m/h pour prétendre à une bonne épuration avec les sables ordinaires.

- Une vitesse plus élevée réduirait la durée de contact entre l'eau et les grains du matériau, donc les chances de rétention des matières en suspension, colloïdales ou dissoutes, ainsi que des micro-organismes et surtout le processus biologique de dégradation des matières organiques. Dans ces cas, une désinfection ou stérilisation serait nécessaire pour garantir la qualité de l'eau.
- Une vitesse plus faible améliorerait la qualité, mais nécessiterait de très grandes surfaces pour obtenir les débits nécessaires. (MAIGA.A.H ;1989)

12-5-Dimensionner des composantes des filtres :

Les critères généraux (voir tableau ci-dessous) ont été établis à partir des résultats obtenus à travers le programme de démonstration pour la filtration lente sur sable. Ces critères sont les paramètres servant à dimensionner les installations dans lesquelles le filtre lent est le traitement le plus important ou le seul possible. (L'équipe technique du FéFEA)

Tableau 50 : Critères techniques généraux (Source : Centre International de l'Eau et de l'Assainissement / IRC, 1991)

Critères	Niveau
Amortissement	10 à 15 ans
Fonctionnement	24 heures par jours
Vitesse de filtration	0.1 à 0.4 m/h
Surface du lite filtrant par unité	5 à 200 m ² par filtre
Nombre de filtres par système	Minimum 2
Epaisseur de sable -Initialement -Au niveau après plusieurs nettoyage	0.8 à 0.9 m 0.5 à 0.6 m
Spécification sable (granulométrie) -Taille effective -Coefficient d'uniformité	0.15 à 3 mm 5, de préférence en dessous de 3
Epaisseur totale du gravier et des drains	0.3 à 0.5 m
Hauteur de l'eau surnageant -Débits contrôle à l'entrée -Débits contrôle à la sortie	Variable, maximum 1 m 1 mètre

12-5-1-Calculer la surface totale des lits filtrants :

Pour calculer la surface totale des lits filtrants on utilise la formule suivante :

$$S_T = Q_J / V_{inf}$$

Q_J : Débit moyen journalier

V_{inf} : vitesse de filtration (0.3 m/h = 7.2 m/j)

Surface du lit filtrant = 200m²

$$N_{filt} = S_T / 200$$

Tableau 51 : Nombre des unités filtrants pour différents horizons

	Débits (m ³ /j)	Surface des filtres (m ²)	Nombre d'unités filtrants
Horizon 2025	6515.5	905	4
Horizon 2035	6680	928	5
Horizon 2045	8623	1198	6
Horizon 2055	9945	13381	7
Horizon 2065	11488	1596	8
Horizon 2079	13910	1831	9

12-5-2-L'épaisseur du lit de sable :

Au début, l'épaisseur devrait être de l'ordre de 0,8 à 0,9 m afin de pouvoir effectuer à plusieurs reprises le nettoyage du filtre. U nettoyage consiste à enlever une couche colmatée à la surface du lit. Si le filtre est le seul traitement avant la consommation de l'eau, il ne faut pas que l'épaisseur de la couche s'abaisse en dessous de 0,6 m.

12-6-Conception du bac du filtre :

Le filtre à sable se présente généralement comme un bac rigide en béton armé, en briques de maçonnerie ou bien en ferro-ciment. Une autre solution constructive consiste à excaver le terrain et à construire le filtre avec des côtés inclinés revêtus d'un matériau imperméable. Les filtres peuvent être construits en forme de cercle ou en forme de rectangle. Les filtres circulaires ont des avantages de construction, notamment grâce à la répartition uniforme des charges dans les matériaux et la valeur faible du moment fléchissant dans les murs. Les filtres rectangulaires ont l'avantage de pouvoir être construits avec un mur mitoyen. Les bacs peuvent être construits au-dessus ou en partie en-dessous du niveau du sol. Les fondations devraient atteindre une profondeur minimum de 0,3 m dans des zones où il ne gèle pas. La construction du bac en grande partie au-dessus du niveau du sol permet à la poussée de la terre de compenser en partie la pression statique de l'eau, et la poussée du sable du filtre (voir figure ci-dessous).

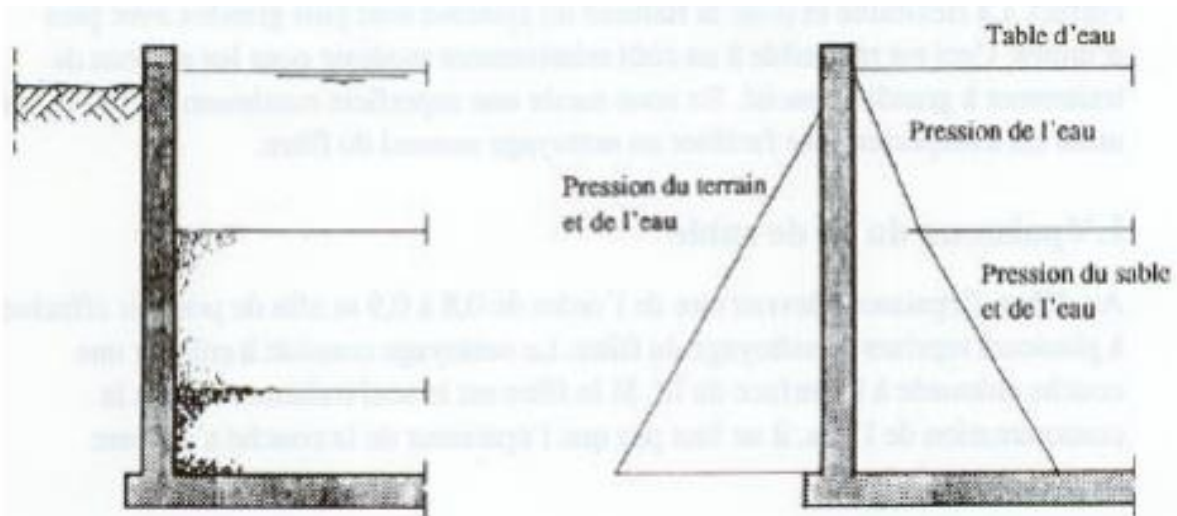


Figure 29 : Diagramme de pression de la paroi du filtre (source : Centre International de l'Eau et de l'Assainissement)

Le ferro-ciment est un matériau prometteur, mais résiste mal aux chocs et aux charges concentrées. Or, il faut prévoir des escaliers pour rendre les filtres accessibles.

12-7-Choix de la granulométrie du sable :

La possibilité d'utiliser du sable tout venant dans beaucoup des cas est un des avantages des filtres lents sur les filtres rapides qui exigent une uniformité plus complète des grains.

Pour cela, nous avons choisi le sable de Hassi Fehal qui est situé à 30 km nord d'El-Goléa, les sables sont testés comme filtre biologique pour voir l'efficacité d'élimination bactériologique, et les tests ont montré que les caractéristiques des sables sont :

- Les sables analysés sont des mélanges entre le sable fin et sable grossier.
- Le quasi-totalité des grains a un diamètre inférieur à 1 mm.

12-8-Rendement de filtres lents sur sable :

Le sable que nous avons utilisé (sable de Hassi Fehal) a été testé et montré qu'il y a une élimination des impuretés et une amélioration considérable de la qualité physique, chimique et bactériologique des eaux usées épurées. Les tests sur le rendement du sable sont présentés dans le tableau 53.

Tableau 52 : caractéristiques des eaux usées épurées à la sortie de filtre

	Rendement d'élimination (%)	Concentration à l'entrée de filtre	Concentration à la sortie de filtre
Les matières en suspension (MES) (mg/L)	78 à 85	12.68	2.8
Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/L)	79 à 83	11.37	2.4
Demande biologique en oxygène (DBO ₅) (mg/L)	85 à 95	5.72	0.9
Dénombrement coliformes fécaux (Ufc)	99 à 99.97	4.3×10^5	129

Nous observons une augmentation importante du rendement concernant l'élimination des germes, d'une valeur de 99 % jusqu'à une valeur de 99.97 % pour le Filtre avec les sables de Hassi Fehal.

De tableau 53 nous pouvons voir que toutes les caractéristiques sont sous les normes de l'OMS seuls les germes sont 129 Ufc qui sont dépassé la valeur maximale recommandée par l'OMS (100 ufc), et nous devons le réduire c'est pourquoi nous avons besoin d'une désinfection avant le les eaux usées épurées sont utilisées pour l'irrigation.

13-Désinfection des eaux usées :

La pollution microbienne découle de la présence, dans l'eau, de micro-organismes pathogènes (bactéries, virus ou parasites) issus de déjections humaines et animales provenant de diverses sources. Il peut s'agir de sources urbaines (stations d'épuration, réseaux d'égout, etc.), industrielles (eaux sanitaires et de procédé).

13-1-Les moyens de désinfection reconnus :

La désinfection des eaux usées vise l'inactivation ou la destruction des micro-organismes pathogènes présents dans les eaux usées. Pour que la désinfection soit efficace, les eaux usées doivent préalablement subir un traitement approprié.

-Le rayonnement ultraviolet.

-L'ozonation.

-la chloration.

Le choix d'un moyen de désinfection doit se faire en considérant des contraintes techniques, économiques et environnementales. En ce sens, le mode de désinfection idéal est celui qui regroupe notamment les caractéristiques suivantes :

-Efficacité pour la plupart des micro-organismes pathogènes (bactéries, virus et parasites) sous différentes conditions.

-Absence de sous-produits indésirables formés à la suite de son utilisation.

-Produit sécuritaire pour les humains et la vie aquatique.

-Facilité d'utilisation.

-Coûts d'investissement et d'exploitation économiquement viables.

Dans notre cas la moyenne de désinfection choisi est la chloration.

13-2- la chloration :

La chloration est une des méthodes que l'on peut utiliser pour désinfecter l'eau. Cette méthode a été utilisée il y a plusieurs siècles et elle est encore utilisée aujourd'hui. C'est une méthode de désinfection chimique qui utilise divers types de chlore ou des substances contenant du chlore pour oxyder et désinfecter la source d'eau potable. (« Qu'est-Ce Que La Chloration ? » s. d.)

L'efficacité de ces procédés dépendra des doses utilisées (abattement de 4 à 6 logarithmes), quant à la filtration sur membrane d'UF, elle permet une désinfection totale. (GROSCLAUDE, 1999)

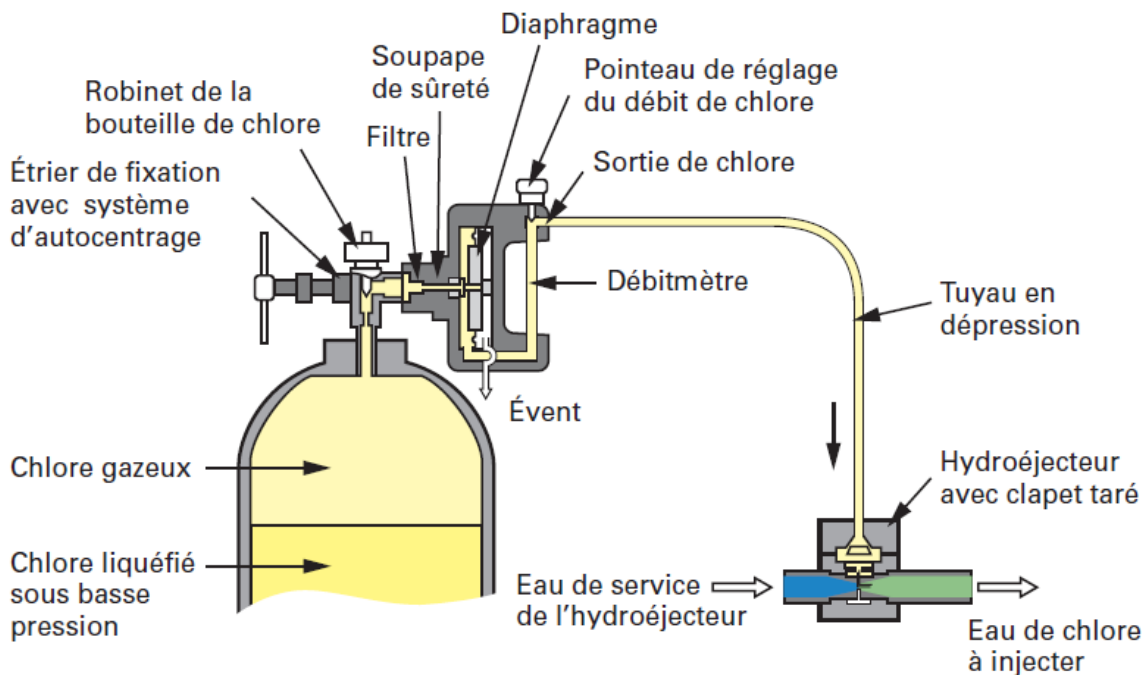


Figure 30 : Désinfection des eaux usées par chloration

Nous avons réalisé une opération de désinfection suite à quoi une évaluation des paramètres bactériologiques.

-Les coliformes fécaux : la chloration donne une bonne élimination de ces coliformes. Pour la désinfection le rendement est de 96.25%.

-Les streptocoques : Notre eau ne contient pas de streptocoques, vu la qualité des eaux utilisées (eaux urbaine).

-Les germes totaux : Nous pouvons dire qu'il y a une bonne élimination

-Les colibacilles : Concernant la désinfection le rendement est supérieur à 97%, on peut dire que notre eau peut être utilisée en irrigation. (Touil, Y ;2016)

14-Le site consterné par l'irrigation par les eaux usées épurées :

La station génère un débit de 6680 m³/j des eaux usées épurées donc la production annuelle est de 2438200 m³ d'eaux usées épurées pour l'horizon 2035. Les eaux usées épurées sont pompées après le passage par le traitement de finition (filtration en sable) et une désinfection qui a le but d'élimination des virus et pathogènes.

Trois périmètres ont été proposés qui souffrent d'un grand manque d'eau, et ils recherchent une nouvelle source facilement exploitable par les agriculteurs, mais pour choisir un site il faut prendre en compte plusieurs paramètres pour avoir un choix technico-économique :

- la distance entre la station d'épuration et le périmètre.
- coûts d'énergie en cas d'une station de pompage.

Votre choix est basé sur l'éloignement

Le périmètre qui a été choisi se situe à Chaabat El Maleh à une distance de 5 km au Sud-Est de la station de lagunage (voir Figure 34), la surface du périmètre est de 500 ha et la différence d'altitude est de 10 m. c'est pourquoi il y a un besoin d'une station de pompage à l'aval de la STEP. Ce périmètre n'a pas de source d'eau, c'est pourquoi il est pris en compte par la réutilisation des eaux usées épurées.

Cette solution est parfaite et en même temps est un moyen de protéger l'environnement et de réduire la pollution du lac d'El Goléa.

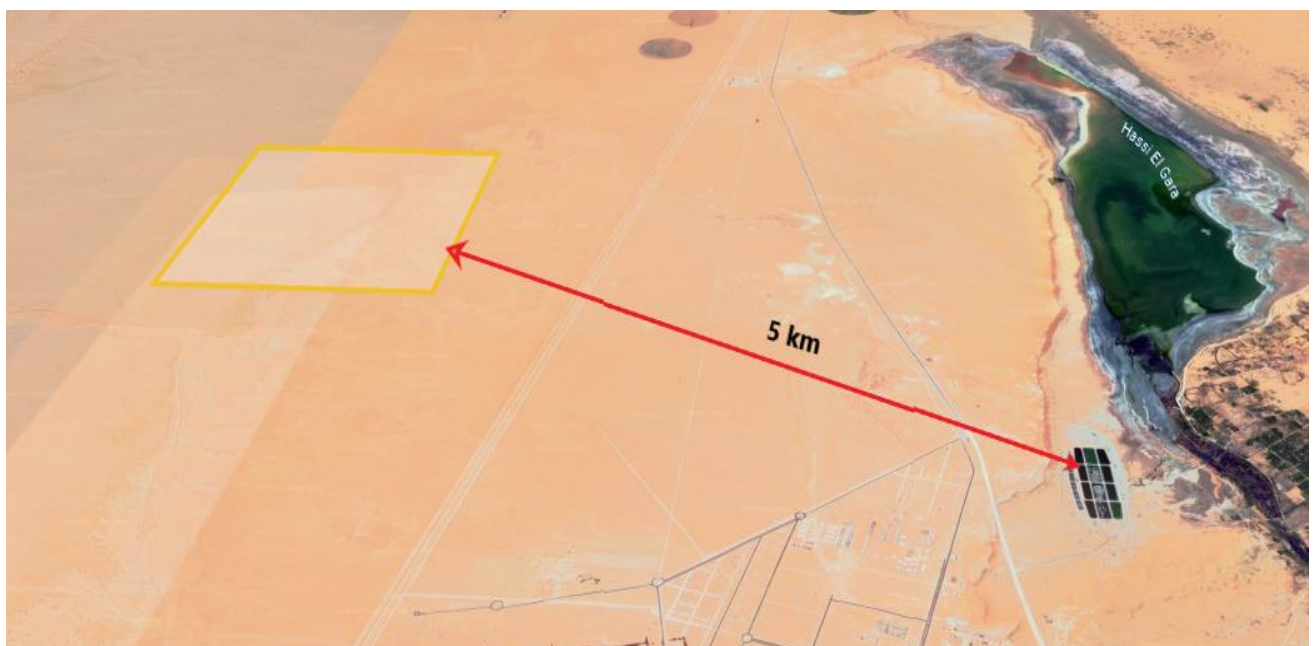


Figure 31 : La localisation du périmètre

14-1- Agro-Pédologie : (Sols désertiques) :

Dans le domaine saharien, les sols posent d'énormes problèmes de mise en valeur. Ils sont caractérisés par un faible potentiel de fertilité du sol, manifestant par la formation d'un paysage de type désertique. Les sols d'El Goléa ne sont pas des sols au sens agronomique du terme ; mais des sablées plus ou moins calcaires imprègnées de matière salantes et pratiquement dépourvues d'humidité, condition faisant obstacle à toute vie normale (BAHMANI 1987)

15-La Culture irriguée :

Phoenicicultur : est l'une des meilleures cultures que l'on puisse cultiver dans une région de El-Goléa elle représente 10.10 % de la superficie irriguée. Ce système est présent dans toutes les exploitations. Pour ce dernier système de culture nous avons choisi Deglet Nour et Ghars, avec une distance entre palmiers de 6 à 8m

Dans notre cas on prend un espacement de 8 m entre les palmiers. Le système d'irrigation pratiqué est la submersion, mais dans le cas d'utiliser les eaux usées épurées on utilise le système goutte à goutte pour diminuer la pollution du sol

16-Calculer la surface à irriguer :

Les besoins hydriques standards pour les palmiers dattiers sont de 60 à 70 m³/arbre/an (« La culture du Palmier Dattier | Irrigazette » s. d.)

Pour une surface de 500 ha et un espacement de 8 m qui donne une densité de 144 palmiers par hectare entre chaque palmier on peut planter autour de 144 palmiers par hectare dans notre périmètre.

Donc le besoin en eau pour un hectare est de **10080 m³/ha/an**.

Tableau 53 : le dévalement de surface irrigue

Horizons	Débits annuel (m³)	Surface a irrigué (ha)
2025	2378146	236
2035	2438200	242
2045	3147071	312.2
2055	3629898	360.1
2065	4192972	416
2079	5142015	503.7

La surface irriguée va s'agrandir avec le temps car le débit des eaux usées deviendra toujours plus grand car la ville d'El Goléa est en développement et on voit que l'utilisation des eaux usées épurées est une solution au problème du manque d'eau dans les régions arides et que peut économiser beaucoup d'eau et en même temps, protégera l'environnement.

Pour limite le risque de manque d'eau dans la station nous proposons d'implante un forage pour :

- Assurer un minimum de débits.
- Réduire la pollution des eaux usées épurées.
- Ce mélange avec les eaux uses épurées.

Conclusion générale :

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion, principalement associée à l'agriculture. De nombreuses solutions techniques permettent de répondre aux normes de réutilisation existantes, en particulier aux directives de l'OMS sur l'irrigation restreinte et sans restriction.

La disponibilité en eau de bonne qualité devient une denrée rare, le recours aux eaux non conventionnelles est devenu incontournable. C'est dans ce sens que nous avons opté pour la réutilisation des eaux usées épurées pour les utiliser en agriculture. Nous avons travaillé sur la possibilité d'utilisation des eaux issues de la station de lagunage naturel d'El-Goléa pour irrigation des périmètres souffrant du manque d'eau.

Le dimensionnement est fait par la dotation de plan nationale de l'eau qui donnent les résultats de la recherche sur la consommation de l'eau potable pour différentes régions et horizons pour calculer la quantité des eaux usées (7189 m³/j) a montré que la STEP qui a été réalisé est surdimensionné avec une surface de 20 ha environ le double de la surface de la STEP dimensionner. Ceci est dû au fait que le PNE donne des résultats de consommation d'eau potable proches au les dotations réels (109 l/j dans le cas de la ville El-Goléa), et avec cela la durée de vie de l'infrastructure va changer.

Le nouvel horizon de la STEP de lagunage naturel est 2079, mais pour continuer à exploiter nous devons suivre les recommandations suivantes :

- Protection les talus des digues
- Protection de la géomembrane dans l'opération de nettoyage du fond des bassins

D'après les résultats d'analyse chimique les eaux usées épurées présentent une très bonne qualité pour son utilisation en irrigation ; en absence des analyse des analyse bactériologique des eaux épurées nous avons estimé les concentrations en coliformes fécaux comme indicateur de pollution bactériologique nous somme arrivé à des concentrations qui peuvent dépassé les normes d'irrigation, c'est pourquoi nous avons ajouté une filtration sur sable de dune et une désinfection par chloration pour éliminer le reste des bactéries.

Conclusion générale

Les eaux usées épurées représentent une nouvelle source d'eau à exploiter, notamment en Algérie à cause du stress hydrique qui la traverse, la quantité des eaux usées épurées augmentera toujours et nous devons l'utiliser surtout dans le domaine agricole qui consomme des grandes quantités d'eau potable. et finalement on a calculé le développement de la superficie irriguée pour différents horizons.

Pour concrétiser un projet de réutilisation des eaux usées épurées en irrigation, il faut avoir un suivi permanent de la qualité d'eau avant son utilisation.

Références bibliographiques

- Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique : performances épuratoires et aspect phytoplanctonique par **Ouafae EL HACHMI** -10Novembre 2012
- Les stations d'épurations des eaux usées en Algérie par **Mohamed Bezzina**
- European Union, European Commission, et Directorate-General for the Environment 2002
- Dimensionnement d'une station d'épuration type lagunage naturel au centre d'Ain Cheragg, Fès, Maroc par **Lamyae Boughanzal**
- Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse – Juillet 2007
- DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION DE LA VILLE DE TAZMALT WILAYA DE BEJAIA Présenté par : **Mr BELARBIA Abdenour** et **Mr BELMILOUD Kamel** 2015
- Cours Epuration Industrielles Chapitre II : Filière d'épuration épuration des eaux industrielles - Madame **BETTATACHE HAYAT**
- Ouvrages de traitement par lagunage naturel (Filière classique et filières combinées)
- Filière infiltration percolation Cg29 - DEE - SATEA – 2008
- Partenariat 2016-2018 Domaine eau et aménagements urbains Action 40-2
- Conception et exploitation des stations de traitement des eaux usées des petites et moyennes collectivités (**EPNAC**)
- Stations d'épuration : Dispositions constructives pour améliorer leurs fonctionnements et faciliter leurs exploitations par : **Joseph PRONOST-Rakha PRONOST-Laurent DEPLAT-Jacques MALRIEU-Jean-Marc BERLAND** Décembre 2002.
- Lagunage naturel anaérobie : modélisation combinant la décantation primaire et la dégradation anaérobie par **Kôkôh Rose EFFEBI**
- Epuration des eaux usées par lagunage en Afrique : état des lieux, performances épuratoires

- et critères de dimensionnement par **Doulaye KONE**
- Le lagunage naturel : les leçons tirées de 15 ans de pratique.
 - Optimisation du dimensionnement des bassins d'épuration par lagunage naturel dans la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc **Mohammed Boutayeb**
 - L'épuration des eaux usées : le lagunage naturel, Cas de la station de Mèze-Loupian Ecosite du Pays de Thau
 - Morgan Mozas & Alexis Ghosn-État des lieux du secteur de l'eau en Algérie-Octobre 2013
 - Rapport n°2 Consommations d'eau potable et potentiels d'économies Septembre 2005
 - Jérôme BENOIT Vincent DAUPHIN Thomas DUCROCQ Silvia NOUGAROL Emeline SALVA Septembre 2011
 - Asano T. Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1998.
 - ONA-Mme GHARZOULI.M Chef de Station d'Épuration de la ville de Sétif ONA- Zone de Sétif Unité d'assainissement de Sétif /2014
 - Crook J., Surampalli R.Y. Water reclamation and reuse criteria in the U.S. Water Science and Technology, 1996
 - LA FILTRATION LENTE SUR SABLE ETUDIEE SUR UNE INSTALLATION PILOTE PAR **AMADOU HAMA MAIGA.**
 - Gestion intégrée et économie de l'eau- **Melle CHAREB-YSSAAD Ismahane.**
 - Comportement à long terme des géotextiles et des géomembranes **André L. Rollin**
 - Almasi A., Pescod M. B. (1996),Wastewater treatment mechanisms in anoxic stabilization ponds,Water Sciences and Technologies, 125-132.
 - Lassus C et al (1998), Objectif Epuration - Le lagunage naturel : conception et réalisation - Les règles de l'art, Agence de l'Eau Seine-Normandie, CEMAGREF, UTC
 - BeCloud.com. s. d. « Quantités à traiter – eaux usées et eaux pluviales ». Consulté le 1 décembre 2020. <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluents-urbains/quantites-a-traiter>.
 - Bouamama, Mohamed. s. d. « Nouveaux défis du système de mesure de la performance: cas des tableaux de bord », 437.
 - « F08_lagunage_aere.pdf ». s. d. Consulté le 1 décembre 2020. https://www.eau-rhin-meuse.fr/tlch/procedes_epuration/F08_lagunage_aere.pdf.

-« REURapport_1_.pdf ». s. d. Consulté le 1 décembre 2020. https://www.ors-idf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/2004/Etude2004_2/REURapport_1_.pdf.

Sites WEB

-<https://fr.wikipedia.org/wiki/Lagunage>

-<http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0809/bei/beiere/groupe3/node/196.html>

-<https://www.isma.fr/produits/lagunage-aere/>

-https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich16_1.htm

-https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich16_2.htm

-https://akvopedia.org/wiki/Filtre_planté_à_écoulement_horizontal_sous-surface

-<http://www.caue60.com/amenagement-paysager/eau-et-amenagements/gros-plan-sur-le-lagunage/>

-https://akvopedia.org/wiki/Filtre_planté_à_écoulement_vertical

-<https://www.1h2o3.com/apprendre/bacteries-et-micro-organismes/>

-<http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/11951/1/Ms.Hyd.Chekroun.pdf>

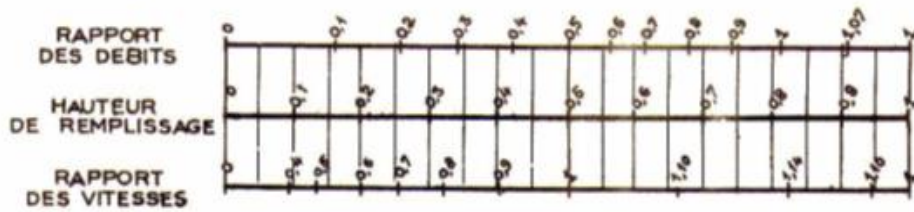
ANNEXES

ANNEXE 1

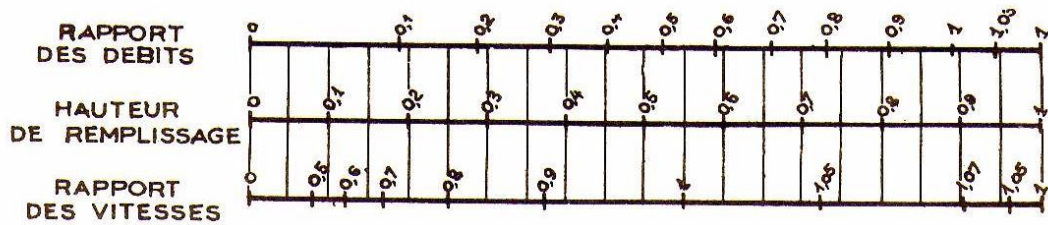
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES
EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(d'après la formule de Bazin)

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés

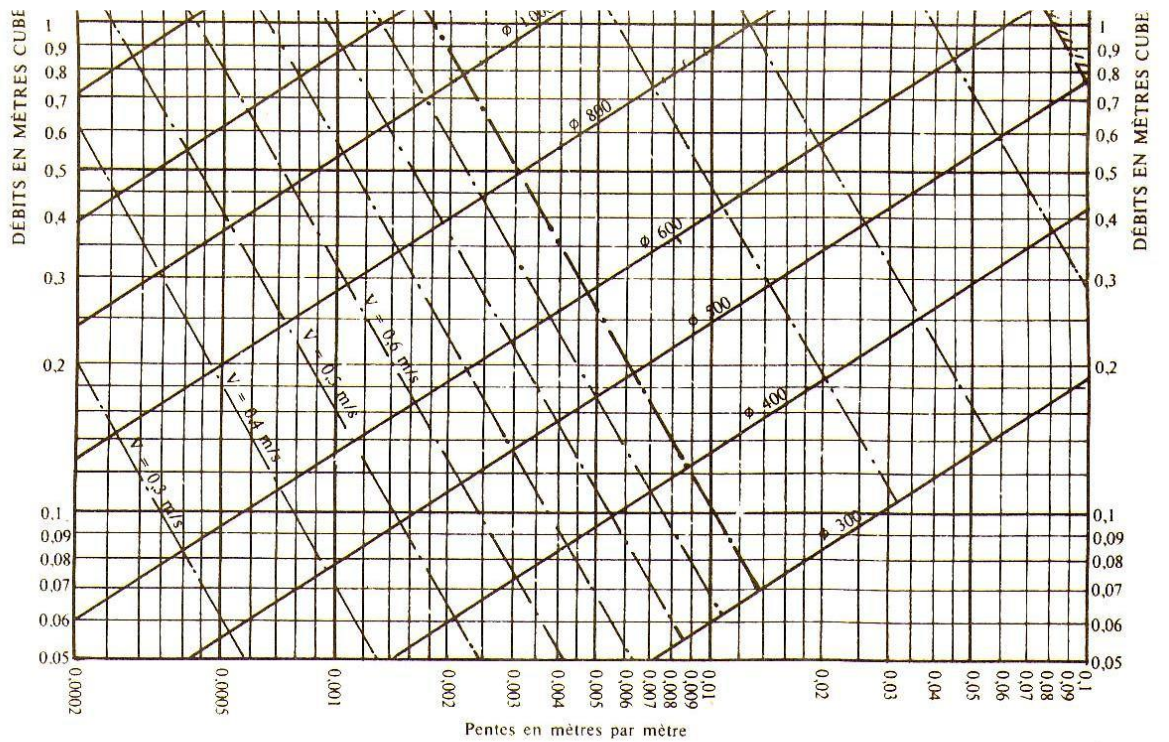
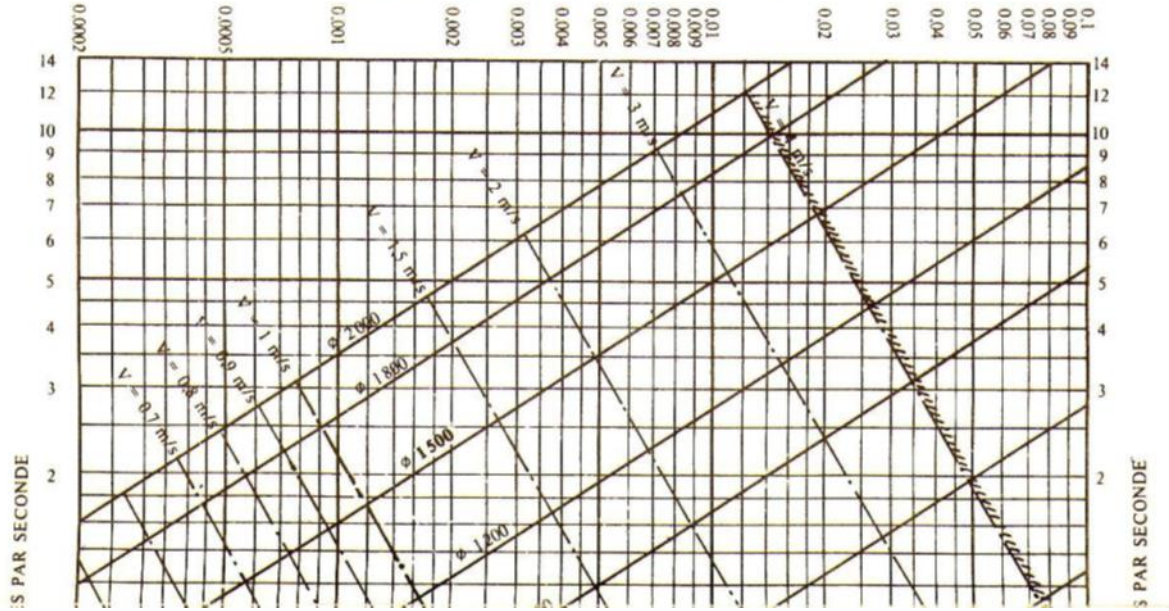


Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux $\frac{3}{10}$, le débit est les $\frac{2}{10}$ du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les $\frac{78}{100}$ de la vitesse correspondant au débit à pleine section

ANNEXE 2

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF

(Canalisations circulaires – Formule de Bazin)



Pentes en mètres par mètre