

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE DE GHARDAIA
FACULTE DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique
Option : Hydraulique Urbain**

MASTER ACADEMIE

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

THEME :

***Réutilisation des eaux (traité par STEP Sidi Khouiled
–Ouargla , forge, et filtré par différentes l'hauteur de
sable) pour irrigation et des impacts sur des plantes
fourrages (Luzerne, maïs et Orge)***

Présenté par : - BOUBERMA AZZEDDINE

- MOUMNI ADB KARIM

Encadreur : Mechri Bachir

Magister Université de Ghardaïa

Soutenue publiquement le :29/09/2011... devant le jury composé de :

Président :

Examineurs : -

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2018/2019

∞ Dédicaces ∞

A la mémoire du mon idéal, l'être le plus généreux mon cher père tous sacrifices

A mon très chère mère la femme la plus patient dans le monde

A ma chère femme .W et les enfants.

*A tous mes amis et mon cher ami MEHCERI MAAMMAR - CHATHOUH -
SMAIL MEKHLOUFI*

A MON Encadreur MECHRI BACHIR ET KATB SAMIR

A la promotion d'hydraulique et à tous mes amis (es).

Je dédie ce modeste travail.

** Bouberma Azzeddine*

** Moumni Abd EL Krime*

Les Figure	
01. Situation de la wilaya d'Ouargla	01
02 : Cadre physique de la cuvette d'Ouargla	02
03 : La température moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)	03
04 : le cumul des pluies moyennes annuelles des années (2008-2017)	03
05: l'humidité relative moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)	04
06 : La vitesse moyenne de vent maximal annuelle des années (2008-2017)	04
07 : L'évaporation moyenne totale annuelle des années (2008-2017)	05
08 : la Durée d'Insolation moyenne annuelle des années (2008-2017)	05
09. Relief géologique de la région d'Ouargla Superposition de la carte géologique	07
10 : Plan De Situation du la STEP	12
11 : Ouvrage de la STATION	12
12: Regard Dégazage	13
13: Dégrilleur	14
14: Dessableur	15
15 : Ouvrage de répartition	16
16 : Composantes de la station d'épuration de Sidi khouiled	20
17: aérateur	20
18: L'interface de programme	58
19 : Profile de filtre en lente sur sable	59
20 : Courbe granulométrique de sable Hassi Sayah	72
22 : Courbe des mesures de DBO5 en fonction de temps pour des Filtres	84
23 : Courbe des dates des prélèvements en fonction de la hauteur – Luzerne	90
24 : Courbe des dates des prélèvements en fonction de la hauteur – maïs	90
25 : Courbe des dates des prélèvements en fonction de la hauteur – Orge	90

LES TABLEAU	
01 : Charge organique bien biodégradable et mal biodégradable	44
02 : Superficies et productions des cultures fourragères au niveau de la cuvette d'Ouargla durant la campagne 2005/2006 (DSA Ouargla, 2007)	46
03 : Moyennes des Rendements de DCO pour sables Hassi Sayah	67
04 : Volume d'échantillon d'après la DCO	68
05 : Résultats des analyses pH, CE, NO_3^- , NO_2^- des eaux	72
06 : représentant les paramètres physiques du sable des carrières sélectionnées	78
07 : La densité réelle	80
08 : la densité apparente	80
09 : Valeurs des paramètres chimiques des sables	86
10 : résultats des analyses physico-chimiques du sable	90
11 : résultats des analyses physico-chimique du sable	90
12 : Valeurs des Mesures de DBO_5 pour sables Hassi Sayah	91
13 : Valeurs des Rendements de DBO_5 pour sables Hassi Sayah	92
14 : Moyennes des Rendements de DCO pour des sables tibesbest, Ben Naceur, Hassi Messaud et N'ggoussa	96
15 : Valeurs des Paramètres granulométrique des sables, tibesbest, Ben Naceur, Hassi Messaud et N'ggoussa	96
13 : Valeurs des Rendements de DBO_5 pour sables Hassi Sayah	92
13 : Valeurs des Rendements de DBO_5 pour sables Hassi Sayah	92
18 :	92

SOMMAIRE

Chapitre: I Présentation de la zone d'étude	
Introduction générale	
I-1-Introduction	1
I-2- Situation géographique de la wilaya d'OUARGLA	1
I-2-1 Données climatiques	2
I-2-2-Température	3
I-2-3-Précipitation	3
I-2-4-Humidité relative	4
I-2-5-Vents	4
I-2-6-Evaporation	5
I-2-7-Insolation	5
I-2-2 Géologie	6
I-2-3 Géomorphologie	7
I-2-4 Topographie	8
I-2-5 Hydrographie	8
I-2-5-1- Oued M'ya	8
I-2-5-2 - Oued N'sa	8
I-2-5-3 Oued M'Zab	9
I-2-6- Hydrogéologie	9
I-2-6-1-. Nappe du Continental Intercalaire	9
I-2-6-2 Nappes du Complexe terminal	9
I-2-6-2-1 Nappe du Mio-Pliocène	9
I-2-6-2-2 Nappe du Sénonien (nappe des calcaires)	10
I-2-6-3 Nappe phréatique	10
I-2-7 Contexte pédologique	10
I-3-Présentation de Station d'épuration Sidi khouiled	10
I-3-1-Site de la station d'épuration	10
I-3-2-Nature des eaux usées de la ville sidi khouiled	11
I-3-3-L'objectif de traitement de la station	11
I-3-4-Principe de traitement	11

I-3-4-1- Prétraitement ou traitement primaire	11
I-3-4-2-Regard Dégazage	13
I-3-4-3-Dégrillage	15
I-3-4-4-Dessablage	16
I-3-4-5-Ouvrage de répartition	17
I-3-5-Traitement secondaire	17
I-3-5-1-Premier étage de lagunage aéré	18
I-3-5-2-Caractéristiques des lagunes aérées des bassins (A1, A2, A3, A4)	18
I-3-5-3- Bases de dimensionnement des ouvrages	19
I-3-5-4- Qualité des eaux épurées rejetées	19
I-3-5-5- Procède de traitement retenu	20
I-3-5-6 - Principaux ouvrages et équipements annexes	21
I-3-5-7-Les lits de séchages	22
I-3-5-8-concluions	23
CHAPITRE II : Généralités sur la filtration	
II- Généralités sur la filtration	25
II -1-Historique	25
II -2- Différents type de filtre	25
II -2-1- Les Filtres lents à sable	25
II -2-2- Les Filtres rapides	26
II -2-2- 1- Lavage des filtres rapides	27
II -2-3- Les Filtres sous pression	27
II -2-4- Micro-tamisage	28
II -2-5. Filtration sur charbon activé	28
II -2-5-1. Sous Forme de poudre	29
II -2-5-2. Sous Forme de poudre	29
II -3-théorie de la filtration lente	29
II -3-1. Introduction	29
II -3-2. Purification Dans Un Filtre Lent	30
II -3-3. Mécanismes De La Filtration Lent	31
II -3-3-1. Mécanismes de transport	31
II -3-3-2. Mécanismes de fixation	32
II -3-3-3. Effets des algues	34

II -3-3-4. Hydraulique de la filtration	34
II -4 - Paramètre d'expérimentation	35
II -4-1- Choix des vitesses de filtration	35
II -4-2 - Choix de la granulométrie de sable	36
II -4-3- - Choix de l'épaisseur de sable filtrant	36
II -4-4- matériel d'expérimentation	37
II -4-5- Mesure des débits et choix du diamètre des colonnes	37
CHAPITRE III : Généralités sur Les eaux Usées	
III -Introduction	40
III -1- Importance de l'eau	40
III -2 - Les eaux usées urbaines	41
III -3 - Origines des eaux domestiques	41
III - 4 - Eaux domestiques	42
III -5- Eaux Industrielles	44
III - 6- Eaux pluviales	45
III - 7 - Caractéristique des eaux résiduaires urbaines	46
CHAPITRE IV : Généralités sur Les Plantes fourrages	
IV-1-Introduction	48
IV-2- Le maïs	49
IV-2-1- Le maïs– Son origine et ses caractéristiques	49
IV-2-2- Origine et domestication du maïs	50
IV-2-3- Biologie et physiologie du maïs	51
IV-2-4- Les phases de développement du maïs	52
IV-3- Choix de la culture à étudier : luzerne	55
IV-3- 1-Définition	55
IV-3-2- Végétation et croissance	55
IV-3-3- Exigences édaphiques	55
IV-3-4- Exigences hydriques	56
IV-4-Choix de la culture à étudier : L'orge	56
IV-4-1-Définition	56
IV-4-2- Comment faire pousser de l'orge	57
IV-4-3- Composition chimique de l'orge	57
IV-4-4- Description de la végétation	57
IV-4-5- Le total des racines	57
IV-4-6-Caractéristiques des combustibles	58
CHAPITRE V : Matériel Et Méthodes	
V-1- L'Introduction	60
V- 2 Dispositif expérimental	60
V- 3 - Détermination des besoins d'irrigation de la culture	62
V-3-1- Définition	62
V-3 -1 -Dose d'irrigation	63
V-4- Analyses	65
V-4-1- Mode opératoire des analyses physicochimiques	65

V-4- Analyses du sable	75
V- 5 - 1- Introduction	75
V- 5 – 2 - Caractérisation des sables	75
V- 5 – 2 – 1-Echantillonnage	75
V- 5 – 3 - Caractéristiques des particules élémentaires	76
V- 5 – 4 - L'analyse granulométrique	76
V- 5 – 5 - La porosité	81
V- 5 – 6 - La densité réelle	81
V- 5 – 7- La densité apparente	82
V- 5 – 8 - La perméabilité [LTPS]	82
V- 5 – 8 - Quelque exemple de perméabilité de sol	83
V- 5 – 9 - L'essai du bleu de méthylène	84
V- 5 – 10 – 1- L'essai du % CaCO ₃	86
V- 5 – 11 - Conclusion	87
CHAPITRE VI : Résultats et Discussions	
VI - RESULTATS ET DISCUSSIONS	89
VI – 1 -Résultats analyses de sol	89
VI – 2 -Résultats Analyses d'eau	89
VI – 2-1. La Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	89
VI – 2-2- Analyse pH , CE , No ₃ ⁻ , No ₂ ⁻	93
VI – 3- Analyses de la croissance des Plantes	93
Conclusion générale	96

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources e Hydraulique

CE : Conductivité Électrique

CI: Continental intercalaire

CT: Complexe terminal

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

LTPS :

EU: Eaux Usées

EUE : Eaux Usées Épurées

FAO: Food and Agriculture organisation

INSID: Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage

Irr : Irrigué

ITDAS : Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne

MES : Matières En Suspension MNT : Modèle Numérique du Terrain

MO: Matière organique

MRE : Ministère de Ressources en Eaux

MTH: Maladies à Transmission Hydrique

NGL : Azote Global (Total)

NK: Azote Kjeldahal N org: Azote organique OMS: Organisation Mondiale de Santé

OMS ONA : Office National d'Assainissement

ONM : Office National de Météorologie

pH : potentiel d'Hydrogène

PT : Phosphore Total

REUE : Réutilisation des Eaux Usées Épurées

RN : Route Nationale

SAR : Sodium Adsorption Ratio

SPED : Station de Pompage des Eaux de Drainage

STEP: Station d'épuration

URERMS: Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien

USEPA: United States Environmental Protection Agency

USAID :United States Agency of International Development

USEPA : United States Environmental Protection Agency

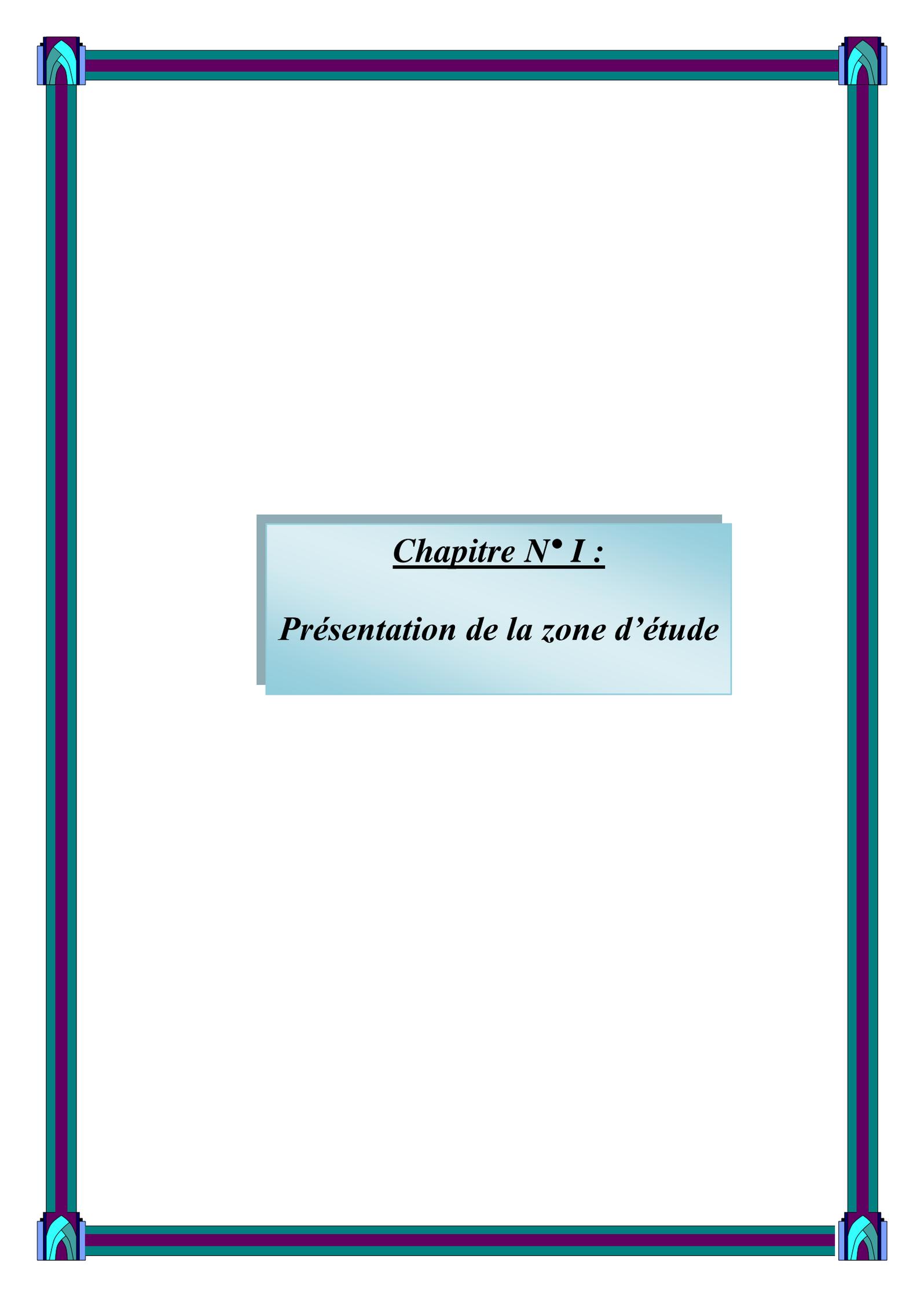
Introduction

Au Sahara, l'agriculture constitue une activité principale et un facteur de stabilisation des populations. La mise en valeur dans les régions sahariennes se présente, même comme une alternative pour la réduction de la dépendance, voire l'autosatisfaction alimentaire au niveau régional. Cependant, l'eau est une ressource vitale et l'un des principaux facteurs de production agricole dans ces régions. Elle est une ressource naturelle très limitée dans les régions arides et semi-arides. Elle est également indispensable pour les activités industrielles, touristiques et environnementales. L'expansion des villes et les accroissements démographiques et économiques ont causé l'augmentation des volumes des eaux utilisés ainsi que ceux des eaux usées rejetées. Face à cette situation, la réutilisation des eaux usées après traitement apparaît comme une alternative souhaitable afin de mobiliser les ressources en eau conventionnelles pour l'approvisionnement domestique et d'autres usages prioritaires de la population algérienne. Cependant, en Algérie, peu d'importance est accordée à l'épuration des eaux usées. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seuls 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées. De plus, les ouvrages de traitement et d'épuration des eaux comprennent essentiellement une station d'épuration et des lagunes sont exclusivement destinées aux rejets dans le milieu sans objectif de réutilisation. Selon TAMRABET (2011), l'utilisation des eaux usées est une pratique très répandue dans la plupart des pays du monde et les pays méditerranéens, dont les principaux projets d'utilisation sont consacrés à l'irrigation agricole et la recharge des aquifères. La réutilisation peut être considérée comme une partie intégrante de la lutte contre la pollution de l'environnement et de la stratégie de gestion de l'eau. Ces eaux récupérées peuvent être considérées comme une source précieuse d'eau. Elle peut présenter des avantages pour la santé publique, l'environnement, le développement économique et agricole. Les eaux usées épurées présentent une valeur fertilisante appréciable. Les apports en matière organique par les eaux usées épurées permettent à long terme d'augmenter la fertilité naturelle du sol sur le plan physique, chimique et biologique. Les eaux usées épurées peuvent avoir des impacts défavorables, tels que la pollution du sol, des eaux souterraines et de surface, restent parmi les inconvénients potentiels les plus importants. De ce fait, en raison de la nature variable et de la composition de ressources hydriques, leurs réutilisations doivent être gérées soigneusement, surveillées et contrôlées par des spécialistes.

Le Sahara algérien dispose de potentialités souterraines en eau conventionnelles renouvelables et non renouvelables. La réutilisation des eaux usées épurées peut s'intégrer dans des programmes de gestion raisonnée. La cuvette d'Ouargla caractérisée par l'absence d'un exutoire. La forte croissance qu'a connue la région a induit des besoins significatifs en eau pour l'usage domestique, agricole et industriel, causant ainsi de graves préjudices à l'environnement. La surexploitation des ressources en eau a conduit au phénomène des excédents hydriques dont l'ampleur de ce phénomène s'est considérablement accentuée par l'absence d'un système efficace de drainage. Pour une évaluation de la situation de traitement et de réutilisation des produits d'épuration, que s'intègre notre recherche. Il a pour objectif d'étudier les modes de gestion et les possibilités de valorisation agricole des effluents de la station conformément aux normes internationale et les réglementations algériennes qui visent une réutilisation sans danger. Afin d'atteindre nos objectifs, notre approche méthodologique est basée sur la réalisation expérience pour faire un état des lieux sur la situation de la réutilisation des eaux usées épurées, et la caractérisation des eaux conventionnelles et non conventionnelles utilisées dans la mise en valeur, ainsi que leurs impacts agro-environnementaux de salinité, fertilité et pollution. Cette étude s'articule autour de deux parties théorique et expérimentale dont la première se rapporte à une synthèse bibliographique sur la zone d'étude et les eaux usées et la présentation du cadre d'étude, ainsi que la gestion des eaux dans la cuvette d'Ouargla , différentes types des eaux drains , on a vu apparaître un système d'épuration rustique cette technique alternative utilise les lits filtrants en sables

Les objectif ce travail vérifier la qualité de l'eau traité de la STEP de sidi khouiled par des différentes hauteurs de filtre à sable, et des impacts des eaux filtrés sur les croissances des plans fourrages (maïs, luzerne et Orge), et choisie le sable adaptée par le filtre lent .

L'étude a été visé sur trois types des plantes (maïs, luzerne , et orge) irrigués par trois types des eaux (eau traité par STEP, eau Fourrage et eau filtré par des filtres à sable) La deuxième partie est consacrée à la présentation du site expérimental et traite des résultats et discussion, complétée par des perspectives de valorisation et recommandations. Le tout couronné par une conclusion générale.



Chapitre N° I :

Présentation de la zone d'étude

I-1- Situation géographique de la wilaya d'OUARGLA :

La wilaya d'Ouargla se situe au sud-est de l'Algérie, couvrant une superficie de 163.230 Km² et demeure l'une des collectivités administratives les plus étendues du pays [4]. La commune d'Ouargla est le chef-lieu de la wilaya

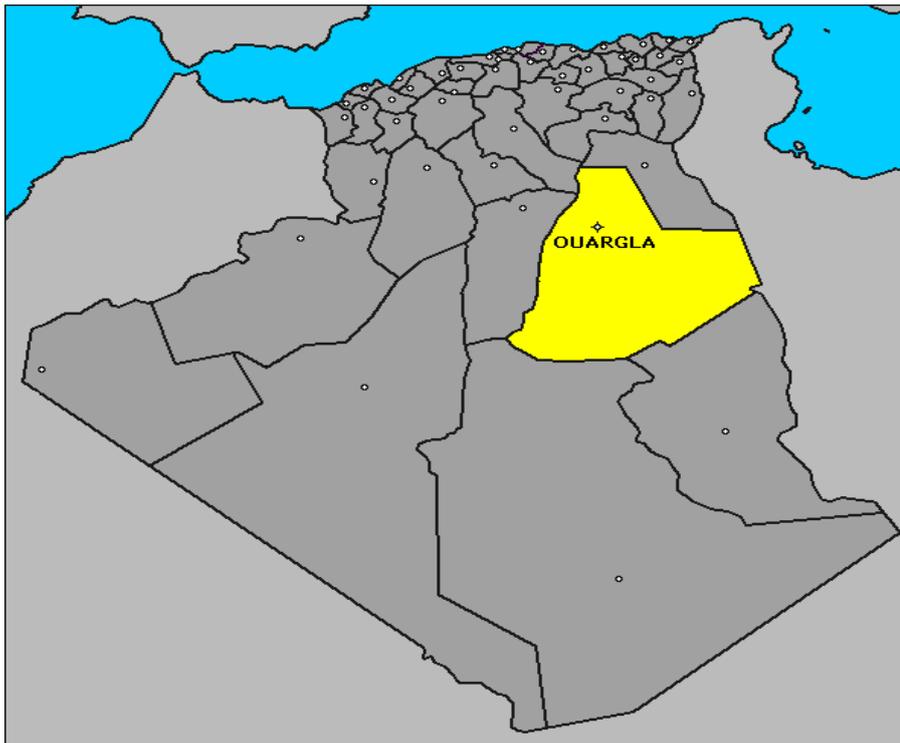


Figure 01. Situation de la wilaya d'Ouargla

Les villes de Ouargla, Rouissat et Aïn El Beïda forment une unité urbaine, appelée l'agglomération de Ouargla, qui avec ses palmeraies constituent l'une des plus grandes oasis du Sahara algérien.

L'agglomération de Ouargla est située dans une dépression appelée « Cuvette de Ouargla ». Cette cuvette dont notre étude s'est déroulée est sise dans le Bas-Sahara algérien ; elle correspond à la basse vallée fossile de l'Oued M'ya qui draine le versant Nord du plateau de Tademaït, et se termine à Sebkhaf Safioune.

La cuvette de Ouargla est limitée par :

- ❖ La Sebkhaf Safioune au Nord ;
- ❖ les ergs Touil ET Arifdji à l'Est;

Présentation de la zone d'étude

- ❖ les dunes de Sedrata au Sud;
- ❖ le versant Est de la dorsale du Mzab à l'Ouest [04] .

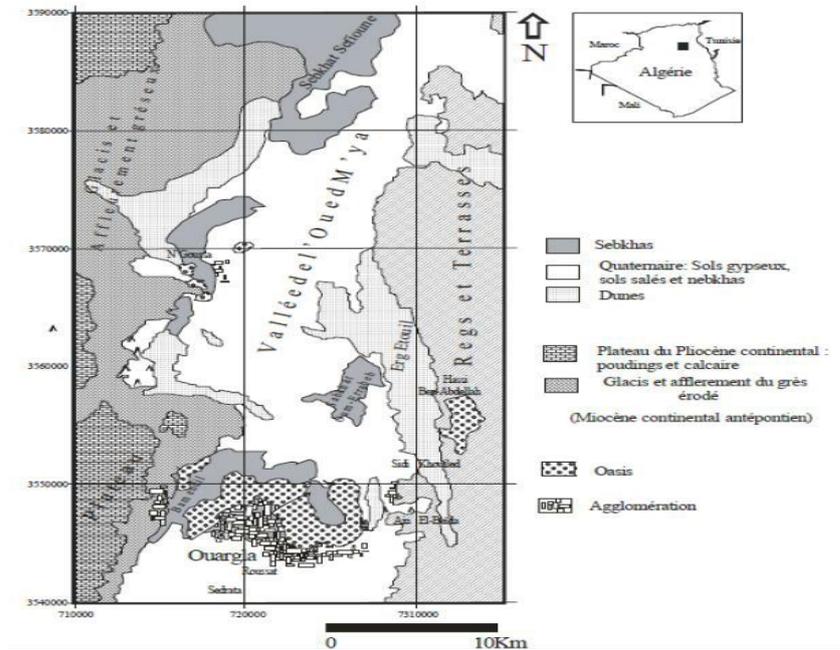


Figure N° 02 : Cadre physique de la cuvette de Ouargla

I-1-1 Données climatiques :

Le climat de la vallée d'Ouargla est un climat désertique chaud de type saharien, caractérisé par des pluviométries très réduite, des températures élevées et une forte évaporation, et par une faible humidité relative de l'air, D'après les données de l'ONM, 2017 (voir annexe 04)

I-1-2-Température :

La température moyenne maximale annuelle est de 23, 40 C°. Les mois les plus chauds et Juillet, avec une température moyenne de 44 C°. , [13]

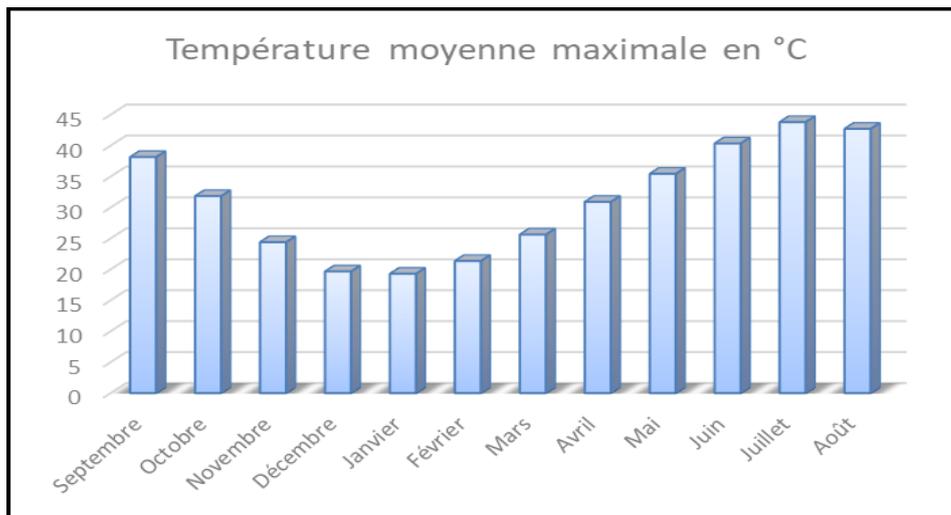


Figure N° 03 : La température moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)

I-1-3-Précipitation :

La précipitation est rare et irrégulière dans le temps et dans l'espace, le mois le plus pluvieux est Janvier avec 8.51 mm, et de quantités très faible (0,27 mm) peuvent être enregistrées pour le mois d'Août, le cumul moyen des précipitations annuelles sur 10 ans (2008-2017) est de 39,19 mm. [13]

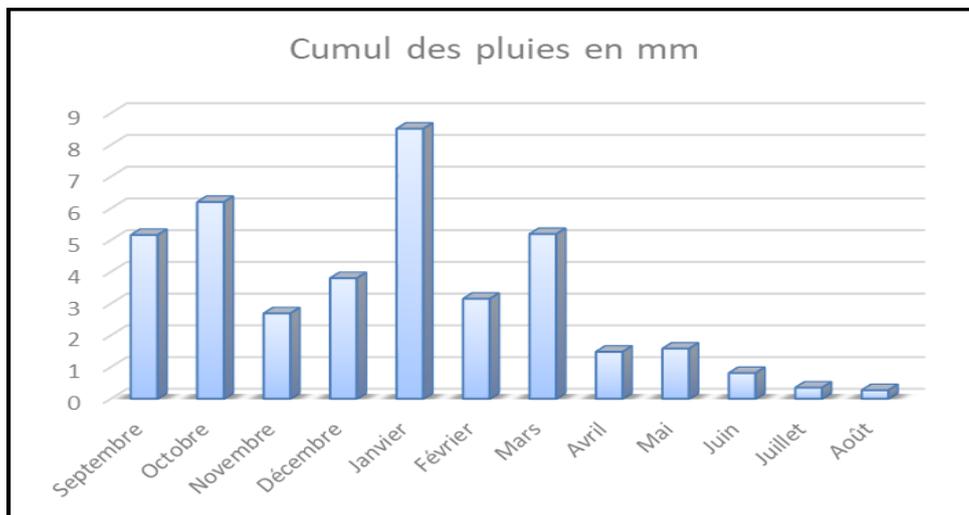


Figure N°04 : le cumul des pluies moyennes annuelles des années (2008-2017)

I-1-4-Humidité relative :

L'humidité relative de l'air est très faible avec une moyenne annuelle de 57.81 %. Elle au mois de Janvier 79 % diminue jusqu'au mois de Juillet 35 %, puis elle augmente pour atteindre une moyenne de 81 % au mois de Décembre [13].

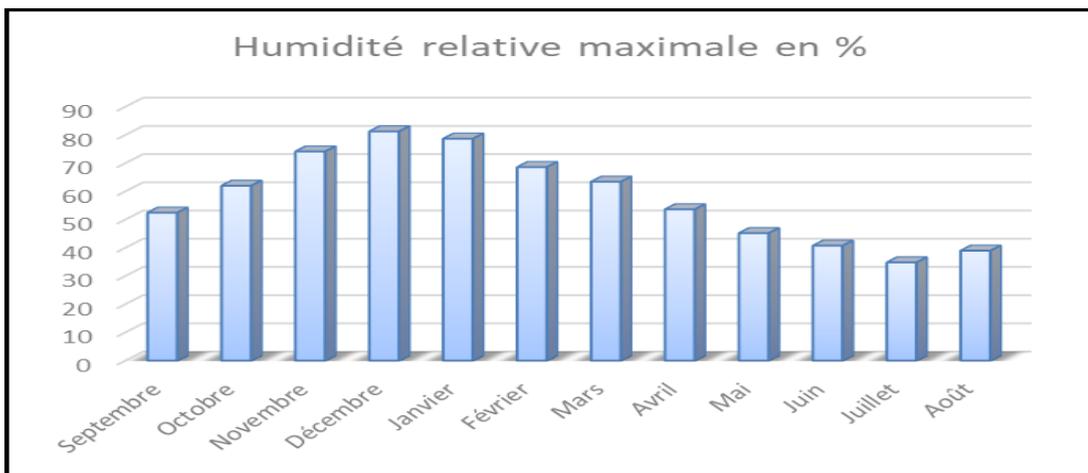


Figure N°05: l'humidité relative moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)

I-1-5-Vents :

Les vents sont fréquents Durant toute l'année, avec une moyenne qui varie entre 7.06 et 10.39 m/s, les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-Est/Sud-Ouest (vent chaud sirocco). [13].

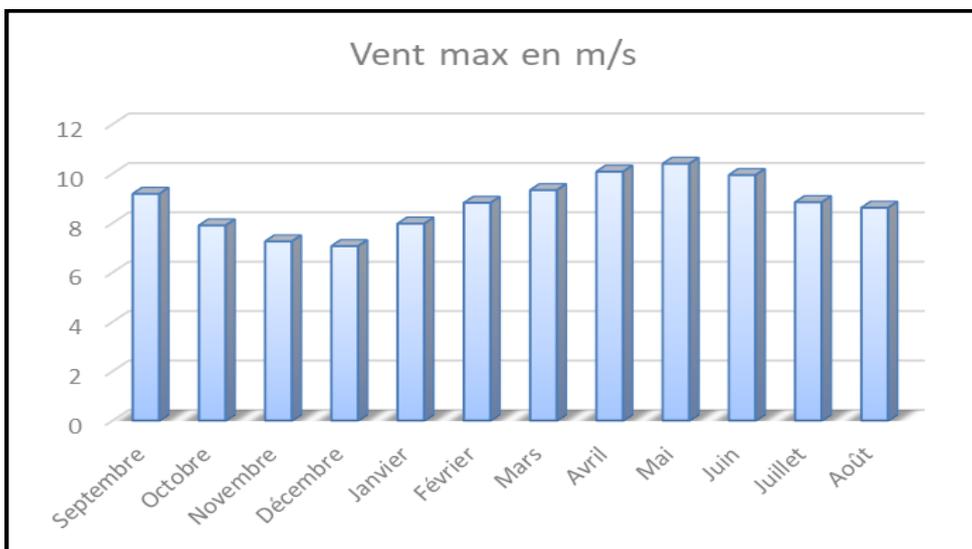


Figure N°06 : La vitesse moyenne de vent maximal annuelle des années (2008-2017)

I-1-6-Evaporation :

L'évaporation est un paramètre climatique important qui permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère, la région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant renforcée par les vents chauds, la quantité maximale évaporée 433 mm au mois de Juillet par contre la quantité minimale avec 80.3 mm au mois de Décembre, le cumule annuel est de 2807.6 mm [13].

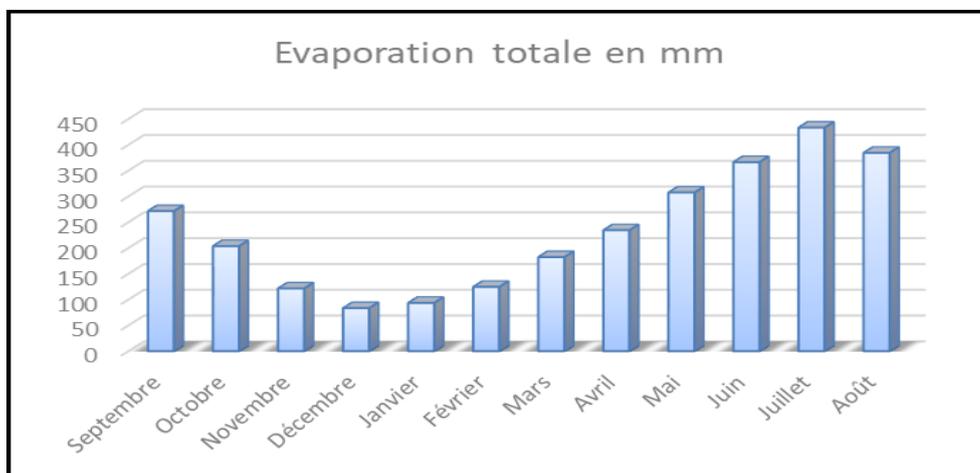


Figure N°07 : L'évaporation moyenne totale annuelle des années (2008-2017)

I-1-7-Insolation :

La durée annuelle moyenne d'insolation est de 271.92 heures par ans, avec un minimum de 230.97 heures par jour au mois de Décembre et un maximum de 340.13 heures par jour au mois d'Aout [13].

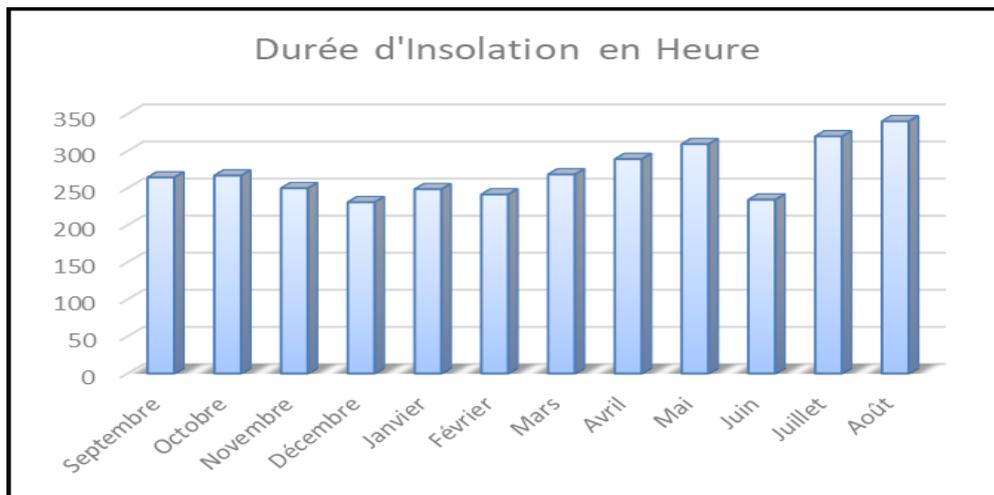


Figure N° 08 : la Durée d'Insolation moyenne annuelle des années (2008-2017)

I-2-1 Géologie :

La cuvette d'Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grès tendres, à stratifications entrecroisées, avec nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que l'on voit affleurer sur ses bords Est et Ouest [04]. Au-dessous du fond de la vallée, des sondages ont mis en évidence, sous quelques mètres de sable :

- ✓ Une alternance de niveaux formés de calcaires, de calcaires marneux, de sables argileux et de grès tendres, se terminant à la base par des argiles sableuses vers 30 à 45 m de profondeur ;
- ✓ Des sables fins et gros, se terminant par des argiles sableuses à leur base vers 55 à 80m;
- ✓ Les calcaires du Sénonien (jusque vers 250 m) ;
- ✓ Un épais horizon d'argiles à évaporites (jusque vers 650 à 700 m) ;
- ✓ Une centaine de mètres d'évaporites massives ;
- ✓ Des argiles à évaporites plastiques, jusque vers 1050 – 1100 m de profondeur ;
- ✓ Des sables et grès de l'Albien, se trouvant entre 1050 – 1100 m et 1350 – 1400 m de profondeur [02].

I-2-2 Géomorphologie :

- La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants :

Présentation de la zone d'étude

La Hamada (plateau où affleurent de grandes dalles rocheuses) Mio-Pliocène et Plio-

Quaternaire : formation continentale détritique qui forme des plateaux dont l'altitude est de 200 m en moyenne ;

- Les formations sableuses : composées de dunes et de cordons d'Erg ;
- Les étendues alluviales correspondant au lit de l'Oued M'ya, selon un axe SW-NE ;
- Les Sebkhass : marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. La plus grande est la Sebkhass Safiounne à l'extrémité Nord, c'est aussi le point le plus bas De la cuvette de Ouargla [02].

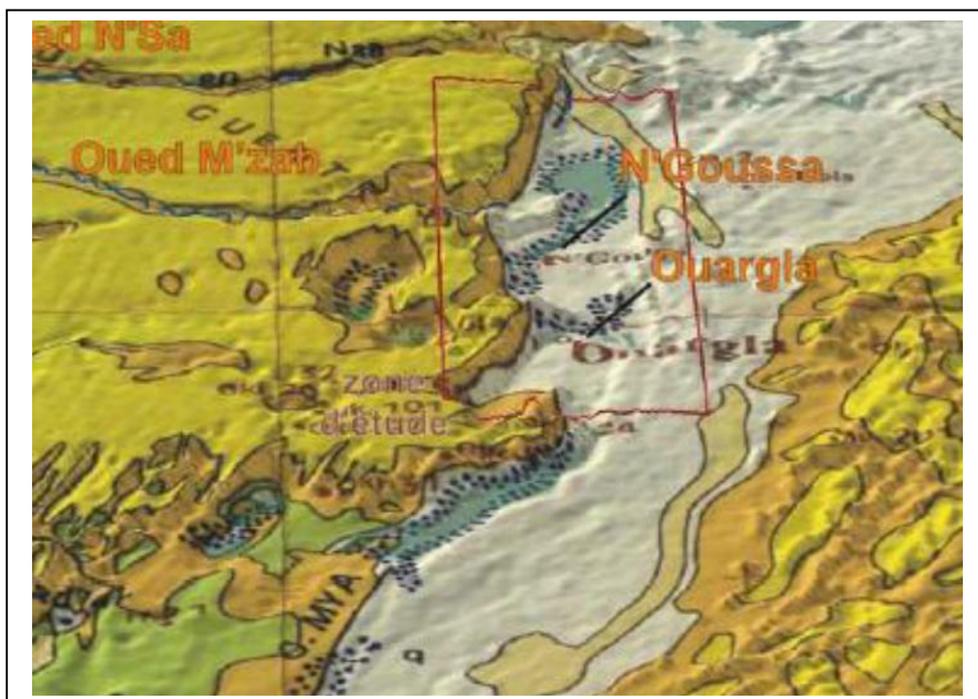


Figure N° 09. Relief géologique de la région d'Ouargla Superposition de la carte géologique [01]

I-2-3 Topographie :

On distingue trois paliers de pentes :

Présentation de la zone d'étude

- ✓ Les pentes de 2 ‰, se localisent des pieds du Djebel Abbad à la rive de la Sebkha de Ouargla ;
- ✓ Les pentes de 1,8 ‰, sont situées au nord de la Sebkha de Ouargla, jusqu'à la almeraie de N'goussa ;
- ✓ La topographie devient pratiquement plane de N'goussa jusqu'aux rives de Sebkha Safioune, à une pente de 0,6 ‰ [2].

I-2-4 Hydrographie :

Différents bassins versants (M'ya, M'Zab, N'sa) forment le réseau hydrographique qui aboutit à Sebkha Safioune au Nord de la cuvette de Ouargla [10]. Parmi les Oueds les plus importants, nous citons : Oued M'ya, Oued N'sa et Oued M'Zab.

I-2-4-1- Oued M'ya :

L'Oued M'ya draine le versant Nord-Est du plateau de Tademaït. Le bassin de l'Oued M'ya couvre une superficie de 19 800 km². Les écoulements sont plus fréquents en novembre, octobre, mai et juin. Les crues de l'Oued M'ya se perdent à 200 km en amont de la ville de Ouargla [3] .

Il est à noter qu'Ouargla ou la basse vallée de l'Oued M' ya ne connaît pas de talweg attribuable à l'Oued M' ya, alors qu'il existe bien une vallée façonnée par l'Oued M' ya dans le Tademaït, mais elle disparaît dès la latitude d'Ouargla où elle est remplacée par une dépression irrégulière.

L'Oued M'ya est à l'origine de la création de toutes les sebkhas et chotts de la région. Son lit est asséché et comblé par des dépôts sédimentaires [2].

I-2-4-2 - Oued N'sa :

Il couvre une superficie de 7800 km². Il débute dans la région de Tilrhemt (wilaya de Laghouat) pour aboutir à Sebkha Safioune. Il atteint la cuvette de Ouargla lorsque la crue est importante [2].

I-2-4-3 Oued M'Zab :

L'Oued M'Zab coule d'Ouest en Est, sur environ 320 km, de la région de BotmaRouila à 750m d'altitude jusqu'à Sebkha Safioune à 107 m, située au Nord de la cuvette de Ouargla. La surface du bassin versant est de 5 000 km² [2]

I-3- Hydrogéologie :

La cuvette d'Ouargla appartient au Bas-Sahara algérien. Il s'agit d'un immense bassin sédimentaire, en forme de synclinal dissymétrique, particulièrement bien doté en couches perméables, favorables à la circulation souterraine des eaux. Certaines recouvertes de terrains imperméables, assurent l'existence de nappes captives, alors que d'autres, situées au sommet des dépôts et sans couverture étanche, permettent la formation de nappes phréatiques [3] . Deux grands ensembles d'aquifères existent : l'inférieur est appelé le Continental Intercalaire (CI) et le supérieur est appelé le Complexe Terminal (CT). Une nappe phréatique d'importance plus modeste s'ajoute aux deux ensembles précédents.

I-3-1-1- Nappe du Continental Intercalaire :

C'est un système aquifère multicouches dont la profondeur atteint localement 2000 m et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. A Ouargla, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur [3] . Les eaux de cette nappe sont moins minéralisées comparées à celles des autres nappes .

I-2-6-2 Nappes du Complexe terminal :

L'ensemble aquifère du Complexe Terminal (CT), comprend trois aquifères différents, qui de haut en bas sont : le Mio-pliocène, le Sénonien et le Turonien [2] .

I-2-6-2-1 Nappe du Mio-Pliocène :

Nappe contenue dans les sables (nappe des sables) grossiers atteinte vers 30 à 60 m de profondeur [3] . Elle s'écoule du sud-sud-ouest vers le nord-nord-est en direction du Chott Melghir. Sa salinité est très variable, variant de 2 à 7 g/l (voir annexe 12). Elle est utilisée surtout pour l'irrigation.

Présentation de la zone d'étude**I-2-6-2-2 Nappe du Sénonien (nappe des calcaires) :**

La nappe artésienne du Sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. Le résidu sec varie entre 1,8 et 3,6 g/l [2] .

I-2-6-3 Nappe phréatique :

La nappe phréatique repose sur un épais niveau imperméable, étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous-jacentes Sa frange capillaire surgit souvent à la surface du sol sous forme de chotts. Elle est relativement profonde au niveau des hautes altitudes (Ergs), et moins profonde à proximité des palmeraies irriguées. Le sens d'écoulement des eaux est en général d'orientation sud-nord. Ces eaux s'écoulent vers la Sebkhia Safioune qui est le principal exutoire des eaux de cette nappe. La qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée. La conductivité électrique est très forte, elle augmente en allant du sud vers le nord. A sebkha Safioune, la conductivité varie de 199 à 214 ms/cm à 25°C ((voir annexe 04). Au niveau de N'goussa, la teneur en sels est d'environ 30 g/l [2].

I-2-7 Contexte pédologique :

Les sols de la zone aride de l'Algérie présentent une grande hétérogénéité et ils se composent essentiellement des sols minéraux bruts, des sols peu évolués, des sols halomorphes et des sols hydromorphes [8] La région de Ouargla se caractérise par des sols légers, à prédominance sableuse et une structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une bonne aération et une forte salinité. On distingue trois types de sol qui sont : sol salsodique, sol hydromorphe et sol minéral brut [10].

I-3-Présentation de Station d'épuration de Sidi Khouiled**I-3-1-Site de la station d'épuration :**

Présentation de la zone d'étude

La station d'épuration située au Nord-Est d'Ouargla (Sidi khouiled), a pour rôle d'épurer les effluents générés par l'agglomération de Sidi khouiled et consiste à traiter l'ensemble des eaux usées à partir d'une station d'épuration de type lagunage aéré.

Ce site permet de répondre aux besoins fonciers et aux objectifs d'assainissement.

Le site d'implantation est limité :

- Au nord, par sable de dune
- Au sud, par route sidi khouiled – hassibenabdallah
- L'Est, par sable de dune
- Au sud -'ouest, par des palmeraies

I-3-2-Nature des eaux usées de la ville sidi khouiled :

La station d'épuration de la ville sidi khouiled traite des rejets typiquement domestiques ; la part des rejets industriels reste limitée même à l'horizon de la future.

I-3-3-L'objectif de traitement de la station:

Les objectifs de traitement sont les suivants :

- ♣ Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées,
- ♣ Protéger le milieu récepteur,
- ♣ Irrigations palmeraies de filtreur

Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés pour une irrigation restrictive

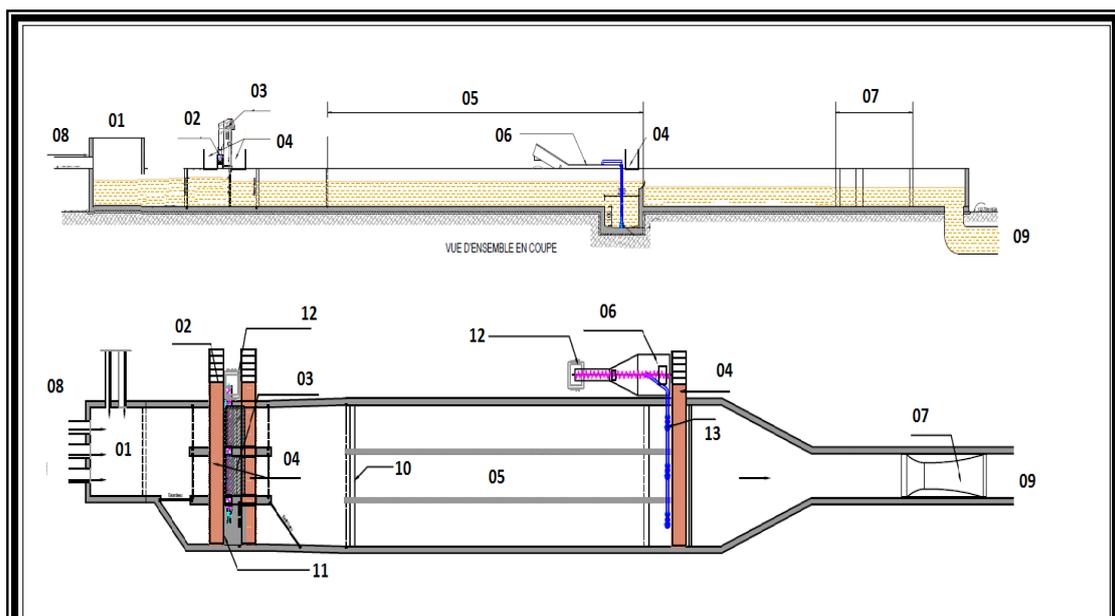
I-3-4-Principe de traitement :

Les eaux brutes arrivent à la station par refoulement, et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain. Les étapes par les quelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes :

I-3-4-1-Prétraitement ou traitement primaire :

Présentation de la zone d'étude

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements.



01- REGARD DE DEGAZAGE

08- CONDUITES D'ARRIVEE

02- VIS CONVOYEUR

09- CONDUITE SORTIE

03- DEGRILLEUR AUTOMATIQUE

10- RACLEUR

04- PASSESSELLE

11- GRILLE MANUELLE DE SECOURS

Figure N°10 : Ouvrage de la STATION

I-3-4-2-Regard Dégazage :

Les eaux usées à traiter arrivent à la station d'épuration par l'intermédiaire de cinq stations de refoulements :

- Refoulement 01 : conduite d'amenée des eaux usées DN 600mm de SP nœud hydraulique de Chott.
- Refoulement 02 : conduite d'amenée des eaux usées DN 400mm de nouvelle SP

Caserne/Hôpital.

- Refoulement 03 : conduite d'amenée des eaux usées DN 500mm de SP Douane.
- Refoulement 04 : conduite d'amenée des eaux usées DN 700mm de SP route N'Gaussa.
- Ces conduites déboucheront dans un regard de dégazage. Ce dernier assure une oxygénation naturelle des eaux brutes.

Cette opération permet d'évacuer le H₂S qui pourrait se former dans les conduites de refoulement.

A partir du regard de dégazage, les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant les installations de dégrillage et de dessablage.

Présentation de la zone d'étude

En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permettra de mesurer de manière continue les débits.

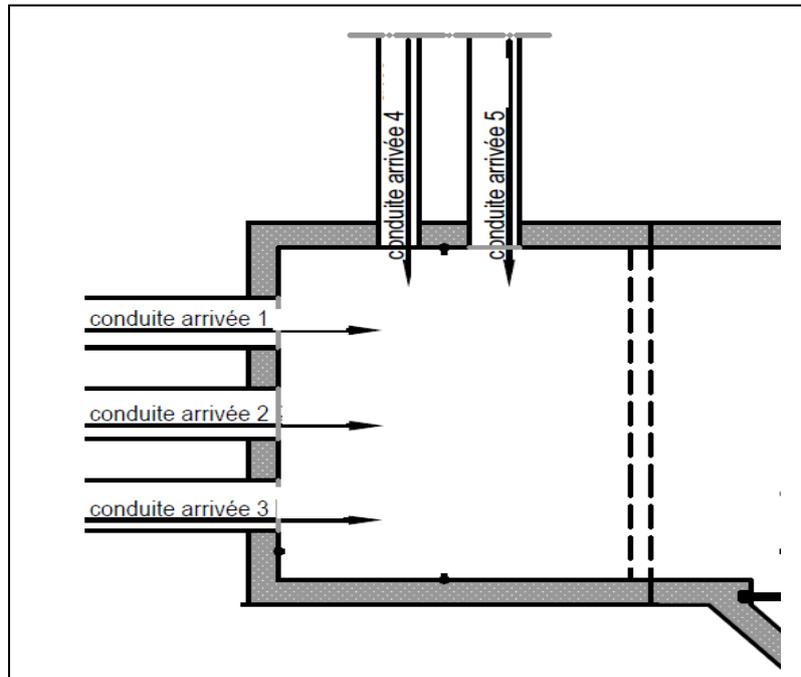


Figure N° 11: Regard Dégazage [01]

I-3-4-3-Dégrillage :

Les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux plus au moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses.

Le système comprend un ensemble de deux Dégrillage automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle

Un canal de secours équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposée en parallèle permettra de by passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mise hors service des Dégrillage automatiques.

Présentation de la zone d'étude

Les refus de grilles tombent sur un convoyeur, installé perpendiculairement aux deux grilles automatiques. Les refus de grille sont évacués vers un conteneur étanche de 4 m³, placé à côté de l'ouvrage de dégrillage.

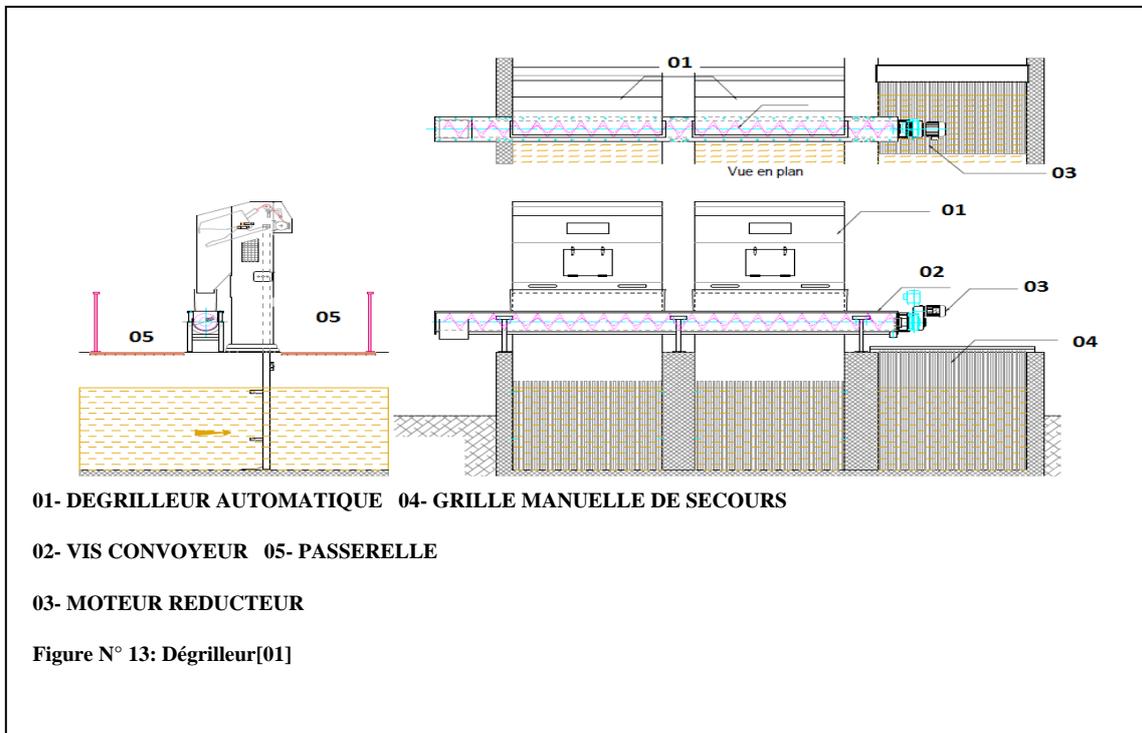


Figure N° 12 : Dégrilleur [01]

I-3-4-4-Dessablage :

La rétention des particules sableuses permet d'éviter :

- Les surcharges dans les étapes suivant de traitement,
- L'accumulation de sable dans les étapes ultérieures du traitement.
- L'abrasion des engins mécaniques.
- Le dessablage sera réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et 23m de long.

Présentation de la zone d'étude

Chaque ouvrage sera équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à l'extrémité de chaque chenal. Une pompe permettra l'extraction des sables vers un classificateur à sable.

Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphonoïde. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne (**voire la figure n° 13**)

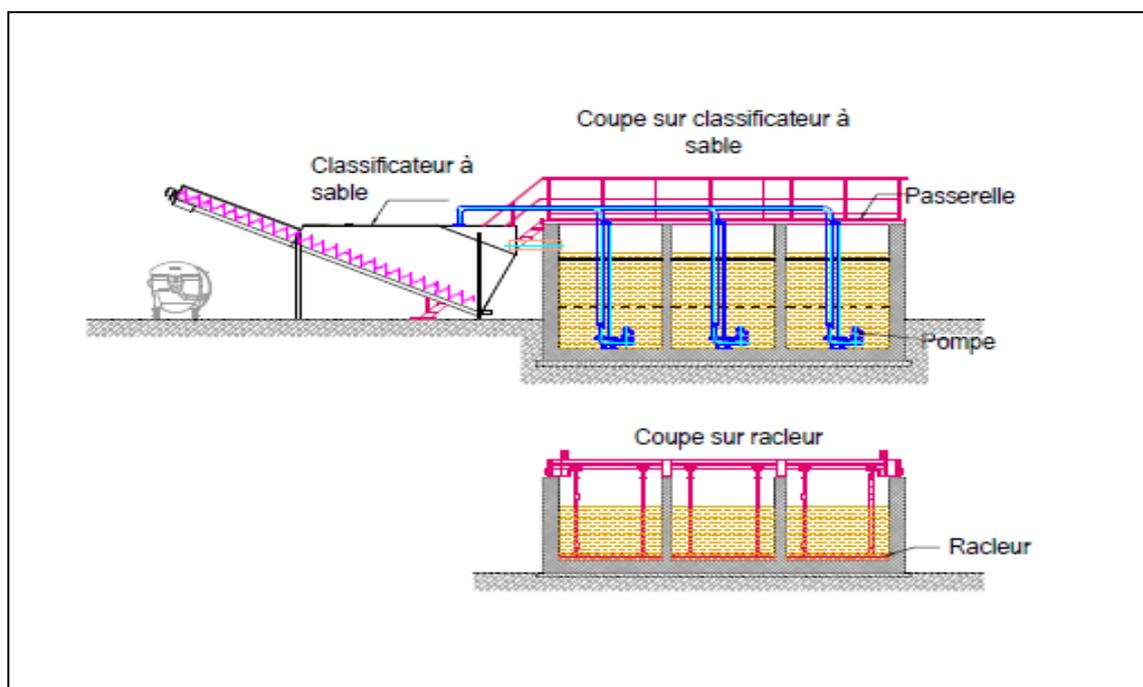


Figure N° 13: Dessableur [01]

I-3-4-5-Ouvrage de répartition :

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les quatre lagunes de l'étage aéré n°1.

Cette répartition est assurée par quatre seuils déversant identiques, de 1,50m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service.

Présentation de la zone d'étude

L'ouvrage de répartition autorise le remplissage préférentiel des 4 lagunes de premier étage A1, A2, A3 et A4. En position relevée elles servent à isoler chaque bassin si nécessaire. [3]

I-3-5-Traitement secondaire :

A la suite de ces prétraitements, les eaux à traitait subis un traitement par le système de lagunage aéré.

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène.

La filière est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition. ; il s'agit d'aérateurs flottants

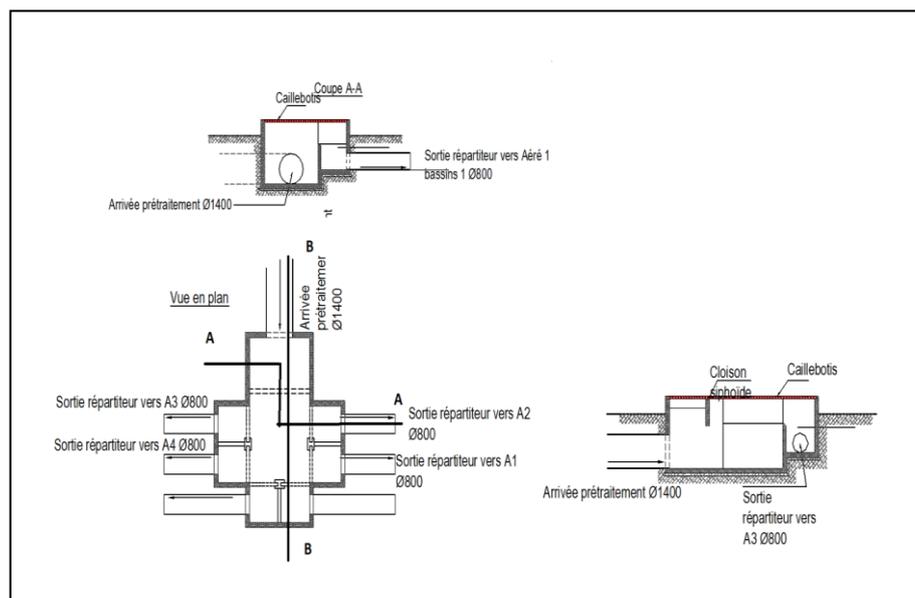


Figure N° 14 : Ouvrage de répartition [01]

I-3-5-1-Premier étage de lagunage aéré :**I-3-5-2-Caractéristiques des lagunes aérées des bassins (A1, A2, A3, A4):**

Les eaux prétraitées arrivent vers quatre bassins de lagunage aéré ayant chacun les caractéristiques suivantes :

Nom de la station de lagunage	STEP DE SIDI KHOULED	
Commune	SIDI KHOULED	
Wilaya	Ouargla	
Localités concernées par le traitement	Commune Sidi khouled	
Superficie de l'assiette		
Milieu récepteur	Sabkha "Ome ranneb"	
Procédé de traitement	Lagunage	
Capacité de la station	EQH=7000	945 m ³ /j
Nature des eaux brutes	Domestique	
Le dispositif d'assainissement de la ville est de type	Séparatif	
Alimentation en eau usée	PAR UNE STATIONNE DE RELVAGE	
Impact de réalisation de la station		
Groupement de réalisation		
- Génie civil	ESBIOS	
- Equipements	ESBIOS	
Date de mise en service de la station	2008	
Date de transfert de la station à l'ONA	2010	

I-3-5-3 Bases de dimensionnement des ouvrages :

* Charge hydraulique

Paramètres	Unités	
Equivalent. habitant	EQ.H	7165

Volume journalier	m ³ /j	1064
-------------------	-------------------	-------------

***Charge polluante**

Paramètres	Unités	
Charge journalière en DCO	Kg/j	573
Charge journalière en DBO ₅	Kg/j	287
Charge journalière en MES	Kg/j	430

I-3-5-5 Procède de traitement retenu :**1.Filière eau****1.1 Prétraitement :**

- Poste De Relevage
- Ouvrage de réception Regard de dégazage
- Dégrillage :1 GRILLE à nettoyage automatique en castrée dans canal en béton et un canal de secoure équipé par un grille à nettoyage Manuel
- Comptage des eaux brutes (par un débitmètre à l'entrée de prétraitement)
- Dessablage sera réalise a partir de 2 chenaux rectangulaires disposes en parallèle et équipé d'une pont racleur qui raclée le sable vers une fosse à sable .deux pompes a sable assure l'extraction des sables vers un classificateur .

1-2 Traitement

1.2.1 La filière comprend : la filière est constituée de deux étages d'aération et un étage de finition

- 1er étage deux bassins
- 2eme étage deux bassins
- 3eme étage bassins

Nombre de files : deux

Volume total des bassins :

Présentation de la zone d'étude

Comptage des eaux épurées (sans débitmètre a la sortie de la station)

2- Filière boues

Lits de séchage

- Nombre de lits : 4 lits
- Surface totale (m2) : $15 \times 30 \times 4 = 1800 \text{ m}^2$

I-3-5-6 Principaux ouvrages et équipements annexes :

- Dragage Suceuse De Boues De Fond
- Bâtiment d'exploitation
- station de pompage

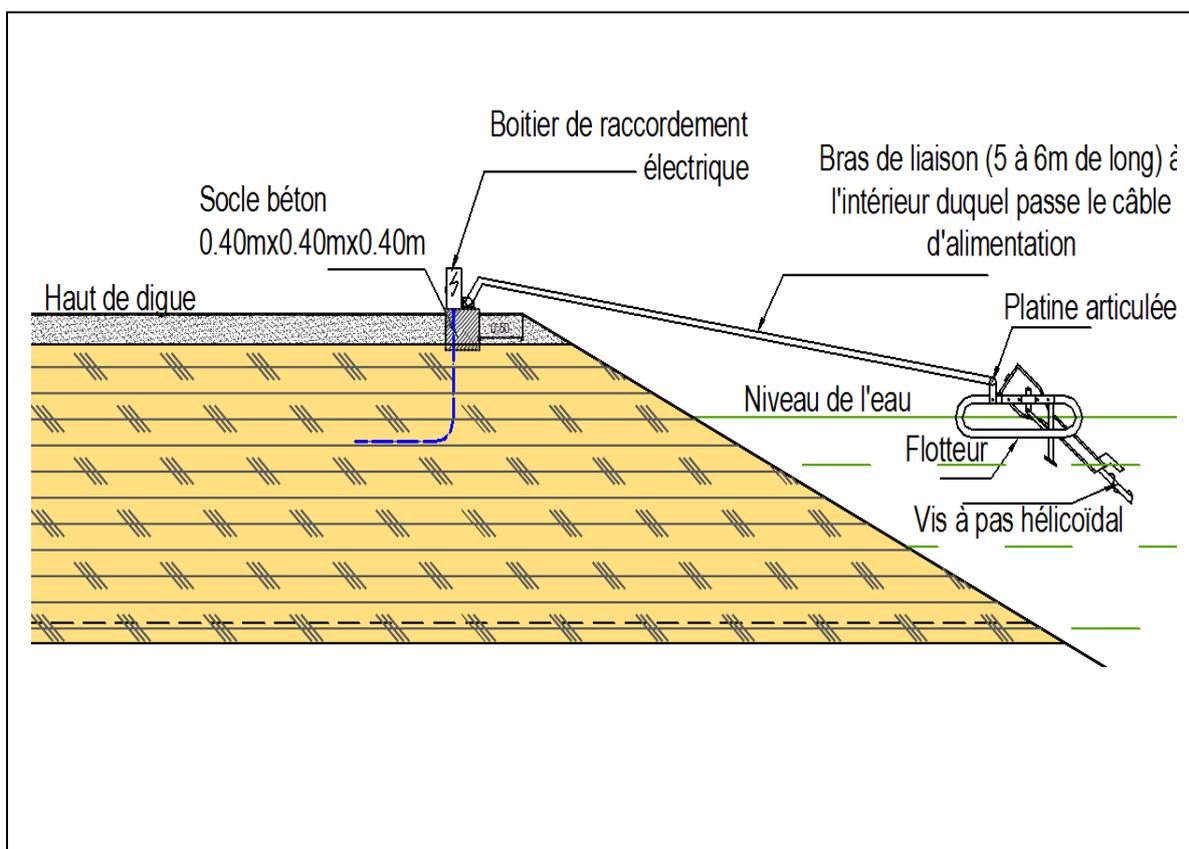
Le temps de séjour prévu dans les lagunes de finition est de l'ordre de 2.6 jours, ce qui de dimensionnement usuels indiquent un temps de séjour minimal de 1 jour. Aussi, ce temps de séjour ne doit pas être très important pour ne favoriser pas le développement d'algues. Un temps de séjour maximal de 2 jours est la limite à ne dépasser pas.

Lorsque le niveau de boues dans les lagunes de finition occupe la moitié de la hauteur disponible, il convient alors de procéder à leur curage, prévu dans ce cas par pompage mobile sur une barge en aluminium. Les boues rejoignent les lits de séchage par une tuyauterie fixe.

Les eaux épurées (sortie lagune de finition) seront reprises par un collecteur de restitution auquel seront raccordés tous les ouvrages de sortie.



Figure N° 16 : Composantes de la station d'épuration de Sidi khouiled[01]



FigureN° 17: aérateur [01]

I-2-6-les lits de séchages:

Les lits de séchages seront constitués d'une couche de sable lavé surmenant des couches de granulométrie plus important, incluant le réseau de drainage. Chaque lit de séchage sera équipé d'une vanne DN 150et d'un raccord rapide permettant de recevoir le tuyau flexible de pompage des boues.

Ilya 11 lits de séchage chacun présent les caractéristiques suivantes:

Surface de lit de séchage:5.000m²

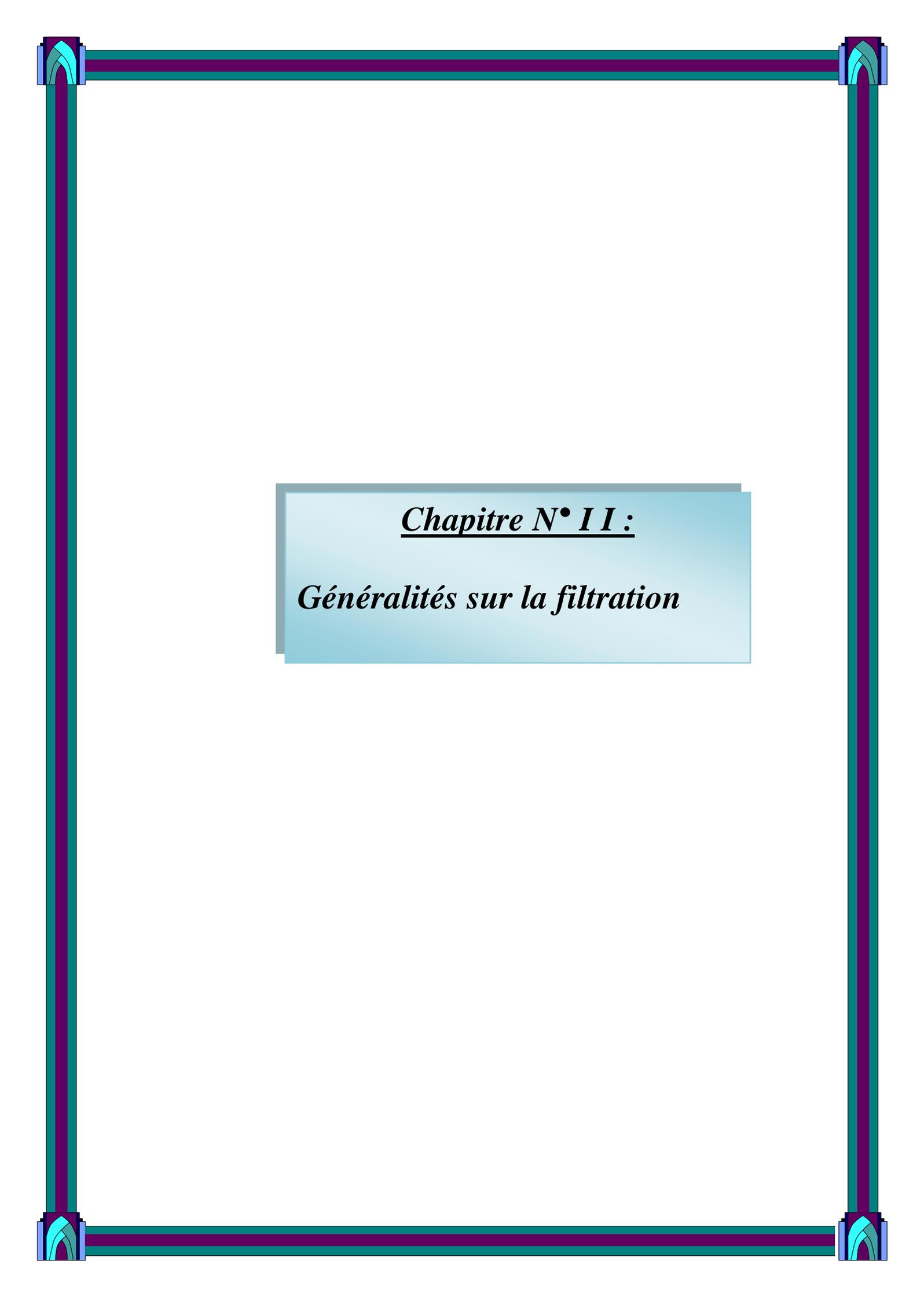
Hauteur de remplissage des lits de séchage 0.52m.

A l'issue de ce séchage les boues sont évacuées vers leur destination finale, mise en décharge ou épandage sur des cultures pour lesquelles elles constituent un amendement organique.

I-2-7-Concluions :

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les différents procédés comportent la station d'épuration Sidi khouiled.

Nous avons constaté que l'eau à épurer doit passer par plusieurs étapes successives la première est constaté par les prétraitements, la deuxième étape est, liéeà l'épuration biologique et la décantation et enfin aux lit de séchages



Chapitre N° I I :

Généralités sur la filtration

II- Généralités sur la filtration :

II -1-Historique :

La filtration est l'une des techniques les plus anciennes et la plus appliquée des opérations de traitement de l'eau, qu'elle soit à usage industriel ou domestique.

C'est en 1804 qu'un écossais, du nom de John Gibb, a conçu et construit pour la première fois un filtre à sable expérimental pour sa blanchisserie de Daisley. Produisant plus l'eau "traitée" qu'il n'en avait besoin, il commença à en vendre le surplus à la population. Par la suite, lui-même et d'autres techniques perfectionnèrent cette méthode, à tel point qu'en 1829 fut construite pour la première fois une installation de la filtration d'eau, destinée à la consommation de la ville de Londres, sous la direction d'un nommé James Simpson. Depuis, cette méthode de traitement commença à se proliférer dans le mode industrialisé de l'Europe de l'époque. Elle a prouvé son efficacité par suite de nombreuses épidémies qui ont ravagé certaines populations d'autres populations consommant la même eau, mais filtrée. C'est le cas de l'épidémie de choléra de 1892, dont près de la moitié de la population de Hambourg a été victime, consommant les eaux de l'Elbe à l'état brut, et dont est sortie indemne la population d'Altona, procédant à la filtration de ces eaux. [02]

II -2-Différents type de filtre :

La filtration consiste en la traversée d'un milieu filtrant par un liquide chargé d'éléments dont on veut le débarrasser, le milieu filtrant ne laissant passer que le liquide et retenant les éléments indésirés, soit de par sa nature (absorption), soit par la faiblesse de la taille des voies de passage (tamisage). Dans le cas qui nous concerne, le liquide est l'eau et les éléments indésirés sont l'ensemble des particules colloïdales, dissoutes ou en suspension, qu'elle contient à l'état brut, il peut être de nature diverse et fonctionner de diverses manières. [02]

II -2-1- Les Filtres lents à sable :

C'est la première technique de filtration qui fut mise en œuvre. Le filtre lent consiste en un bassin à ciel ouvert, le plus souvent rectangulaire, contenant du sable servant de matériau filtrant. La couche de sable, d'épaisseur allant de 0,70 m à 1, couche d'eau de 0,70 m à 3 m, s'écoulant en traversant le sable sous l'action de la pesanteur. L'eau filtrée est

recueillie au fond du bassin à l'aide d'un système de drainage .Le nom de "filtre lent" vient du fait que la vitesse de percolation est très faible ,de l'ordre de 0,1 à 0,5 m/h, par opposition aux filtres rapides .le diamètre des grains de sable va de 0,10 mm à 2,0 mm et même plus dans certains cas avec une granulométrie assez étalée .Il est donc possible d'utiliser la sable de la plupart des carrières sans tri. La taille réduite des grains et la faiblesse des vitesse dans ces filtres font qu'ils ne sont pas seulement de simples tamis destinés à retenir les particules dont les dimension excèdent les pores laissés entre les grains ,mais ils éliminent aussi les particules colloïdales ,les substances dissoutes, On obtient ainsi de l'eau d'une qualité physico-chimique et bactériologique pure . Cette qualité est obtenue grâce à un développement simultané de phénomènes physique et d'épuration biologique à la surface et dans le lit filtrant ; d'où le nom de « filtre biologique » souvent donnée à ces filtres. [02]

II -2-2- Les Filtres rapides :

Comme les filtres lents, les filtres rapides sont constitués de bassins à ciel ouvert, contenant le sable filtrant sur une épaisseur d'environ 0.70 m à 1.50 m. C'est un sable filtrant d'une granulométrie assez uniforme, avec un coefficient d'uniformité des grains voisin de 1 , ou en tout cas inférieur à 1.80met une taille effective variant de 0,40 mm à 1.20 mm selon le degré de traitement désiré et la qualité de l'affluent.

Le sable doit être choisi avec grand soin, donc l'utilisation de sable tout-venant comme dans le cas de la filtration lente est exclue. La couche d'eau surmontant le sable et provoquant la percolation est d'une hauteur de 0.80 à 2 m exceptionnellement de 3m .Le filtrat est recueilli au fond par l'intermédiaire de système de drainage .Le nom de "filtre rapide" vient de l'importance des vitesses environ 20 à 50 fois plus élevés que celles des filtres lents .Ces vitesses de 2 à 25 m/h .engendrent des durées de traversée du matériau filtrant trop courtes pour permettre d'autre phénomènes d'épuration que de type physique .Il en découle une réduction de la surface de filtration , donc de la grandeur des ouvrages, Les vitesses courantes sont de 2 à 10 m/h.

Lorsque la vitesse est plus élevée, on utilise surtout le vocable de "filtres dégrossissant" ou "dégrossisseur" étant donnée la limitation de leur efficacité .Ils servent dans par ce cas d'ouvrages de pré- traitement.

Les filtres rapides reçoivent généralement de l'eau pré-traitée provenant de décanteurs pour achever l'opération entamée par ces derniers. Ils jouent alors un rôle essentiellement de tamisage éliminant les flots résiduels. Dans certains cas, ils servent même de lits de contact pour achever la coagulation et la clarification de l'eau avant qu'elle n'atteigne le fond du filtre lorsque cette opération a été médiocrement faite dans les ouvrages précédents. Il s'ensuit un très rapide colmatage des pores laissés par les grains de sable entre eux, une diminution progressive de la vitesse apparente d'écoulement, mais une augmentation de la vitesse réelle, d'où une augmentation des pertes de charge à tel point que le débit désiré n'est plus obtenu. Il peut arriver que l'adhésion des particules de colmatage soit très faible et que l'augmentation des pertes de charge, créant aussi un accroissement des effets de frottement, provoque l'arrachement de ces particules qui descendent en aval de proche en proche pour se retrouver dans le filtrat.

Pour remédier à ces différentes conséquences, on procède à une régénération ou recyclage (décolmatages par élimination des particules) du lit filtrant.

II -2-2- 1- Lavage des filtres rapides :

Dans la plupart des cas, la régénération ou recyclage se fait par un envoi simultané d'air et l'eau déjà filtrée sous pression en contre-courant (de bas en haut) après arrêt de l'entrée d'eau brute et de la sortie de l'eau filtrée. C'est par l'intermédiaire du système de drainage est très souvent constitué de plancher en béton équipé de busulures recueillant par leur tête de forme cylindrique et munie de rainures l'eau filtrée et la restituant par leur queue au bassin d'eau filtrée. C'est diffusé par les têtes des busulures. La fréquence de lavage d'un lit de filtre rapide à sable va de deux fois par jour à une fois par jour, ou même une fois par semaine selon la qualité de l'eau à filtrer. [02]

II -2-3- Les Filtres sous pression :

Contrairement aux deux premiers cas de filtres énumérés (écoulement gravitaire dans des bassins à ciel ouvert), les filtres sous pression sont constitués de coques d'acier fermées, équipées de système de drainage et dans lesquelles est chargé le sable filtrant. Elles sont horizontales ou verticales et fonctionnent avec une pression de l'ordre de grandeur que pour les filtres dites « rapides », la perte de charge est quasiment négligeable. Ce qui fait que le système de pompage double (avant et après traitement) peut être évité. Le traitement se

limite pratiquement de tamisage. C'est pourquoi il n'est généralement utilisé que dans l'industrie. [02]

II -2-4- Micro-tamisage :

Les micro-tamis sont différents des autres types de filtre, en ce sens que la filtration ne se fait pas traversée d'une couche de matériau poreux mais de tamis à fils d'acier inoxydables et mailles très fines (0,025 mm environ) . Cependant, ils réduisent considérablement la turbidité, éliminent les matières en suspension grossières et même les micro-organismes. En exemple, le plancton peut être réduit de 50 à 95 %. Ils sont constitués cylindriques préfabriquées, variant de 0.75 de long et peuvent traiter de 7 à 45 m³ d'eau par jour, avec une perte de charge de 51 cm. Environ. Leur nettoyage se fait par pulvérisation continue d'eau sous 0.3 atm à 2 atm de pression avec 0.7 atm et dans certaine cas jusqu'à peine à 2 % su volume traite. [02]

II -2-5. Filtration sur charbon activé :

Le charbon activé est fabrique à partir de bois, pâte à papier, lignite, tourbe, résidus ligneux, houille, charbon bitumeux, os, déchets et coques combinés suivant 2 stades :

- Le premier consiste en une pyrolyse du matériau de base pour obtenir du charbon de bois par carbonisation à 500 °C en milieu oxydant. A ce stade, on obtient un matériau absorbant dont la surface spécifique est de l'ordre de 10 m²/g.
- Le deuxième consiste en une activation du charbon ainsi obtenu soit
 - Par procédé thermique en l'oxydant à 100 °C dans une atmosphère dont le pouvoir oxydant est réduit par injection de CO₂ ou de vapeurs d'eau.
 - Par procédé chimique en carbonisant les produits volatils résiduels issus du premier stade par phosphorique.

Après le deuxième stade, on obtient du charbon de 600 à 1500 m² de surface par g . Il se présente sous forme de granulés ou de poudre. [02]

II -2-5-1. Sous Forme de poudre :

Il est mélangé avec l'eau brute avant sédimentation comme suspension aqueuse avec un taux moyen de 20 g/m³ d'eau. Avec son pouvoir adsorbant des matières en suspension et de plusieurs matières dissoutes dont les hydrocarbures, il favorise la formation des floccs et rend plus complet le fonctionnement des décanteurs. [02]

II -2-5-2. Sous Forme de poudre :

Sous forme de granulés, le charbon activé est utilisé comme matériau. Les filtres à charbon activé sont identiques des points de vue construction et fonctionnement aux filtres rapides à ciel ouvert. Comme milieu des combinent l'avantage des processus d'épuration normaux des filtres et le pouvoir adsorbant exceptionnel du charbon activé. A ce titre, ils sont très indiqués lorsque 'on a à faire des eaux superficielles très polluées.

On m'utilise comme élément d'une série d'ouvrages de traitement ou en double couche de matériaux dans un filtre, surmonté de sable. La vitesse de filtres dits rapides. [02]

II -3-théorie de la filtration lente :

II -3-1. Introduction :

Un filtre lent est composé des éléments suivants :

- Un réservoir d'eau brute (surnageant) maintenant une charge et un réservoir d'eau au dessus du matériau et assurant la pression nécessaire à la percolation à travers le filtre.
- Un lit de milieu filtrant assurant les processus de traitement.

Ce milieu, le plus souvent du sable, peut être aussi du concassé ou tout autre matériau grenu.

- Un système de drainage de l'eau filtrée, par la base du filtre, et qui sert en même temps de support au matériau.

- U système de commandes (vannes par exemple) servant à régler la vitesse de l'écoulement, la maintenance du niveau de l'eau brute à une valeur donnée pour la qualité du fonctionnement, etc.

Les trois premiers éléments sont réunis en bassin filtrant à ciel ouvert de section souvent rectangulaire avec 2 à 4 m. de profondeur à parois verticales ou rarement inclinées. Ces parois peuvent être faites en béton ou en maçonnerie selon les conditions en présence.

Le système de drainage par la base peut être fait d'un faux plancher en béton poreux ou de drains jointés, en entourés et couverts de gravier gabarité supportant le matériau filtrant au filtrant et retenant les grains fins. [02]

II -3-2. Purification Dans Un Filtre Lent :

La filtration lente sur sable diffère des autres types de filtration par le fait qu'elle doit assurer à l'eau une qualité physiquement et bactériologiquement saine et cela souvent sans faire appel à d'autres stades de traitement. Elle ne consiste donc pas seulement en une opération de tamisage à travers le sable, mais aussi en une épuration biologique et biochimique. L'échantillon d'eau brut qui entre dans le bassin filtrant subit d'abord une opération de sédimentation de certaines des particules qui le changent et une agglomération d'autres lors de son séjour de 3 à 12 h. dans l'eau surnageant (selon la vitesse et la hauteur d'eau) avant pénétration dans le lit filtrant. Il fonctionne donc comme un décanteur.

Sous l'influence de la lumière solaire, des algues poussent et absorbent les nutriments contenus dans l'eau brute tels que les nitrates,

Sous l'influence de la lumière solaire, des algues poussent et absorbent les nutriments contenus dans l'eau brute tels que les nitrates, le dioxyde de carbone, les phosphates en les transformant en parois cellulaires et en oxygène, Ce dernier se dissolvant au fur et à mesure de sa formation dans l'eau pour agir sur les impuretés organiques. Parvenu à maturité, il se forme à la surface de sable un mince film visqueux en grande partie d'origine organique, appelé « membrane biologique » ou « Schmutzdecke » ou « peau filtrante ».

Ce film, extrêmement actif, est composé d'algues filamenteuses, protozoaires, rotifères, bactéries et autres formes de vie animale ou végétale. C'est ce film qui, par les divers organismes qui le composent, piège, digère et désagrège les matières organiques qui sont contenues dans l'eau. Vivantes de l'eau brute sont les unes et les autres consommées à l'intérieur de ce film. Il se forme des sels minéraux simples. En traversant cette membrane, les composés azotés se trouvent oxydés et les nitrites dégradés. La couleur est particulaire en suspension sont retenues. L'eau pénètre ensuite dans le lit filtrant qu'elle

traverse en percolant par les interstices entre les grains Cette percolant par les interstices entre les grains. Cette percolation se faisant avec une vitesses entre extrêmement faible permet la rétention des particules en suspension ou colloïdales qui ont adsorption par les grains.

L'opération de dégradation biologique due aux micro- organismes se nourrissant des impuretés et les nus des autres, commencée sur la « schmutzdcke » se poursuit et se complète dans la partie supérieure de la couche se sable.

A mesure que la profondeur augmente, la nourriture de ces micro- organismes devient rare et par conséquent leur population diminue.

Aux environs de 40 cm de profondeur, il ne subsiste plus que quelques bactéries utilisant l'oxygène dissous dans l'eau pour extraire les ultimes nutriments existants à l'état de solutés.

Ainsi, après environ 50 à 60 cm de profondeur, l'eau se trouve dé-brassée de presque toutes les matières en suspension, colloïdales ou dissoutes et ne contient plus quelques sels minéraux simples relativement inoffensifs en solution .Non seulement tous les organismes nuisibles sont éliminés, mais aussi les nutriments dissous qui pourraient favoriser leur développement. L'eau ainsi traitée peut être pauvre en oxygène et riche en dioxyde de carbone ; inconvénient auquel on peut remédier en l'aérant.

II -3-3. Mécanismes De La Filtration Lent :

L'ensemble des forces et des processus physiques et biologiques intervenant dans l'épuration par les filtres lents peuvent être groupés dans types de mécanismes :

- Mécanismes de transport,
- Mécanismes de fixation,
- Mécanismes de purification,

II -3-3-1. Mécanismes de transport :

Les Particules contenues dans l'eau sont mises en contact avec le sable selon les processus suivants:

A- Criblage ou tamisage :

Il consiste en la rétention des particules dont le diamètre est supérieur à l'espace laissé par les grains entre eux.

Ce tamisage est d'autant plus poussée que les grains sont de petite taille et de forma anguleuse.

Dans le cas d'un sable uniforme de diamètre effectif 150 μm , les tailles les plus petites des interstices sont de l'ordre de 20 μm . Le tamisages ne permet donc pas la rétention des colloïdes (diamètre $\leq 1\mu\text{m}$) ni des bactéries (taille $\leq 15\mu\text{m}$).

Dans la pratique, le tamisage est amélioré par la « Schmutz-decke» et aussi par l'agglomération des colloïdes rendue possible par la faiblesse de la vitesse.

B- Sédimentations :

La couche de sable se comporte aussi comme un bassin de sédimentation étant le total des petites surface de sédimentation des grains orientées vers le haut. Un volume V de sable ordinaire de porosité P de diamètre d des grains présente une surface totale S.

Soit : s = surface d'un grain , v = volume d'un grain.

$$\frac{S}{V} = \frac{d^2}{d^3} \times 6 \quad \frac{S}{V} = \frac{6}{d}$$

Si Y est le volume spécifique du sable (sans les vides), on aura :

$$V = V'(1 - p) \rightarrow \frac{6V}{d} = \frac{6V'(1-p)}{d}$$

Pour 1 m³ de sable à grains phéniques et uniformes de 0.25 mm de diamètre et 0.38 de porosité , la surface sera :

$$S = 14.880 \text{ m}^2, \text{ soit environ } 15'000 \text{ m}^2 .$$

sachant que plus des ¾ des surface unitaires des grains sont orientées vers le bas et les côtés et que les grains sont posés les uns sur les autres, il s'en suit que la valeur réelle de la surface efficace à la sédimentation est de l'ordre de l'000 à l'500 m² pour 1 m³ de sable .L'efficacité de la sédimentation est fonction donc d'une part de la charge surfacique qui est le rapport entre de débit de filtration et la surface de sédimentation des particules qui est fonction de leur grosseur et la viscosité de l'eau.

Selon Stokes , la vitesse de sédimentation dans un régime laminaire (cas rencontré dans un filtre par faiblesse de la vitesse) est donnée par :

$$\mu = \frac{1}{18} \frac{g}{v} \quad \frac{\Delta l}{l} \quad d^2 \quad \text{avec}$$

v = viscosité cinématique de l'eau

d = diamètre des particules

l = masse volumique de l'eau

i +Δ l = masse volumique des particules en suspension

C- A ces processus :

- Les forces d'inertie et centrifuges éjectant les particules contre les grains.
- L'attraction massique, efficace seulement lorsque les particules sont très proche des grains, en les maintenant contre ces derniers .
- La force d'attraction électrocinétique (forces de Coulomb) qui sont négligzables aussi si la distance est élevée et permet de maintenir les particules contre les grains de charge électrique opposée.

II -3-3-2. Mécanismes de fixation :

Une fois qu'elles sont en contact avec les grains, les particules sont maintenues en place par forces suivantes :

a -Attraction électrostatique (forces de coulomb) :

Ce phénomène ayant son origine aux différences de charges électrique pouvant exister entre particules et grains de sable, est très complexe. Le sable quartz particule une charge négative en raison de sa structure cristalline de carbonate et attire par conséquent des anions comme les cristaux de carbonate et les flocons d'hydroxyde de fer et d'aluminium. par contre, les particules colloïdales d'origines animales, y compris les bactéries de charges négatives, sont repoussées. On comprend donc la raison pour la quelle un filtre à sable propre ne les élimine pas. [02]

b -Adhérence :

A la maturation du filtre, les particules d'origine organique retenues à la surface du filtre et sur les grains pris individuellement dans la partie supérieure créent un terrain de prolifération d'organismes produisant un matériau visqueux connu sous le nom de « zoogée », composé de bactérie actives, de leurs déchets, cellule cellules mortes et des matières organiques partiellement assimilées.

La zoogée forme un film gélatineux, visqueux, collant à la surface de la « Schmutzdecke » et des grains de sable, film sur lequel les particules provenant de l'eau adhèrent. Elles sont assimilées et deviennent une partie du film de la zoogée.

c -Mécanisme de purification :

Il s'effectue en deux processus :

- Oxygène biologique (macrobiotique)
- Oxydation chimique.

Au sein de la «Schmutzdecke » et de la zoogée, les bactéries foisonnent sélectivement en se nourrissant de matière organique déposée. Elles oxydent une partie de leur nourriture pour obtenir l'énergie nécessaire à leur métabolisme (désassimilation), transforment une partie de cette nourriture en matériel cellulaire nécessaire à leur croissance (assimilation).

Ainsi, les substances organiques mortes-elles converties en matières vivantes. Les produites de désassimilation sont entraînées par l'eau et serviront à plus grande profondeur à d'autre organismes.

L'activité bactérienne décroît à mesure qu'on va profondeur, due à la rareté des matières organiques (nourriture) . A plus de 30 à 40 cm profondeur, il se passe des activités biochimiques qui transforment les produits de dégradation sont ensuite (nitrification). Ces produits de nitrification sont matières orgiaques dégradable et convertie en eau, dioxyde de carbone et sels minéraux simples (minéralisation) .

Dans un filtre lent, abondent à chaque profondeur des bactéries spécifiques avec effets bien donnés. Une variation soudaine de la vitesse ou de la charge d'eau tend à rompre cet équilibre et par conséquent à détériorer la qualité du filtrat.

Si la teneur en oxygène est voisine de 0, il se produit une décomposition anaérobie engendrant la production de H_2S , NH_3 et d'autres substances génératrices de mauvaises goûts et odeurs et aussi des sels de fer et de manganèse en solution. De faibles températures font tomber aussi l'activité des protozoaires et des nématodes qui dévorent les bactéries. Ainsi, le métabolisme (destruction) des bactéries intestinales se ralentit et leur chance de survie et d'être entraînées dans l'effluent, augmente.

A plus fortes températures, les micro-organismes sécrètent des substances qui agissent comme des poisons sur ces bactéries intestinales. Il s'en suit une réduction du nombre des *Eschiacarioli* et surtout d'organismes pathogènes de 100 à 1000 fois. [02]

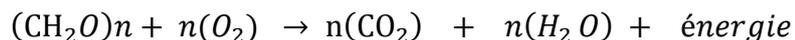
II -3-3-3. Effets des algues :

Sous l'influence de la lumière solaire, les algues contenues dans l'eau surnageant des filtres se prolifèrent en produisant de l'oxygène dissous et du matériel cellulaire selon la réaction



L'énergie susmentionnée est fournie par oxydation des matières organiques.

En période nocturne, c'est plutôt l'inverse de cette réaction qui se déroule, cause de déclin des algues.



La domination de la première ou de la deuxième réaction est fonction des temps d'ensoleillement, de la nature et de la quantité des algues dans l'eau brute, ainsi que de la quantité et de la nature des matières organiques qui y sont présentes

- Un très grand développement de ces algues peut précipiter le colmatage du filtre.
- Un très faible développement rend le milieu pauvre en oxygène dissous et donc propice à la formation de gaz indésirables comme le H_2S , le NH_3 , le CO_2 et des substances comme l'éther.

Un certain équilibre est donc nécessaire pour un meilleur rendement de l'épuration [02]

II -3-3-4. Hydraulique de la filtration :

Tous les processus (physiques, bactériologiques ou chimiques) qui interviennent dans l'épuration par filtration lente exigent pour un meilleur rendement des vitesses d'écoulement de l'eau est laminaire et obéit donc à la loi de Darcy :

$$\mu = \frac{V}{K} \times e$$

H : pertes de charge en m.

K : perméabilité en m/h.

V : vitesse de filtration en l/h.

e : épaisseur du milieu filtrant.

K peut être trouvé par la formule empirique suivante :

$$K = 150 (0,72 + 0,028 T) \frac{P^3}{(1 - P)^2} \varphi^2 ds \text{ en m/h}$$

T = température en ture en degrés Celsius

Φ = facteur de forme allant de 0,65 à 1 selon que les grains de sable soient allongés, anguleux, roulés ou sphériques.

ds = Diamètre spécifique des grains, c'est-à-dire la taille d'un grain provenant d'un sable imaginaire uniforme dont le poids total représente la même surface que l'échantillon.

Ceci est utilisé surtout dans le cas des filtres rapides exigeant un sable assez uniforme. Dans le cas des filtres lents, le sable est aussi et surtout caractérisé par son diamètre efficace d_{10} correspondant à celui du tamis, laissant passer 10 % en poids du matériau et son coefficient d'uniformité $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$; le facteur caractéristique $\Psi = \frac{ds}{d_{10}}$.

Pour $1 < U < 2$ on a $ds = d_{10} (1 + 2 \log U) = \Psi d_{10}$

NB : un tamis, dont l'ouverture des mailles est s, laisse passer un diamètre d qui peut lui être supérieur selon la forme de l'ouverture des mailles. Pour le filtre lent, on utilise souvent des tamis à mailles carrées, avec fils entrecroisés. Le rapport $\frac{d}{s}$ Vari courante de 1,10. La formule précédente devient alors , en remplaçant par leur valeur ds et d_{10} :

$$K = 180 (0,72 + 0,028 T) \frac{P^3}{(1 - P)^2} \varphi^2 \Psi^2 S_{10}^2$$

Ou :

S_{10} = Ouverture des mailles d'un tamis imaginaire à mailles carrées qui laisserait passer 10 % du matériau.

Pour une porosité de 38 %, une température de 10 °C, $U=2$, $\varphi = 0,9$

Pour des grains presque sphériques, $K= 1$ m/h pour $S_{10} = 0,15$ mm et 6 m/h pur $S_{10} = 0,35$ mm.

II -4- Paramètre d'expérimentation :

II -4-1- 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. Nécessaire pour garantir la quantité de l'eau.
- Une vitesse plus faible améliorerait la qualité, mais nécessiterait de très grandes surfaces pour obtenir les débite nécessaires.

Cette expérience ayant pour but de voir jusque 'à quel point s'effectue le traitement de l'eau par la seule action de la filtration lente, on choisit les 2 vitesses raisonnables de 0,10 m/h et 0,25 m/h. La limite inférieure $v_1 = 0,1$ m/h correspond au cas le plus favorables garantissant la qualité dans la pratique. La vitesse $v_2 = 0,2$ m/h étant la moyenne des extrêmes, nous place dans le cas le plus courant et cela est nécessaire en ce sens que l'eau ne subit ni prétraitement, ni post-traitement

II -4-2 - Choix de la granulométrie de 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 .Dans la pratique, un coefficient d'uniformité de 1,5 à 3,5 est conseillé ; exceptionnellement une valeur de 4 est tolérée.

Dans cette expérience, le coefficient d'uniformité de 2,16 qui caractérise les 2 sables (n°1 et 2) apportés du Mali, reste donc dans les normes. Avec le diamètre efficaces (d_{10}) de 0,30 mm et 0,60 mm, ils représentent les 2 types de sable les plus courants dans les carrières des berges du fleuve Niger.

Ils seront complétés dans l'expérience par du sable extrait des carrières du lac Léman à Lausanne, nommé « sable n° 3».

L'utilisation de ce dernier ayant le même diamètre efficace et la même répartition granulométrique que le n° 1, permettra de faire une comparaison entre le comportement de 2 sables ne différant que par leur origine. [02]

II -4-3- - Choix de l'épaisseur de sable filtrant :

Dans la pratique, le choix de l'épaisseur du lit filtrant est régi par les facteurs suivants :

- Juste au dessous du peu filtrant (membrane biologique) se trouve la zone d'activité biologique dans laquelle foisonnent les bactéries. Cette zone, qui est un terrain de

poursuite des phénomènes. commencés sur le film, est de l'ordre de 30 cm d'épaisseur.

- A plus grande profondeur, il se produit des réactions chimiques d'oxydation minérale ou les matières ou les matières organiques libérées du cycle biologique bactérien précédent s trouvent dégradées chimiquement. Cette zone d'activité biochimique est de 40 cm d'épaisseur au maximum.

En résumé, l'expérience a montré que l'épaisseur maximum nécessaire de la couche de sable d'un sable filtre lent est de 70 cm environ ; valeur tenant compte d'un sable grossier, une vitesse de filtration jugée élevées et une eau brute de teneur en matières organiques élevées.

- Le nettoyage des filtres lents se faisant par raclage de leur surface jusqu'à environ 1 à 2 cm de profondeur, correspondent à l'épaisseur de la membrane filtrante, de la zoogléer de la couche de sable la plus colmatée . On ajoute généralement 50 cm ou plus à l'épaisseur nécessaire à la surface par nettoyage de 1,65 cm par intervalles de 2 mois sur 5 ans .

Les filtres lents sont donc exécutés avec une épaisseur du lit de sable d'environ 1.2 m à 1,40 m et exceptionnellement jusque à 1.80 m selon la qualité de l'eau brute , la granulométrie du sable , la vitesse de filtration et la durée d'utilisation entre 2 recharges de sable souhaitée .

Dans le cas de cette expérience, on se trouve dans les conditions suivantes :

- La turbidité , la concentration en algues et en matières organiques ainsi que de micro-organiques de l'eau de la Sorge ne sont pas excessives. La vitesse d'encrassement ne devra donc pas être élevée.
- La durée de l'expérimentation d'environ 6 mos ne devrait pas permettre plus de 2 nettoyages (raclage de la surface) du lit filtrant.
- La faiblesse des valeurs des vitesses d'expérimentation choisies et la taille effective des grains du matériau font que l'épaisseur nécessaire excluant des cas épuration incomplète est réduite.

Compte tenu de ces aspects, une épaisseur du lit de sable de 70 cm semble suffisante et est retenue pour cette expérience, permettant un décapage de la surface sur une profondeur de 1 à 2 cm 5 ou 6 fois selon la situation qu'on aura en cours d'expérimentation.

II -4-4- matériel d'expérimentation :

A défaut d'effectuer les expériences sur une station pilote constituée de bassins à ciel ouvert en maçonnerie ou en béton comme dans le cas réel des ouvrages de traitement , le choix à été porté sur matériel à l'échelle de laboratoire; étant donnée que les paramètres les plus importants responsables des phénomènes d'épuration ne dépendent pas de la grandeur de l'ouvrages. Ce sont

- la vitesse de filtration.
- l'épaisseur de la couche de sable.
- la granulométrie du sable.
- les phénomènes naturels : qualité de l'eau à filtrer, conditions atmosphériques, etc.

Le rôle de bassine de filtration est joué par des colonnes en PVC rigide montées sur une structure de supports en bois.

II -4-5- Mesure des débits et choix du diamètre des colonnes :

6-1-1- Production d'eau filtrée :

Le débit Q est donnée par :

$$Q = V \times \frac{\pi D^2}{4} \text{ ou } Q \text{ en m}^3/\text{h}$$

V = Vitesse en cm/h.

L'eau filtrée sera donc collectée dans des bidons servant de jaugeurs de débits journaliers dont la valeur permet d'apprécier les pertes de charge dans les colonnes et par conséquent le réglage nécessaire pour la maintien de la vitesse de filtration.

Le volume recueilli après 10 minutes permet d'effectuer au moins une sortie en goutte à goutte de l'eau filtrée. Le volume journalier doit être d'un poids facilement maniable par un homme pour permettre une vidange quotidienne des bidons de collecte. [02]

Chapters N° III :

Généralités les eaux usées

III - Introduction

Dans le contexte actuel, les niveaux de pollution du milieu naturel augmentent de façon inquiétante. Il est donc nécessaire de mettre au point des systèmes de traitement poussés des eaux usées urbaines et industrielles. [03]

III - 1- Importance de l'eau :

L'importance de l'eau pour l'homme se voit nettement dans sa vie quotidienne. Cette richesse est la base de développement de toute activité économique, industrielle et agricole.

Il est le constituant majeur de toute matière vivante, il présente en moyenne de 80% de sa composition (Dégerment, 1989). [04]

Pour l'être humain il constitue 65 % de son poids, soit 80% de son sang, 75 % de son crâne, 20 % de ses os et 80 % de ses muscles (El haik, 1989).

Ses besoins journaliers diffèrent en fonction de plusieurs paramètres, notamment, les conditions climatiques, et la qualité de l'eau néanmoins

Chez les animaux supérieurs, le pourcentage de l'eau est compris entre 60-70 %. L'eau assure le nettoyage de l'organisme, le transport de nutriments (sang) et l'élimination des déchets par l'urine et la sueur.

Pour l'espèce végétale l'eau représente de 60 à 90 % de son poids et a un rôle mécanique et physiologique, c'est un solvant qui sert de véhicule aux aliments et aux substances élaborées ainsi qu'un métabolisme essentiel dans l'alimentation de toutes les parties du végétal, la mort absolue des tissus végétaux peut avoir lieu si la teneur en eau de ces derniers baisse de 20 %.

III - 2 - Les eaux usées urbaines :

Ces eaux résiduaires sont collectées et acheminées en général, vers les stations d'épuration affectées à chaque communauté urbaine pour les traiter avant leur rejet final. De nos jours, lois et décrets définissent des seuils de pollution des eaux, de flux de pollution après épuration, etc., afin de prévenir toute contamination du milieu en aval du rejet [03].

Les usages que l'on peut faire de l'eau sont nombreux.

Consommer de l'eau implique donc un ou plusieurs traitements et il est pour cela nécessaire d'étudier les pollutions appliquées aux eaux consommées :

- Usages des eaux domestiques
- Usages des eaux industrielles
- Les Eaux pluviales

Que ce soit dans l'industrie ou chez le particulier, l'eau est consommée, altérée, traitée et rejetée. La qualité des eaux rejetées doit être surveillée en permanence afin de protéger la ressource en eau. Les rejets se font dans la plupart des cas dans les rivières et les nappes à proximité et ils peuvent causer de nombreux problèmes environnementaux en cas de non-respects des normes sur la qualité des eaux.

III - 3 - Origines des eaux domestiques :

Ces eaux sont généralement formées du sous-produit d'une utilisation humaine, domestique, industrielle, artisanale, agricole ou autre d'où l'usage du terme d'«eaux usées». Elles sont composées de plusieurs effluents caractéristiques de la ville. Dans la plupart des pays et en particulier dans les milieux urbanisés, les eaux usées sont collectées et acheminées par un réseau d'égout (ou réseau d'assainissement ou anciennement « tout à l'égout »), soit jusqu'à une station de traitement, soit jusqu'à un site **autonome de traitement (assainissement non collectif)**.

III - 4 - Eaux domestiques

Elles sont constituées des eaux grises et des eaux vannes. Les eaux grises sont les eaux des baignoires, douches, lavabos, éviers, machines à laver. Les eaux-vannes ou eaux ménagères font références aux sous-produits de la digestion tels que les matières fécales et l'urine. Elles peuvent être un danger pour la santé car elles véhiculent des maladies d'origine virale et bactérienne. Une des plus grandes réussites de la civilisation humaine a été la réduction des transmissions de maladies par les eaux-vannes avec la mise en place de règles d'hygiène et d'un processus d'assainissement, y compris le développement des réseaux d'égout et de la plomberie.

La composition des eaux domestiques est à peu près la même pour toutes les habitations. La qualité et la quantité du rejet est indexé sur la notion de l' « équivalent habitant1 ». Néanmoins, une collectivité importante consomme et donc rejette plus d'eau domestique que les petites collectivités. La moyenne se situe entre 100 et 180 l/habitant/jours. Le rejet n'est pas constant dans la journée. Il y a des pics de pointes vers 7h00, midi et 8h00 du soir. Les tarifs préférentiels d'EDF ont un impact car les machines à laver fonctionnant principalement la nuit. Les pics de pointe définissent le dimensionnement des stations d'épuration dans le cas du réseau séparatif.

Les volumes d'eau prélevés par habitant sont très élevés dans un pays comme la France. Les machines à laver le linge ou les laves vaisselles, le lavage des voitures ou encore les chasses d'eau consomment de grandes quantités d'eau. Ces usages de confort ajoutés aux bains et douches représentent des volumes considérables d'eau pour un pays comme la France.

Cette eau consommée dans les foyers est altérée lors de sa consommation. En effet, les lessives, produits nettoyants,...etc. sont rejetés directement dans le réseau et de nombreux traitement des ces eaux domestiques est ensuite nécessaire afin qu'elles soient réinjectées dans l'environnement.

Ces eaux domestiques proviennent des usages suivants :

- Bains et Douches : 39%

- Chasses d'eau : 20%
- Linge : 12%
- Vaisselle : 10%
- Lavage Voiture : 6%
- Cuisine : 6%

Les pollutions observées dans les eaux domestiques sont les suivantes :

- Huiles, Graisses
- Lessives, Détergents
- Matières organiques et matières en suspension

Les eaux usées domestiques sont souvent traitées dans les stations d'épuration ou STEP dont le but est de séparer les polluants présents dans l'eau qui pourraient potentiellement polluer l'environnement.

Dans une STEP, les étapes successives au traitement de l'eau sont les suivantes :

- Filtres : On retire les déchets les plus grossiers qui seront ensuite incinérés.
- Traitement mécanique : On récupère les matières plus légères que l'eau comme les huiles et les graisses et les matières lourdes dans le fond.
- Décantation : Les matières en suspension se déposent au fond d'un décanteur et les boues qui en ressortent sont ensuite digérées, séchées et incinérées ou épandues.
- Traitement biologique : Décomposition des matières organiques
- Clarificateur : Traitements chimiques
- Contrôles : Vérification de l'état de l'eau et de l'efficacité des traitements

III - 5 - Eaux Industrielles

En France, les industriels doivent rejeter des eaux conformes à la réglementation en vigueur imposée par les DRIRE (Direction régionale de l'industrie et de la recherche).

Traiter correctement les eaux industrielles est donc un défi propre à chaque industrie. Il est évidemment important de limiter ou d'empêcher toutes les contaminations possibles des eaux industrielles sur les nappes phréatiques et les rivières et sur l'environnement en général.

Pour cela, il est impératif de connaître les types de pollutions et les méthodes de dépollution propre à chaque site industriel pour traiter efficacement ses effluents.

En effet, il existe autant de pollution industriel qu'il existe d'industrie. On distingue notamment les pollutions :

- Aux métaux
- Aux acides, bases et divers produits chimiques
- Aux hydrocarbures
- Aux matière organiques et graisses
- Aux matières radioactives

Toutes ces pollutions doivent être traitées à la source et faire l'objet d'un suivi sur site afin de limiter ou d'empêcher les impacts environnementaux.

Pour toutes les solutions de traitement des eaux industrielles, on retiendra principalement les trois grandes familles suivantes :

- Le traitement des eaux de procès : Par adoucissement, osmose inverse, déminéralisation, traitement des eaux de refroidissement.
- Le traitement des effluents industriels : Bioréacteur à membranes, boue activée, méthanisation, traitement des huiles et des graisses, recyclage...
- Le traitement des boues industrielles : Epaissement, déshydratation, digestion, valorisation matière et énergétique.

Il existe de nombreuses entreprises en France qui gèrent ces problèmes de traitement des eaux industrielles qui posent de grands défis en matière de protection environnementale.

III - 6 - Eaux pluviales :

Aussi appelées eaux de ruissellement, elles sont constituées des eaux d'écoulement de surfaces imperméables. Ce sont les eaux de lavages de voiries, les eaux de pluies des toits, voiries et parkings, les eaux de drainages qui ne se sont pas infiltrées dans la partie superficielles du sol. Les eaux de drainage sont peu profondes et ressortent dès qu'il y a un drain. Elles lessivent le sol et entraînent avec elles des pollutions liées à la qualité des sols et à son usage.

Elles peuvent aussi remonter de la nappe phréatique. Les eaux de pluies sont plus sales au début de l'épisode pluvieux car elles lessivent l'atmosphère, les toits et les surfaces imperméabilisées.

Les quantités d'effluent recueilli dépendent du type de pluie, de son intensité, et de sa durée. Cela aura un impact sur le dimensionnement de leurs évacuations (bouches d'égout, avaloirs, caniveaux, chaussées drainantes...) et de certains types de réseaux. Les ouvrages sont dimensionnés en prenant en compte la surface des sols drainés ainsi que leur capacité d'infiltration et les risques encourus sur la zone.

La quantité est évaluée suivant la vulnérabilité du quartier. Elle pourra être basée sur une pluie de période de retour allant de 10 ans soit la pluie décennale à 50 ans ! L'extension des zones urbanisées, en augmentant les surfaces imperméabilisées, peut accentuer les phénomènes de crues. Le code de l'environnement (loi sur l'eau) soumet donc à autorisation ou à déclaration les rejets d'eaux pluviales. Il y a donc lieu, dans le cadre de tout projet, de vérifier si l'aménagement nécessite une procédure administrative préalable. Des documents de référence permettent d'améliorer l'application de ces textes, et d'informer les élus et promoteurs de ces procédures.

III - 7 - Caractéristique des eaux résiduaires urbaines :

Les eaux usées d'Ouargla sont essentiellement de type domestique, la ville n'étant le siège que d'une modeste activité industrielle. Il convient toutefois de garder en mémoire une triple particularité :

Les eaux sont fortement sulfatées en raison de la qualité de l'eau distribuée ; la contrainte du dégazage en H₂S est significative et oblige à limiter autant que faire se peut le confinement des eaux et donc le refoulement sur de grandes longueurs d'une part et à utiliser des ciments type CRS d'autre part ;

en raison de venue d'eaux de drainage dans les collecteurs d'assainissement, les eaux sont également fortement minéralisées (la valeur globale de la salinité peut atteindre 6 g/l) ;

enfin en région saharienne il n'est pas étonnant de préciser que dans certains quartiers les eaux véhiculent du sable en quantité, obligeant à une grande vigilance sur les vitesses d'auto curage dans les collecteurs. [03] **Tableau N° : 01**

	Par Usager et par jour	Journalière
Matières en suspension	80 à 500 l	-
Matières oxydables (DBO ₅)	50 à 70 g	200 à 500 mg/l
Rapport $\frac{DCO}{DBO_5}$	-	2,5
pH	-	7 à 7,5
Azote total (N-NTK)	12 à 14 g	30 à 80 mg/l
Autres formes azotées (Nitrates, Nitrites)	-	0
Phosphore total	4 g	7 à 20 mg/l
Charges bactériologique (coliformes fécaux par 100 ml)	10 ⁷ à 10 ⁸	-

- Si $\frac{DCO}{DBO_5} = 3$: Charge organique bien biodégradable
- Si $\frac{DCO}{DBO_5} > 3$: Charge organique mal biodégradable (DCO résiduelle non- biodégradable : industries chimique, pharmaceutique, cosmétique)

Chapitre N° I V :

Généralités des Plantes fourrages

IV-1-Introduction

En Algérie, l'état nutritionnel du cheptel est en dessous de satisfaire des besoins totaux de l'animal, la production fourragère ne couvre que 54 % des besoins de l'ensemble du troupeau (MOSKAL, 1983).

Cette situation est liée :

AU faible surface occupée par les fourrages cultivés (10 % de la S.A.U)

Au caractère extensif de la production fourragère, 70 % des U.F produits sont fournis Par les prairies naturelles, la jachère fauchée, les pailles de céréales et légumineuses, la Pâture sur jachère et chaumes, pacage et parcours.

Aux mauvaises conditions d'exploitation des fourrages et leur nature ; 49 % des Surfaces consacrées aux fourrages cultivés sont occupées par le foin de vesce avoine, (RACHA SONIA, 1989)

Dans un système de production fourragère rationnel, qui plus est intensif, la mise en Réserve d'une fraction très notable de la matière végétale produite constitue une nécessité impérieuse :

La production des prairies est saisonnière et les fourrages annuels ne sont pas eux mêmes toujours assurés de couvrir les besoins des périodes creuses, il est donc logique de conserver tous les excédents de printemps pour l'affouragement des mois d'été et d'hiver.

Aux l'époques d'abondance de fourrage, le pâturage n'est pas toujours praticable, en raison de la dégradation de la structure du sol qu'il peut provoquer en période pluvieuse, du gaspillage d'herbe, des dangers de météorisation : mieux vaut alors faucher pour conservation.

La récolte pour conservation permet souvent d'attendre un stade végétatif de plus grande valeur nutritive pour les fourrages annuels (Maïs- Sorgho). Elle permet aussi d'alimenter les animaux avec des aliments secs (Foin) à l'époque où l'herbe est très aqueuse, ou au contraire avec un fourrage assez riche en eau (ensilage), lorsque la ration est principalement sèche (MOULE, 1971). [05]-

Pour cerner la situation de la production fourragère au niveau de la cuvette d'Ouargla, on a recueilli des données (tableau 2) auprès du service de statistiques de la direction des services agricoles (DSA) de la wilaya de Ouargla.

Pour cerner la situation de la production fourragère au niveau de la cuvette d'Ouargla, on a recueilli des données (tableau 02) auprès du service de statistiques de la direction des services agricoles (DSA) de la wilaya de Ouargla.

Tableau 02 : Superficies et productions des cultures fourragères au niveau de la cuvette d’Ouargla durant la campagne 2005/2006 (DSA Ouargla, 2007) [05]-

Cultures	Orge en vert-avoine	Trèfle et luzerne
Communes		
Ouargla	0.75ha_150qx	28ha_25000qx
Rouissat	0.25ha_50qx	
Sidi khouiled	1.5ha_180qx	5ha_1827qx
Ain-baida	1.25ha_150qx	8ha_2924qx
Hassi ben Abdallah	3.25ha_390qx	9ha_3289qx
N’goussa	13ha_2340qx	30ha_39000qx

IV-2- Le maïs :

IV-2-1- Le maïs– Son origine et ses caractéristiques :



Nom : Maïs

Nom scientifique : Zea mays

Origine : Le maïs est une plante tropicale de la famille des graminées, constituant historique de l’alimentation de base des civilisations d’Amérique centrale d’où la plante est originaire.

Aujourd’hui, le maïs est devenu la première céréale cultivée dans le monde, devant le riz et le blé. récolté en grain ou avec toute la plante, le maïs est largement utilisé dans l’alimentation animale et humaine, et pour des usages industriels. [06]

IV-2-2- Origine et domestication du maïs



L'histoire du maïs commence il y a 9 000 ans, dans une haute vallée du mexique, où s'écoule le fleuve Rio Balsas. Une plante locale, la téosinte, est cultivée sur les flancs de cette vallée par les premières civilisations amérindiennes, à 1 500m d'altitude. La téosinte est une

plante adaptée au climat tropical et humide de cette vallée. La plante porte plusieurs épis composés chacun de quelques grains seulement.

. Les grains récoltés sont alors broyés pour obtenir une farine qui est consommée par les populations locales.
[06]

L'évolution de la téosinte, l'ancêtre du maïs, s'est faite à la fois de manière naturelle par des mutations génétiques, mais surtout par l'Homme grâce à la sélection massale. En effet, cette période historique s'inscrit dans la domestication des plantes : les agriculteurs amérindiens choisissent volontairement les graines des meilleures plantes pour les conserver et les semer l'année suivante. Ainsi, les caractéristiques facilitant la culture et la récolte des grains, comme la taille des épis et le nombre de grains par épis, sont progressivement sélectionnés par les agriculteurs. Le maïs va acquérir une place centrale dans l'alimentation des civilisations successives d'Amérique Centrale, et va également être au centre de la religion et des rites. À partir du V^{ème} millénaire avant notre ère, le maïs va ensuite rapidement s'étendre sur toute la zone tropicale et équatoriale de, l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud, avec des variétés qui sont encore présentes aujourd'hui. Puis les variétés de maïs s'adaptent aux zones tempérées et seront cultivées dès le premier millénaire de notre ère aux Etats-Unis et jusqu'au Canada.

Le maïs a été découvert par les Européens pour la première fois en 1492 par Christophe Colomb et son équipage en Amérique Centrale. À son retour en Europe, il ramènera de nombreuses plantes indigènes dont des épis de maïs : sa culture commencera au début du XVI^{ème} siècle sur la péninsule ibérique. D'autres explorateurs ramèneront du maïs en Europe : Magellan lors de son voyage au Brésil en 1520, ainsi que Jacques Cartier depuis le Québec en 1535.

Initialement présent dans les jardins et les collections botaniques européennes, la culture du maïs se développe davantage au début du XVII^{ème} siècle sur de plus grandes surfaces, et s'étend sur tout le pourtour méditerranéen, ainsi que dans les pays d'Europe de l'Ouest.

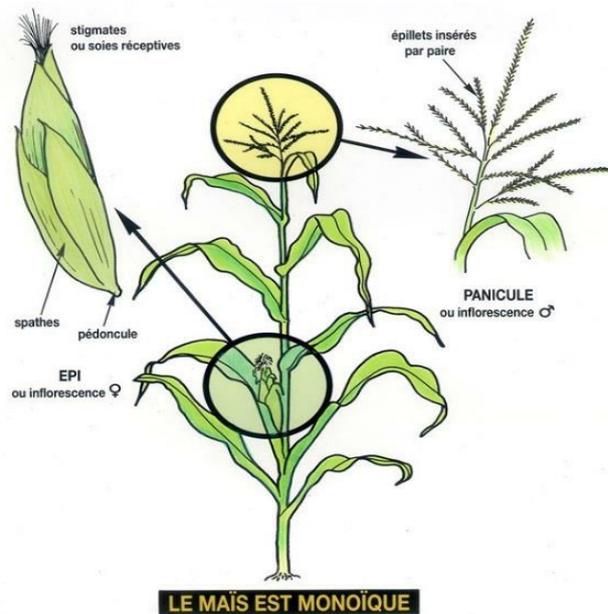
En France, le maïs est cultivé à partir du XVIIème siècle et se répand rapidement dans le Sud-Ouest. Lors des crises de disette, le maïs devient l'alimentation privilégiée des populations rurales et des artisans, grâce à sa productivité supérieure à celle du froment et sa régularité de rendement. Au XVIIIème siècle, le maïs poursuit son expansion vers l'Europe Centrale et dans les vallées continentales françaises, jusqu'en Alsace.

Les variétés de maïs des climats tempérés des Etats-Unis et du Canada s'adaptent facilement en Europe et en France : variété population « Jaune de Bade » en Alsace, « Lacaune » dans le Tarn ou encore « Millette du Lauragais ». Les premières variétés hybrides sont cultivées aux Etats-Unis à partir de 1933, et sont introduites en France en 1948 pour être testées dans des stations expérimentales. Dans les années 60, l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) crée les premiers hybrides français à partir des variétés américaines et des variétés population françaises. Alors que le rendement moyen des cultures de maïs en France évolue peu jusqu'au milieu du XXe siècle, les nouvelles variétés hybrides permettent de doubler le rendement en dix ans. Avec un rendement moyen de 14 quintaux par hectare après la seconde guerre mondiale, le rendement du maïs est aujourd'hui de 97 quintaux par hectare. Chaque année, les travaux de sélection permettent de proposer de nouvelles variétés aux agriculteurs. Elles permettent d'étendre les zones de culture du maïs grâce à une meilleure tolérance au froid et à une plus grande précocité et améliorent la régularité du rendement, la résistance aux maladies et aux ravageurs...[06]

IV-2-3- Biologie et physiologie du maïs

Caractéristiques du maïs	
Famille	Poacées (graminées)
Pérennité	Annuelle
Diploïde	2n = 20
Taille	1 à 3 mètres de haut





Le maïs est une plante herbacée annuelle de hauteur variable et constituée d'une tige unique de gros diamètre, constituée d'un empilement de nœuds et d'entrenœuds. Au niveau de chaque nœud sont insérés une feuille et un bourgeon axillaire. Selon les variétés, chaque plante porte entre 15 et 20 feuilles, de grande tailles (jusqu'à 10cm de large et 1 mètre de long) et réparties alternativement d'un côté et de l'autre de la tige. Le système racinaire du maïs est fasciculé : de nombreuses racines dites adventives se développent à la base de la tige et forment un réseau de racines d'égale dimension.

Elles permettent l'ancrage mécanique de la plante dans les couches superficielles du sol. Le maïs est une plante monoïque : les fleurs mâles et femelles sont portées par la même plante mais placées à des endroits différents :

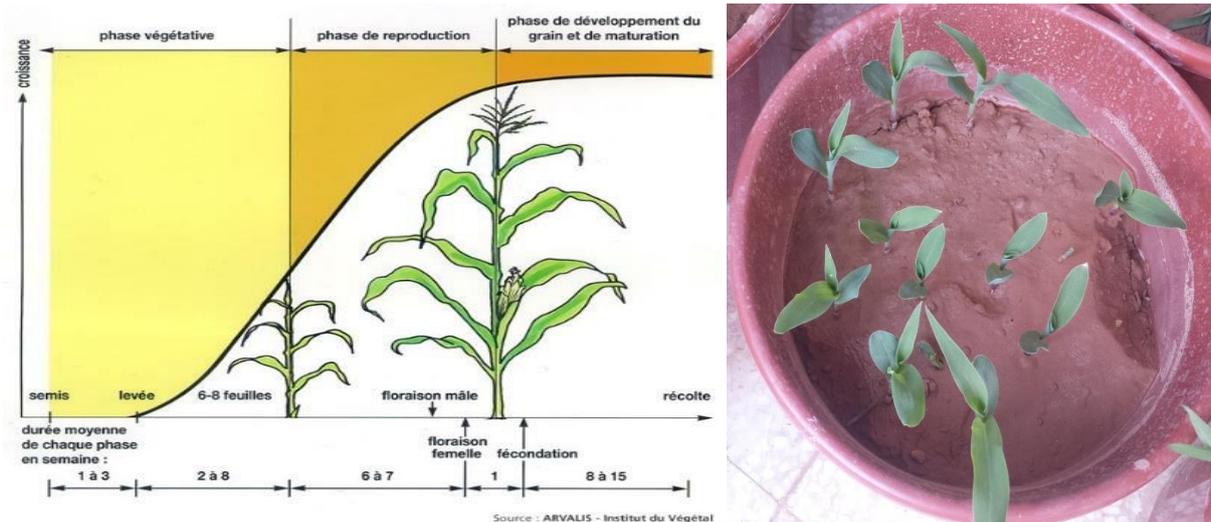
L'inflorescence femelle (l'épi) se développe latéralement à partir d'un bourgeon axillaire, inséré à la base d'une feuille située au milieu de la plante. L'épi possède 12 à 20 rangées d'ovules surmontées de longs styles, les soies.

L'inflorescence mâle (la panicule) est constituée d'épillets composés de deux fleurs. ramifiée, elle est située à l'extrémité de la tige. Le maïs est une plante allogame c'est-à-dire que la fécondation est majoritairement croisée (dans 90% des cas) et a lieu entre deux plantes distinctes. Les fleurs femelles sont fécondées par le pollen d'une autre plante, l'hybridation est naturelle chez le maïs.

Par son origine tropicale, le maïs est une plante en C4, comme le sorgho ou la canne à sucre. Ce métabolisme particulier confère au maïs un meilleur rendement pour la photosynthèse – c'est-à-dire pour la conversion de l'énergie lumineuse en matière organique – que les céréales de nos latitudes qui sont des plantes en C3.

IV-2-4- Les phases de développement du maïs

Le cycle de développement du maïs est relativement court grâce à une photosynthèse spécifique qui lui permet de très bien valoriser la lumière et la chaleur. Le développement foliaire de la plante est spectaculaire : elle fabrique une grande quantité de matière sèche en peu de temps.



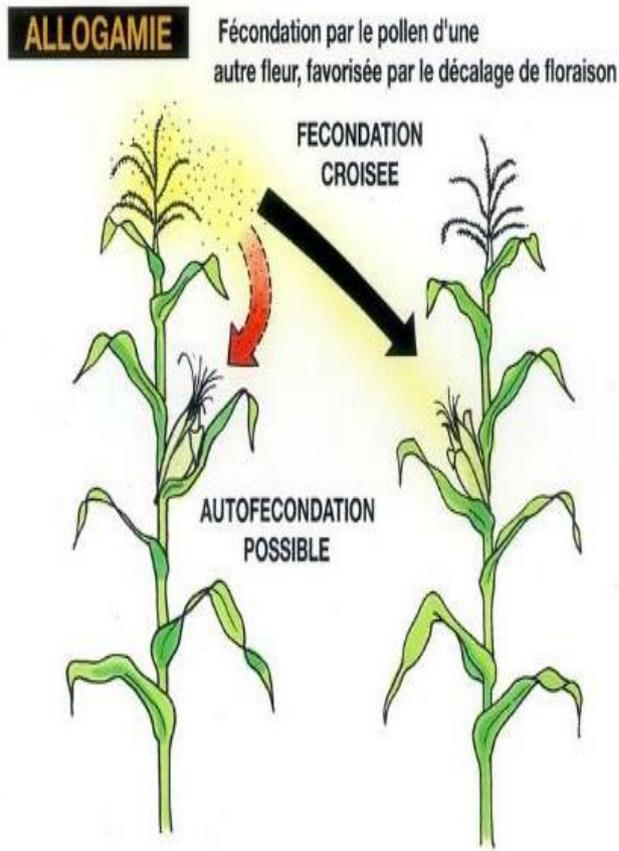
Le cycle du maïs se décompose en trois phases de développement bien distinctes, définies par la formation d'un ou de plusieurs organes essentiels de la plante.

a- La phase végétative

La germination de la graine mobilise les réserves contenues dans l'albumen : le coléoptile perce le sol et libère les premières feuilles. Lors de cette phase, la tige et les feuilles se développent pour que le jeune plant de maïs devienne progressivement autotrophe¹. Dans le même temps, les racines traçantes du maïs se développent dans les couches superficielles du sol pour prélever l'eau et les nutriments nécessaires pour la croissance de la plante. La durée de la phase végétative dépend évidemment de la précocité de la variété et des conditions climatiques.

b- La phase de reproduction

La phase de reproduction correspond à la formation et au développement des organes reproducteurs. L'épi commence à se développer un mois avant la floraison ; le nombre de rangs de grains portés par l'épi est déjà déterminé à cette date. Dès la fin de la phase végétative, la panicule commence à se développer, tandis que la formation du pollen débute 2 à 3 semaines avant la floraison. Le maïs valorise très bien l'irrigation, en particulier pendant la formation des organes reproducteurs et au moment de la floraison ainsi que lors du développement du grain. Une irrigation bien menée améliore la quantité des grains et leur remplissage.



Pour que la fécondation croisée soit favorisée entre deux plantes différentes, les organes reproducteurs mâles et femelles ne sont pas matures en même temps. Généralement, les anthères du maïs, organes masculins, sont mûres 2 à 4 jours avant que les styles (soies) ne deviennent réceptifs au pollen : le maïs est dit protandre.

La soie a pour rôle de capter le grain de pollen émis par les panicules pour que celui-ci puisse, grâce au tube pollinique, aller féconder l'ovule.

Les premières soies sorties correspondent aux grains de la base de l'épi. La progression de sortie des soies se fait ensuite de bas en haut jusqu'à l'extrémité de l'épi. La sortie complète a lieu en 4 à 6 jours. Dès ce moment-là, et dans de bonnes conditions, la fécondation complète de l'épi est possible.

Chaque épillet de la panicule est composé de deux fleurs, chaque fleur possédant trois étamines. Les deux fleurs d'un même épillet ne libèrent pas le pollen en même temps : une des deux fleurs a une avance de 3 à 4 jours sur l'autre. La floraison des épillets se fait dans un ordre bien précis et commence sur le brin maître de la panicule. Pour une seule panicule, la libération totale du pollen dure 8 à 10 jours.

L'émission du pollen se fait surtout le jour : elle débute très peu de temps après le lever du soleil et est maximale au milieu de la matinée. En cas de pluie ou d'irrigation, la déhiscence des anthères est limitée et le pollen reste enfermé dans les loges des étamines. La durée de vie du pollen est généralement de quelques heures seulement. Le pollen libéré tombe de la panicule par simple gravité et est transporté par le vent jusqu'aux soies, permettant la fécondation. Dans les minutes qui suivent son arrivée sur la soie, le grain de pollen émet un tube pollinique.

Celui-ci progresse rapidement dans la soie et arrive en moins de 24 heures jusqu'à l'ovule. Plusieurs dizaines de grains de pollen peuvent « germer » dans une même soie, mais un seul parviendra à l'ovule et assurera la fécondation.

c- La phase du développement du grain

Une fois que la fécondation a eu lieu, le nombre définitif de grains sur la plante est déterminé. Dans les semaines qui suivent, les grains se développent et accumulent des réserves d'amidon. A partir de la fin du mois d'août, la texture de l'amidon évolue : tout d'abord laiteux, il devient ensuite pâteux, puis vitreux. La répartition de ces trois formes d'amidon dans le grain renseigne sur le pourcentage d'humidité dans le grain et l'état de maturité des plantes. L'observation du contenu des grains de maïs permet à l'agriculteur de connaître la date optimale de récolte du maïs.

IV-3-Choix de la culture à étudier : La luzerne**IV-3-1-Définition**

Plante fourragère de la famille des Fabacées, son nom latin est *Medicago Sativa* L. la luzerne est le fourrage le plus important en Algérie, il s'agit d'une culture très bien adaptée au climat Saharien et très productive. Elle constitue le fourrage le plus utilisé dans l'alimentation du bétail. Elle peut produire dans des bonnes conditions, jusqu'à 100 tonnes de vert par hectare (BAAMEUR, 1998).

A cause de la symbiose entre la luzerne et les bactéries *Rhizobium Meliloti*, la luzerne n'exige pas l'amendement de l'azote. L'apport d'engrais azoté peut entraîner une réduction des nodosités, donc une moindre fixation d'azote atmosphérique (SICA France MAIS, 1990). La luzerne exige les amendements phosphoriques d'une façon assez importante, la meilleure façon d'apporter l'acide phosphorique et de l'appliquer en localisation entre 2,5 et 05 cm en dessous de la semence lors de semis (SICA France MAIS, 1990). La potasse est l'élément le plus important, même si les besoins sont peu importants. L'action indispensable du calcium, magnésium, soufre et le bore sur la nutrition de la plante est in négligeable.

IV-3-2- Végétation et croissance

La température maximale autorisant la croissance est de l'ordre de 37°C, où la luzerne accuse un net fléchissement de production pendant les mois d'été en Afrique du Nord. La température minimale au dessous de laquelle la plante suspend son activité définit une autre limite le zéro de végétation est de l'ordre de 8 à 9 °C (CHAABENA, 2001). Les températures élevées dans le sol pourraient réduire fortement ou empêcher la fixation de l'azote atmosphérique par les nodosités avec comme conséquence une limitation de la productivité de la qualité, de la pérennité (MAURIES, 2003). Les températures extrêmes diminuent la croissance de la plante par leurs actions la photosynthèse et les translations. L'effet combiné de la lumière et la température permet d'expliquer les variations journalières et la fixation par leur influence sur la quantité des glucides arrivant aux nodosités (JUERY, 1987)

IV-3-3- Exigences édaphiques

Naturellement les meilleurs résultats sont obtenus dans des sols profonds sains et calcaire qui lui permettent de développer son enracinement bonne réserve hydrique et pas trop acides pour un bon fonctionnement de la symbiose avec le *Rhizobium meliloti* (bactérie fixatrice de

l'azote de l'air). MOREL, 1988, dit que la population microbienne est sensible aux variations de pH chaque espèce présentant son activité maximale entre des limites de pH déterminées. Le pH proche ou supérieur de la neutralité ($\text{pH} \geq 6.8$) (ITCF, 1998) est le meilleur pour la luzerne. Selon TOUTAIN, 1977 et CHAABENA, 2001, la luzerne s'intègre très bien dans la majorité des rotations, c'est une très bonne tête d'assolement pour les céréales. Elle est dotée d'un système racinaire assez développé pouvant descendre à plus de 2m de profondeur (maximum entre 40 et 120 cm) lui confèrent une bonne résistance à la sécheresse (ITCF, 1998). MARBLE, 1993 signale que la luzerne dans les zones arides se développe, persiste et croît sur les sols sableux à une profondeur supérieure à 2 m

A cause de la symbiose entre la luzerne et les bactéries *Rhizobium Meliloti*, la luzerne n'exige pas l'amendement de l'azote. L'apport d'engrais azoté peut entraîner une réduction des nodosités, donc une moindre fixation d'azote atmosphérique (SICA France MAIS, 1990). La luzerne exige les amendements phosphoriques d'une façon assez importante, la meilleure façon d'apporter l'acide phosphorique et de l'appliquer en localisation entre 2,5 et 05 cm en dessous de la semence lors de semis (SICA France MAIS, 1990). La potasse est l'élément le plus important, même si les besoins sont peu importants. L'action indispensable du calcium, magnésium, soufre et le bore sur la nutrition de la plante est in négligeable.

IV-3-4-Exigences hydriques

Selon CHAABENA, 2001, la luzerne est très exigeante en eau pour élaborer un gramme de matière sèche, il faut 800 à 1000 grammes d'eau. Elle exige entre 12000 à 13000 m³/ha pour une année de culture. Son enracinement pivotant, qui peut atteindre 02 m de profondeur, lui permettant de résister à la sécheresse

IV-4-Choix de la culture à étudier : L'orge

IV-4-1-Définition

L'orge est l'un des aliments les plus importants au monde pour les animaux, en particulier les bovins tels que les bovins, les ovins et les caprins, car il contient une grande quantité de matières premières nécessaires aux animaux, car il augmente fréquemment la sécrétion de lait, aide à nourrir les animaux rapidement et augmente la production de viande. La paille est sèche pour nourrir le centre animalier, et l'orge est meilleur marché que le blé, donc le fermier le veut

C'est l'une des cultures céréalières les plus importantes au niveau mondial et local et la quatrième place après le blé, le maïs, le riz,

C'est aussi une culture unique aux autres cultures céréalières, notamment sa capacité à s'adapter à l'environnement plus que toute autre culture.

IV-4-2- Comment faire pousser de l'orge



Photo : de l'orge

On choisit à l'origine le sol qui convient à l'orge. L'orge peut être cultivée dans toutes les terres agricoles, qu'elles soient argileuses, jaunes, sableuses ou calcaires, de préférence Dans les zones jaunes

IV-4-3- Composition chimique de l'orge

Les graines d'orge contiennent une teneur élevée en fibres alimentaires et en sélénium par rapport au blé et à une quantité de protéines, ainsi que les acides aminés essentiels de l'homme. Vitamines, en particulier la vitamine B et des minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium, le phosphore, le fer et le zinc.

IV-4-4- Description de la végétation

L'orge appartient à la famille des plantes aromatiques Najila autour de l'auto-vaccination dans laquelle elle peut parfois recevoir une vaccination partielle de très faible intensité et comprend les parties suivantes:

IV-4-5- Le total des racines:

Lévi est constitué de plusieurs racines primaires de diamètre égal, allant de 3 à 8 racines, où ces racines absorbent l'eau et les nutriments au tout début de la vie des plantes.

Et, ces racines temporaires peuvent mourir une fois que les racines permanentes sont capables de nourrir la plante et peuvent continuer à fonctionner pendant toute la vie de la plante. Ces racines permanentes sont appelées racines latérales, c'est-à-dire les racines qui se développent à partir du nœud souterrain situé sous le sol. Ces racines permanentes s'étendent sur une distance de 1,8 à 1,1 mètre.

La patte de l'orge ressemble à celle de la tige du blé: il s'agit d'une liste cylindrique creuse composée de nœuds et de sels, mais de longueur plus courte et plus épaisse chez les poissons et de plus grands nœuds où une couche cireuse acquiert une couleur blanche. Une branche de la tige d'origine est constituée d'un certain nombre de branches, appelées streptocoques, qui proviennent du nœud forestier et se composent de 4 à 5 branches, qui dépendent des conditions environnementales, de la force du terrain et de la nature des espèces.

Feuilles: Lorsque le blé part, la lame est ouverte et la surface supérieure de la lame est rugueuse.

La texture de la présence de duvet sur elle et de grandes boucles et enrouler autour de la jambe et du papier plus long lin

IV-4-6-Caractéristiques des combustibles

L'avoine et l'orge (surtout les espèces hivernales) sont bien adaptés à la combustion et sont souvent plébiscités par les constructeurs : en effet, leur culture demande moins d'intrants (notamment intrants azotés) et ils ont un bon pouvoir calorifique.

La combustion de l'avoine produit peu de mâchefer mais plus de cendres ; l'allumage est relativement facile.

Le blé et le triticale contiennent beaucoup de silice (environ 40 % du taux de cendres pour le blé), ce qui a comme conséquence la formation d'une quantité plus importante de mâchefer.

La combustion du blé fourrager produit des cendres compactes. AXENNE Etude bibliographique sur la combustion de produits issus de cultures annuelles

Le blé et le triticale allient une bonne productivité et des exigences modérées en intrants pour les espèces rustiques.

Le seigle a une teneur en chlore élevée : ses fumées sont très corrosives.

Le maïs, généralement plus humide, a parfois besoin d'être séché avant utilisation pour la combustion.

Le colza pur est déconseillé car il est très chargé en huile ; il génère beaucoup de saletés et une forte odeur se dégage lors de sa combustion. Son PCI est très élevé, autour de 7 kWh/kg (fioul : 11,8 kWh/kg).

Le tourteau de colza peut être utilisé comme combustible ; le tourteau provient de la trituration de la graine de colza après extraction à froid de l'huile

Chapitre N° V :

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Chapitre V Matériel Et Méthodes

V-1- L'Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons essayé de présenter l'objectif principal de l'étude réutilisation des eaux usées traité pour l'irrigation et de démontrer le potentiel pour valoriser en toute sécurité des eaux usées traitées avec filtration lente sur sable à des fins agricoles. Et quelle est l'hauteur des filtres optimale pour une bonne production des plantes.

V-2 Dispositif expérimental :

Les expériences ont été réalisées dans le Station d'Épuration (STEP) à Sidi Khouile – willaya d'Ouargla, est située à 17 km (Nord-est) siège de willaya.

L'installation de pilote de la filtration à trois étapes principales est présentée dans les photos 01



Photos N° 01 : Installation pilote du système des filtrations lente sur sable

Chapitre V Matériel Et Méthodes

1^{er} étape : (Conception des filtres)

Cette installation comporte un bac de stockage des eaux traites d'une capacité de 100 Lit alimenté à l'aide de la pompe de refoulement ,et trois Lignes des filtres à des hauteur à flux ascendant de chaque ligne, chaque ligne de filtre est constituée d'un tube de chlorure de polyvinyle (PVC) d'une hauteur de (70, 90, 110,130cm) ascendante ,fixe par des collets métalliques ,le diamètre intérieur des tubes des filtres est de (108 mm)est de 110mm extérieure, soit une surface aménagée d'environ 91.56 cm² ,et supports métallique à quatre pieds.



Photos N° 02 : Distribution d'eau sur les filtres avec des régulateurs débité

Chapitre V Matériel Et Méthodes

2^{ème} étape : (granulats des filtres)

Les granulas des filtres : d'abord par le bas du premier couche de filtre à granulométrie grossière dont 10 cm de gravier, et par le haut couche de filtre à granulométrie grossière dont 10 cm de gravier rouler , et entre les deux un couche dont (40,60,80,100) cm de sable de carrières de Hassi Sayh.

3^{ème} étape : (types des eaux utilisées en Projet)

Dans notre expérimental nous utilisons trois types des eaux pour d'irrigation des plantes est comme suite :

❖ L'eau Traitée :

Les eaux usées actuellement traitées par la STEP de Sidi Khouiled ,cette eaux sera alors stockée et utilisée pour l'irrigation Par Planches,

❖ L'eau Forage : le Mio-pliocène (voie Chapitre I, page 09)

❖ L'eau filtrée : cette l'eau extraite différent types des filtres.

4^{ème} étape : (Plantation)

Dans cette sujet nous vous implanté des trois types dela plante (Luzerne, Mais et orge), dans 18 bacs en plastique est de 25 cm en diamètre, 60 cm hauteur (photos N° 03), distribué comme suite :

- 04 bacs pour chaque colonne du filtre.(pour la plante Luzerne).
- 04 bacs pour chaque colonne du filtre.(pour la plante Mais).
- 04 bacs pour chaque colonne du filtre.(pour la plante orge).
- 03 bacs pour l'eau traitent à chaque type de plante.
- 03 bacs pour l'eau de forage à chaque type de plante.

La somme des surfaces arrosée pour chaque type de plante égale 7.065 m².



Chapitre V Matériel Et Méthodes

Photos N° 03 : Bacs des plantes

Les débits d'Arrosages de la distribution à été calculer suite les besoins des Plantes (Mais, luzerne et orge) à la die programme de ITDAS.et la méthode d'irrigation choisie dans l'expédience gout à gout à cause :

- Technique simple utilisée.
- Economique d'eau.
- Favorable de man projet.

V- 3 - Détermination des besoins d'irrigation de la culture :

V-3-1- Définition :

Le besoin en eau d'irrigation, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sur qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau

V-10- Technique d'irrigation : La Technique d'irrigation utilisée dans l'expérience

Dans notre travail on a choisir l'irrigation par planches cette méthode consiste à laisser l'eau s'écouler en nappe le long d'une bande de terre, délimitée entre les rangées la plante et dans le sens de la pente par de petites digues.

Lorsqu'on laisse l'eau enter sur la planche à partir du canal d'amenée, l'eau imbibe d'abord la partie amont de l'élément, et ce n'est qu'au bout d'un certain temps que l'aval Commence.

V-3 -1 -Dose d'irrigation :

Pour évaluer des besoins en eau des plantes cultivée et détermination les doses et de la fréquence des arrosages, ont utilisé un programme format Excel d'aide à la gestion de l'irrigation a été mis au point par l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), Ce programme permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales. [8]

Ce programme a été réalisé par (ITDAS) et l'aide centre arabique d'étude les zones aride et les terres sèches.

Toute la donnée concerne la luzerne résumée dans le document FAO N° 56.les Page suivantes N°(107-112-139-144-149-164-179). Annexe n° :1

La formule de penman-monteth

Chapitre V Matériel Et Méthodes

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} v(e_s - e)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34v)}$$

ET₀ : évapotranspiration de référence (mm.j-1),

R_n : rayonnement net (W.m-2),

T : température moyenne quotidienne de l'air à 2m (°C),

G : flux de chaleur dans le sol [MJ m-2 jour-1

Δ : pente de la courbe de la tension de vapeur saturante (kPa.°C-1),

γ : Constante psychrométrique (kPa.°C-1),

e : tension de vapeur (kPa),

e_s ; tension de vapeur saturante (kPa),

v : vitesse du vent à 2m (m.s-1).

Localité	Latitude (°)	Altitude (m)	Kcb		Fraction de sol mouillée par l'eau d'irrigation	fw(irrig.)	
ouargla	31.7	150					
Espèce		Cycle Végétatif (Jours)		Kcb		Fraction de sol mouillée par l'eau d'irrigation	
ALFALFA		Initiale	10	Coefficient cultural de base		Quantité d'eau qui peut être directement évaporée (mm)	REW
Variété	ALFALFA	Developpement	20	Initial	0.33	Quantité d'eau maximale (totale) qui peut être évaporée (mm)	TEW
Date de semis		Mi-saison	20	Mi-saison	0.45	Lame d'eau cumulée (profondeur) initialement évaporable (mm)	initial De:
Jour	18	Finale	10	Final	0.45	Fraction de sol initialement mouillée	initial fw:
Mois	9						0.5
CE de l'eau d'irrigation (dS/m)		2.2		Kc minimal		0.4	
b:Pente de la droite de réduction du Rdt (%/(dS/m))		7.3		Hauteur max de la plante (m)		0.6	
Seuil de tolérance (dS/m)		2		Efficience de l'irrigation (%)		85	
Fraction de lessivage		0.15		Profondeur racinaire min (m)		0.1	
Superficie Parcelle (m ²)		Débit (l/s)		Profondeur racinaire max (m)		0.3	
6	0.1			RU (mm/m)		100	
Fraction de tarissement permise au stade initial (%): MAD (Management Allowed Depletion)				20			
Fraction de tarissement permise après stade initial (%): MAD				10			
Cycle Végétatif (Jours)		page 106					
Kc minimal		page 110					
Kcb		page 137					
REW TEW		page 144					
fw(irrig.)		page 149					
Profondeur racinaire max (m)		page 164					
b:Pente de la droite de réduction du Rdt (%/(dS/m))		page 178					
Seuil de tolérance (dS/m)		page 178					

Figure N°18: programme pour calculer des besoins d'irrigation des plantes

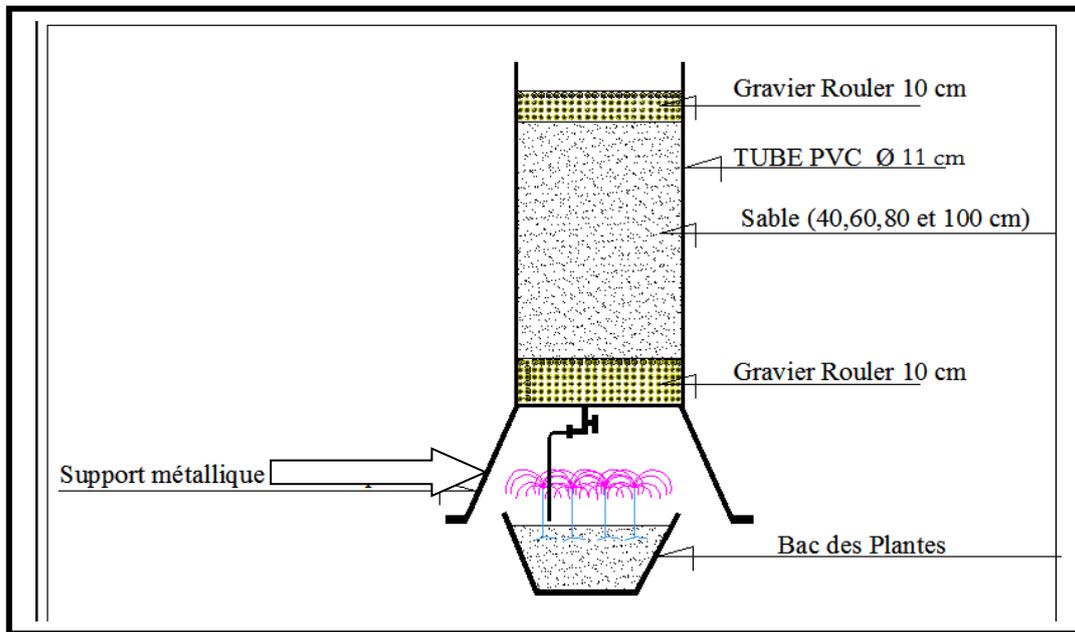


Figure N°19 : Profile de filtre en lente sur sable

V-4-Analyses :

V-4-1- Mode opératoire des analyses physicochimiques :

a-Matières en suspension (M.E.S) :

*But d'analyse

Est de déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau traitée

*Principe

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

*Appareillage

- ▶ Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- ▶ Filtre.
- ▶ Etuve (MEMMERT. UNB).
- ▶ Dessiccateur.
- ▶ Pompe a vide.

Chapitre V Matériel Et Méthodes

* Préparation des filtres par l'eau distillée

- ▶ Laver le filtre par l'eau distillée.
- ▶ Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- ▶ Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ▶ Peser

* Filtration de l'échantillon

- ▶ Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- ▶ Agiter le flacon d'échantillon.
- ▶ Verser un volume de 100 ml d'échantillon dans l'éprouvette graduée.
- ▶ Filtré l'échantillon.
- ▶ Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec l'eau distillée
- ▶ Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces.
- ▶ Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- ▶ Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ▶ Peser le filtre.

*Expression des résultats

Le calcul de la teneur en MES est donne par l'expression suivante :

$$\text{MES} = 1000(M1-M0)/V$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M1 : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

M0 : La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml).



Chapitre V Matériel Et Méthodes

Photos N° 04 : Unité de filtration avec pompe à vide

b - Résidu sec :

*Appareillage

- ▶ Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- ▶ Etuve (MEMMERT. UNB).
- ▶ Bicher.
- ▶ Dessiccateur.

*Procédure

- ▶ Peser le Bicher vide.
- ▶ Verser un volume de 50 ml d'échantillon dans le bicher.
- ▶ Mettre le bicher dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- ▶ Laisser refroidir dans le dessiccateur
- ▶ Après constat d'évaporation totale de l'eau pesé le Bicher.

* Expression des résultats

Elle donnée par l'expression :

$$RS = (P2 - P1) 1000/ V$$

RS : Résidu sec.

P1 : Le poids en mg de la capsule vide.

P2 : Le poids en mg de capsule plié.

V : La prise d'essai d'eau à analyser en ml



Photos N° 05 : Balance



Photos N° 06 : Etuve

c - La demande chimique en oxygène (D.C.O) :

***But d'analyse**

Mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DBO5.

***Principe**

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

***Appareillage**

- ▶ Pipette jaugée à 2 ml.
- ▶ Spectrophotomètre (DR 2800).
- ▶ Réacteur DCO à 150°C (HACH. LANGE).

***Réactif**

- ▶ Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations. ▶ Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations

***Procédure**

Chapitre V Matériel Et Méthodes

- ▶ Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO
- ▶ Agiter et Placer le tube fermé dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 148°C.
- ▶ Laisser refroidir à température ambiante.
- ▶ Mesurer directement la concentration de la DCO par spectrophotomètre DR 2800.

*Expression des résultats

La teneur en DCO est donnée en mg/l.



Photos N° 07 : Réactifs , Réacteur DCO et spectrophotomètre et Réactifs DCO

Nous avons mesuré la DCO à l'entrée et à la sortie des filtres. et Vous nous obtenez trois mesures pour chaque type de sables Les résultats sont représentés dans les tableaux :

Afin d'évaluer l'efficacité de la technique utilisée, nous avons calculé le rendement épuratoire de l'élimination de la DCO avec la relation suivante :

$$RDCO(\%) = \frac{DCO_{eauusée} - DCO_{eaufiltré}}{DCO_{eauusée}} \times 100$$

Tableau N°03 : Moyennes des Rendements de DCO pour sables Hassi Sayah

Type d'Eau	01/03/2019	22/04/2019	18/05/2019	Observation
------------	------------	------------	------------	-------------

Chapitre V Matériel Et Méthodes

Eau Traité	94,304	92,827	95,992
Eau Forg	94,639	91,841	90,909
Eau Filtré 1m	97,792	96,468	94,923
Eau Filtré 0.80 m	95,992	94,515	93,671
Eau Filtré 0.60 m	96,203	93,671	95,359
Eau Filtré 0.40 m	93,452	92,857	94,643

d - La Demande biologique en oxygène (DBO₅)

*Principe

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP

*Appareillage

- ▶ Réfrigérateur conservant une température de 20°C
- ▶ Un agitateur magnétique.
- ▶ Bouteilles brune de 510 ml.
- ▶ OXI TOP
- ▶ Pastilles hydroxyde de sodium (pour absorber le CO₂ dégagé par le microorganisme).

*Procédure

La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO₅.

Volume de la prise d'essai (DBO₅) = DCO (mg/l) × 0.80, pour les eaux urbaine.

- ▶ Introduit la quantité de l'eau à analyser suivant le tableau. En fonction de la valeur de DCO.

Tableau N°04 : Volume d'échantillon d'après la DCO.

La charge	DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5

Chapitre V Matériel Et Méthodes

Plus que moyenne	0-400	164	10
Un peu chargée	0-800	97	20
Chargée	0-2000	43.5	50
Très chargée	0-4000	22.7	100

- ▶ Introduit la barre aimantée (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium
- ▶ Visser la tête de mesure sur les bouteilles.
- ▶ Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à apparition du message (00).
- ▶ Mettre au réfrigérant à 20°C pendant cinq jours.
- ▶ Lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle.

*Expression des résultats

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur.}$$



Photos N° 08 : DBO mètre

e - Détermination de conductivité électrique, salinité et la température

Chapitre V Matériel Et Méthodes

*Principe

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$, Pour sa mesure, nous avons eu recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du **Conductimètre de poche Cond 340 i**

Appareillage

- ▶ Conductimètre de poche Cond 340 i
- ▶ Pissette eau déminéralisé.
- ▶ Solution KCl (3 mol/L) pour calibrage.

*Procédure

- ▶ Vérifier le calibrage de l'appareil suVant la procédure ci jointe.
- ▶ Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
 - ▶ Lire la CE et la salinité et la température des stabilise de celle-ci.
- ▶ Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.



Photos N° 09 : Conductimètre

f - Détermination de pH

Chapitre V Matériel Et Méthodes

*But d'analyse

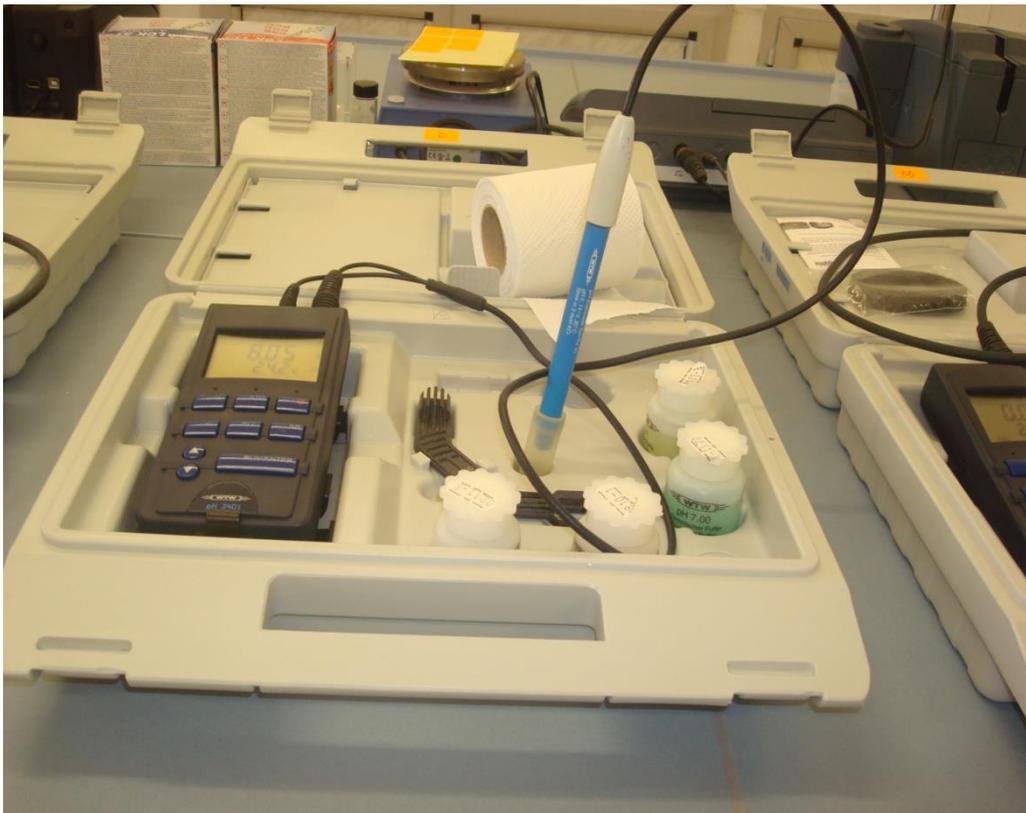
Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.

*Appareillage

- ▶ Un pH- mètre portable.
- ▶ Solution étalon 4.7 et 10.
- ▶ Pissette eau déminéralisé.

*Procédure

- ▶ Vérifier le calibrage de l'appareil su Vant la procédure ci jointe.
- ▶ Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- ▶ Lire le pH à température stable
- ▶ Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans une solution électrolyte.



Photos N° 10 : pH- mètre

i - Détermination de l'O₂ dissous

Chapitre V Matériel Et Méthodes

*Principe

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple, par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux à l'aide du l'**oxymètre de poche Oxi 340 i**

*Matériel nécessaire

- ▶ Un oxymètres.
- ▶ Solution alcaline électrolyte pour calibrage.
- ▶ Pissette eau déminéralisé.



Photos N° 11 : Oxymètres

Tableau N°05 : Résultats des analyses pH, CE, NO_3^- , NO_2^- des eaux

Type d'Eau	pH	CE à 25C° [ms/cm]	No ₃ ⁻ [mg/l]	No ₂ ⁻ [mg/l]
Eau Traité	7,68	5,81	00	00
Eau Forg	8,11	4,02	20,5	Traces
Eau Filtré 1m	7,91	4,55	11,00	00
Eau Filtré 0.80 m	7,66	4,67	17,00	Traces
Eau Filtré 0.60 m	7,73	5,26	10,00	00
Eau Filtré 0.40 m	7,65	5,35	5,5	00
Eau Entré STEP	7,90	17,04	00	00

V- 5 -Analyse du Sable :

V- 5 - 1-Introduction :

Pour bien comprendre et analyser le comportement des sols utilisés comme matériaux ou fondation d'ouvrages, il faut d'abord étudier leur nature ,leur composition et l'organisation de leurs particules .La première partie de cet ouvrage porte donc sur ma mesure et la description des caractéristiques physiques des sols, notions indispensables pour classer les sols prévoir leur comportement. [01]

Dans la perspective d'avoir une première vue sur l'aptitude des sables à être utilisés comme support filtrant, il est nécessaire de réaliser leur caractérisation détaillée et complète.

V- 5 – 2 -Caractérisation des sables :

La Primaire sable utilisés est de sable de dune, à la région de sidi khouiled.

Les deuxièmes sables utilisés sont des sables vallées 30km Est de la capitale de l'Ouargla. Les expériences ont été réalisées dans le **laboratoire des travaux publics du sud (LTPS) de l'Ouargla**, Les résultats sont décrits dans la suite de ce chapitre.

V- 5 – 2 – 1-Echantillonnage :

a - Site d'échantillonnage :

Chapitre V Matériel Et Méthodes

Une étude cartographique a été faite pour localiser les différentes sources de sable de dunes et sable Hassi Sayah.

b - Méthode d'échantillonnage :

Les prélèvements des échantillons ont été réalisés par deux protocoles différents:

1- Pour la majorité des carrières, Un nombre de 6 à 18 prélèvements ont été réalisés en différents points de la carrière, pour chaque point nous avons pris un échantillon de la surface et un autre à une profondeur de 30 cm, qui sont ensuite mélangés afin d'obtenir un échantillon représentatif de la carrière considérée.

2- Pour les carrières d'accès difficile, nous nous sommes limités à un seul échantillon.

Pour chaque zone citée nous avons choisi entre quatre et huit points de prélèvement. Le sable utilisé est un mélange homogène entre les seize échantillons avec des quantités égales.

V- 5- 3 -Caractéristiques des particules élémentaires :

Une particule élémentaire est caractérisée par son diamètre D , sa densité spécifique P_s , sa forme, son état de surface et son poids. La masse spécifique des particules variera entre 2,3 et 2,9 suivant leur nature minéralogique, la moyenne est entre 2,5 et 2,6 pour les particules en quartz et calcaire.

La forme de la particule qui interviendra directement sur son diamètre sera très différente suivant son origine et le degré d'usure qu'elle a subi. Pour les particules grossières il est possible de définir leur diamètre par tamisage mécanique, ce diamètre étant différent de celui de la sphère qui aurait même poids et même densité que la particule et que l'on appellera diamètre nominal " D_n ".

V- 5 – 4 -L'analyse granulométrique :

L'objectif de l'analyse granulométrique consiste donc à différencier par la taille les éléments minéraux du sol et à quantifier leur répartition pondérale, dans les classes de diamètres prédéfinies. Ces analyses sont effectuées au laboratoire sur des échantillons de sol. Il s'agit de faire passer l'échantillon du sol à travers une série de tamis de diamètres décroissants de haut vers le bas [01].

Chapitre V Matériel Et Méthodes

L'analyse granulométrique est faite selon les normes F-5-9d.01 On a modifié la série de tamis en remplaçant le tamis de diamètre 0,64 mm par deux tamis, de diamètres 0,8 mm et 0,5 mm respectivement. En outre, afin de mieux représenter la distribution des grains, on a ajouté à la série d'AFNOR deux tamis de diamètre respectivement 0,125 mm et 0,2 mm. Ce qui fait que la série utilisée, est comme suit : 0,063 ; 0,08 ; 0,125 ; 0,16 ; 0,2 ; 0,315 ; 0,5 ; 0,8 ; 1 mm.

Une masse de 1000 g de sable est prise et tamisée à travers la série de tamis indiquée ci-dessus [01].



Photos N° 12 : Présente la série des tamis et échantillon de sable Hassi Sayah

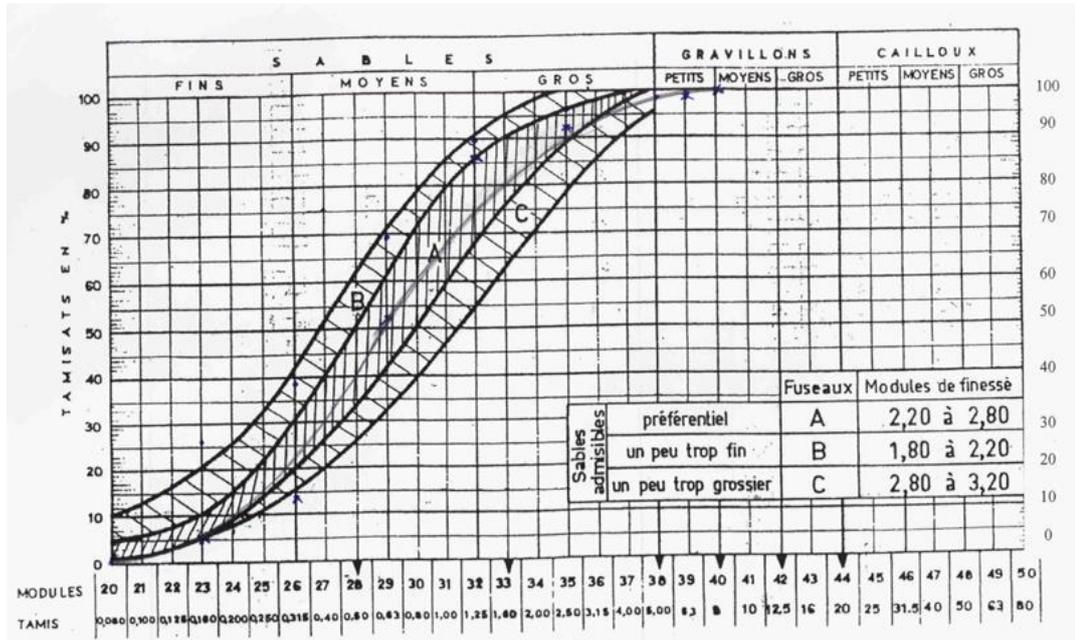


Figure 20 : Présente Courbe granulométrique de sable Hassi Sayah «LTPS »

A partir des courbes granulométriques, les constatations qui peuvent être illustrées sont :

- * Les sables analysés sont des mélanges entre le sable fin et le sable grossier.

- * Le quasi totalité des grains a un diamètre inférieur à 1 mm.

a. Le diamètre effectif D_E

Le diamètre effectif correspond à la taille des mailles du tamis qui laissent passer 10% de la masse de l'échantillon. Il représente conventionnellement, le diamètre moyen des grains du sable [01]

b. Le coefficient d'uniformité C_u

Le coefficient d'uniformité, représente l'homogénéité de la distribution des diamètres des grains dans l'échantillon. Ce coefficient est calculé par la formule suivante :

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Par convention, pour que la granulométrie soit uniforme, il faut que $C_u < 2$ ou 2,5

c. Le coefficient de classement C_c

Chapitre V Matériel Et Méthodes

Il s'agit du rapport entre deux diamètres apparents définis de telle sorte que la taille de 75% et respectivement 25% des particules soit inférieure. Ce coefficient constitue un indice de variation relative de la pente de la courbe indice de dispersion de Trask, la courbe granulométrique bien classée :

$$C_c = \frac{d_{75}}{d_{25}}$$

La courbe granulométrique des sables bien classés ayant un indice inférieur à 2,5 et les sables mal classés supérieur à 3,5. Les sables normalement classés se localisent autour de $C_c = 3$.

d. L'indice de dispersion de Trask S_o

$$S_o = \left(\frac{d_{75}}{d_{25}}\right)^{1/2}$$

Il donnera l'évasement de la courbe granulométrique ; des sables bien classés ; les sables normalement classés $S_o = 3$. ayant un indice de 2.5 et les sables mal classés supérieur à 3.5.

e. L'indice de SKEWNESS

Il traduit le degré de classement de la courbe granulométrique de part et d'autre de son diamètre moyen

Classement des différents sédiments

$$SK = \frac{d_{75} * d_{25}}{d_{50}^2}$$

Les nomenclatures varient avec les auteurs et les pays et nous retiendrons celles dont les limites dimensionnelles principales correspondent à des limites physiques dans le comportement des sédiments et en classant les matériaux dans les trois ensembles correspondant aux rudites, arénites et lutites ou pélites

Chapitre V Matériel Et Méthodes

Rudites $0 > 2$ mm : -blocs $o > 200$ mm -galets $20 < 0 < 200$ mm -graviers $2 < 0 < 20$ mm

- Arénites $0,065 < 0 < 2$ mm :

- Sable très grossier $1 < 0 < 2$ m

- Sable grossier $0,5 < 0 < 1$ mm

- Sable moyen $,25 < 0 < 0,5$ mm

- Sable fin $0,125 < 0 < 0,25$ mm

Ssable très fin $0,064 < 0 < 0,125$ mm

- Lutites ou pélites $0 < 64$ micromètres

- Silts $4 < 0 < 64$ l..Im

- Précolloïdes $0,12 < 0 < 4$ l..Im

- Colloïdes $o < 0,12$ l..Im

Dans cette dernière catégorie des lutites, les limons, les argiles, les vases, les boues et les poudres pourront être constitués de différentes classes granulométriques .

On a admis que :

- Les silts avaient une granulométrie de 100 à 10 micromètres avec des grains restant bien individualisés de quartz, feldspaths ou calcites ,

- Les limons se rencontrent plus particulièrement dans les éléments fins fluviaux et ne comportent pratiquement pas d'éléments inférieurs à 2 microns ,

- Les argiles correspondent à une catégorie minéralogique bien définie et ont une granulométrie inférieure à quelques microns ($0 < 2$ l..Im)

- Les vases se présentent comme un matériau très fin poly-dispersé contenant un pourcentage élevé de pré colloïdes et de colloïdes et des traces plus ou moins importantes de matières organiques. La fraction argileuse est élevée et des silts ou même des sables très fins peuvent se trouver mélangés dans ces matériaux. Les vases se rencontrent plus précisément dans les dépôts maritimes ou estuariens mais cette appellation est fréquemment étendue à tous les éléments très fins rencontrés en nature. [01]

Chapitre V Matériel Et Méthodes

On peut également utiliser des courbes de distribution en particulier quand on utilise méthodes d'analyse discontinues, celles-ci faisant apparaître des classes définies par les diamètres. Ces courbes sont représentées par des histogrammes.

C'est-à-dire par une série de rectangles juxtaposés. Cette méthode fait parfois un peu mieux apparaître les différences que la comparaison de courbes cumulatives[01].

Les résultats de ces paramètres sont représentés dans le **(tableau 6)**

	Carrières	d ₁₀	d ₂₅	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀	d ₇₅	Cu	Cc	SK
1	Hassi Sayah	1,210	0,177	0,193	0,259	0,285	0,337	2,528	1,904	0,230

Tableau 06 : Tableau représentant les paramètres physiques du sable des carrières sélectionnées :

A travers ces résultats nous constatons que :

- le sable analysé a un coefficient d'uniformité à 2,528, ce qui indique que ce sable uniforme – préférentiel
- Le coefficient de classement; le sable sont bien classés voir même très bien classés pour certains, qui présente un coefficient de classement de 5,354 nettement supérieur à 3,5.
- 0.230 la valeur de L'indice d'asymétrie de SKEWNESS ce qui indique que ce sable Arénites.

V- 5 – 5 - La porosité :

La porosité est le rapport entre le volume des pores V_p et le volume total V_t

$$V_t = V_p + V_s$$

D'ou : V_s est le volume du squelette s

olide autrement dit :

$$n = \frac{V_p}{V_t}$$

Chapitre V Matériel Et Méthodes

On peut estimer la valeur de la porosité en fonction de la densité réelle et la densité apparente par la formule :

$$n\% = \left(1 - \frac{P_a}{P_r} \right)$$

P_a : la densité apparente et P_r : la densité réelle.

V- 5 – 6 - La densité réelle P_r :

Elle est déterminée par la masse des grains solides M_s rapportée à leur volume réel V_s :

$$P_r = \frac{M_s}{V_{sr}} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

La masse réelle d'un sol est déterminée par la nature de ses composants solides, et en particulier par leurs masses volumiques respectives ; la masse volumique des éléments constituant la fraction minérale varie selon le type de minéraux présent ; comme il est présenté dans le tableau 07[01].

Tableau 07 : La densité réelle

Type de fraction	La densité réelle (kg/m ³)
Minéraux argileux	2000 à 2650
Quartz ou feldspath	2500 à 2600
Éléments métalliques	4900 à 5300
Fraction organique	1300 à 1400

V- 5 – 7- La densité apparente P_a

Cette grandeur définie par le rapport de la masse des éléments solides au volume total apparent du sol constitue ainsi un critère plus global de différenciation des sols. [32]

$$P_a = \frac{M_s}{V_{sa}} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \quad (11)$$

La masse volumique apparente d'un sol est ainsi inférieure à sa masse volumique réelle, puisque la masse solide est rapportée ici au volume total apparent et non plus

Chapitre V Matériel Et Méthodes

seulement au volume solide. Son ordre de grandeur pour divers types de sols est représenté dans le tableau 08 :

Tableau 08 : la densité apparente [44]

Type de sol	Densité apparente (kg /m ³)
Sols sableux	1400 à 1700
Sols argileux	1000 à 1500
Sols tourbeux	300 à 100

V- 5 – 8 - La perméabilité :

La perméabilité a une influence vitale sur les problèmes de fonctions de fondations et certaines ouvrages de mécanique des sols tels que :

- a- La stabilité des barrages.
- b- La stabilité des excavations ouvertes.
- c- La stabilité des ouvrages en palplanches.
- d- Les caractéristiques de consolidation du sol.
- e- La classification des sols et leur propriété. ,

Le coefficient de perméabilité d'un sol saturé est une caractéristique du sol qui dépend essentiellement de sa granularité, de sa nature, de sa structure, de son indice de vides....

***But de l'essai**

Déterminer au laboratoire le coefficient de perméabilité des sols saturés en utilisant la méthode de perméabilité à charge constante.

***Principe de l'essai**

L'essai de perméabilité à charge constante convient aux sols fins et perméables comme les sables. Cet essai doit satisfaire aux conditions suivantes

- ✓ L'écoulement d'eau à travers l'échantillon de sol est laminaire et permanent, de telle sorte que la vitesse d'écoulement de l'eau reste proportionnelle au gradient hydraulique ;

Chapitre V Matériel Et Méthodes

- ✓ L'échantillon de sol est saturé et ne subit pas de chargement de volume durant l'essai
- ✓ La perte de charge (Δh) demeure constante.

Cette perte de charge provoque un écoulement de l'eau à travers l'échantillon de sol. On mesure le débit d'eau q en reculant un volume d'eau V en temps. t connaissant la longueur de sol de l'échantillon L et la section S à travers laquelle l'eau s'écoule. On peut calculer le coefficient de perméabilité k (équation de darcy)

$$K = \frac{Vol}{S.t} \cdot \frac{l}{H} \left(\frac{cm}{sec} \right)$$

- ✓ Q : débit d'écoulement en cm^3/sec ;
- ✓ V : vitesse d'écoulement en cm/s
- ✓ S : section traversée par d'écoulement en cm^2 ;
- ✓ K : coefficient de perméabilité en cm/sec ;

V- 5 – 8 - Quelque exemple de perméabilité de sol :

Nature du sol	Ordre de grandeur de k en m/s	Degré de perméabilité
Gravier moyens à gros	10^{-3} à 10^{-1}	Très élevé
Petits graviers, sable	10^{-3} à 10^{-5}	Assez élevé
Sable très fin, sable limoneux	10^{-5} à 10^{-7}	Faible
Limon compact, argile silteuse	10^{-7} à 10^{-9}	Très faible
Argile pure	10^{-9} à 10^{-21}	Pratiquement imperméable

V- 5 – 9 - L'essai du bleu de méthylène :

L'objectif de cette d'essai pour classée le sable selon la valeur du bleu de méthylène.

Chapitre V Matériel Et Méthodes

1- Mode opératoire

- Prendre 10 g de sole sec passé au tamis 5 mm.
- Mettre la prise d'essai à tremper dans un bécher avec 100 cm³ d'eau.
- A l'aide de l'agitateur (700 tr/min) disperser la suspension pendant 5 min
- A l'aide du dispositif de dosage introduire 5 cm³ de bleu et agiter

(400 tr/min) pendant 1 min



Photos N° 13 : l'agitateur et Bleu de méthylène

Le test de la tache : A l'aide d'une baguette, déposer une goutte de la suspension sur la papier filtre.



Chapitre V Matériel Et Méthodes

Photos N° 14 : test de la tache

Teste négatif : On dira que le test de la tache est négatif tache déposée sur le papier filtre est sans auréole.

Ce cas, ajouter 5 cm³ de bleu, laisser agiter pendant 1 m et refaire l'essai de la tache (C'est l'opération 5 qui répétée) .Cette opération sera répétée autant de fois qu'il sera nécessaire (Tant que le est de la tache restera négatif)

1-Teste positif : On dira que le test est positif si la tache déposée sur le papier filtre forme une auréole. Dans ce cas, procéder à 5 tests successifs de bleu. Si les 5 tests s'avèrent positif, l'essai est terminé.

2- Si le 2^{ème}, 3^{ème} ou 4^{ème} test de la tacher dévient négatif (La tacher devient sans auréole) , ajouter uniquement 2.5 cm³ et reprendre les tests de la tacher de départ jusque 'à ce que soient positif.

2- Calcul :

La valeur du bleu du sol est (sans unité) :

$$VBS = \frac{V}{m}$$

Avec :

V : Volume du bleu ajouté en cm³.

m : Larasse d'essai.

Surface spécifique total de la prise d'essai est donnée par :

$$SST(m^2 /g) = 20,93XVBS$$

On distingue les valeurs suivantes :

$VBS \leq 0,2$: Sols sableux (sol insensible à l'eau)

$0,2 \leq VBS \leq 2,5$: Sols limoneux (sol peu plastique et sera à l'eau)

$0,5 \leq VBS \leq 6$: Sols limoneux-argileux (sol plastique et sera à l'eau)

$6 \leq VBS \leq 8$: Sols argileux

$VBS > 8$: Sols très argileux

V- 5 – 9 – 1- L'essai du % CaCO₃:

Chapitre V Matériel Et Méthodes

L'objectif de cette d'essai pour calculer pourcentage Carbonates sur sable .

a- Organigramme de Dosage En retour des Carbonates NF P 15-461

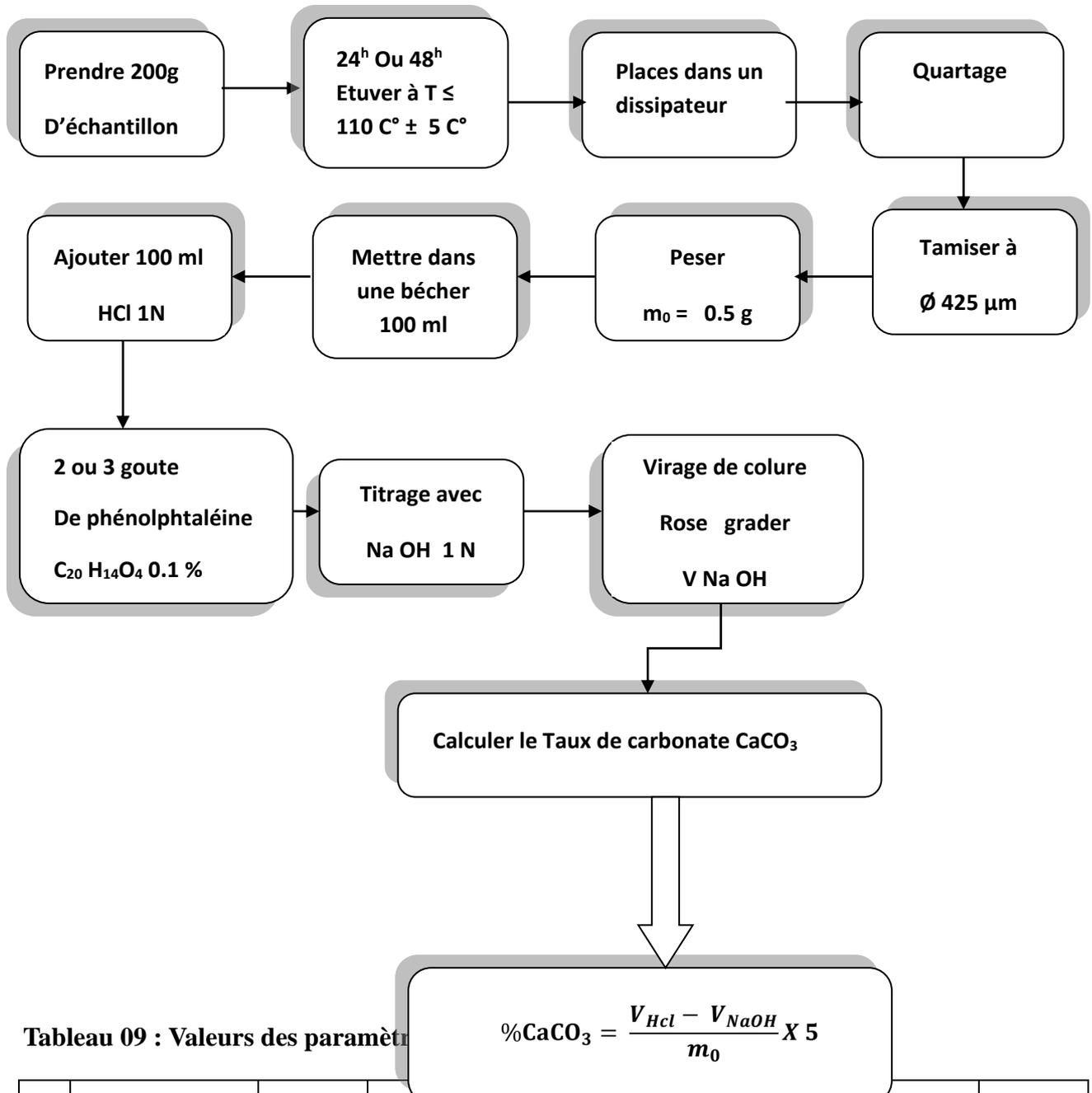


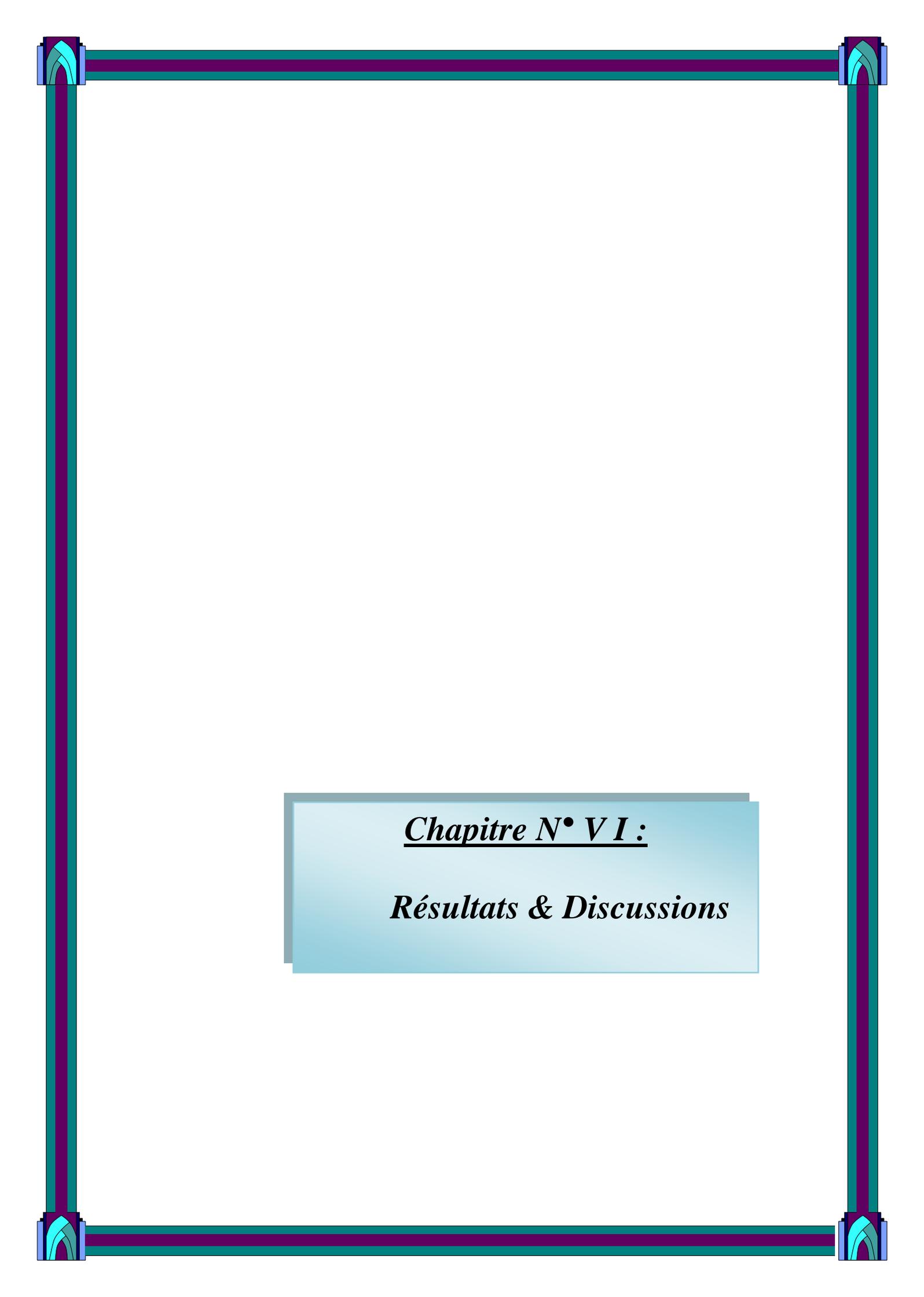
Tableau 09 : Valeurs des paramètres

	Carrières	P_r [Kg/m ³]	P_a [Kg/m ³]	P_{ab} [Kg/m ³]	Π [%]	K [cm/s]	CaCO ₃ [%]	VBS
1	Hassi Sayah	2,60	1,64	2,69	37	2.86×10^{-2}	9	0,5005

V- 5 – 10 - Conclusion

Chapitre V Matériel Et Méthodes

Dans ce chapitre, nous avons pu révéler quelques caractéristiques des sables. Celles-ci peuvent intervenir d'une façon ou d'une autre dans le processus de la filtration. les différences qui existent entre un sable et autre d'une même région malgré leur ressemblance d'un point de vue analyse visuelle.



Chapitre N° VI :

Résultats & Discussions

VI -RESULTATS ET DISCUSSIONS

VI –1 -Résultats des analyses de sol :

Les résultats des analyses physico-chimique du sableen présenté sont donnés dans lestableaux suivante :

	Carrières	P_r [Kg/m ³]	P_a [Kg/m ³]	P_{ab} [Kg/m ³]	n [%]	K [cm/s]	CaCO ₃ [%]	VBS
1	HassiSayah	2,60	1,64	2 ,69	37	2.86 x10 ⁻²	9	0 ,5005

Tableau N°11 :analyses physico-chimique du sable HassiSayah

	Carrières	d ₁₀	d ₂₅	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀	d ₇₅	Cu	Cc	SK
1	HassiSayah	1,210	0,177	0,193	0,259	0,285	0,337	2,528	1,904	0,230

Tableau N°12 :diamètre équivalents du sable HassiSayah

Suite les résultats des caractéristiques de sol, nous constatons que le sable de HassiSayah a été vérifié majoritairement avec des normes.

VI –2 -Résultats des analyses d’eaux :

VI –2-1. La Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Tableau N°13 : Valeurs des mesures de DBO₅ pour sable HassiSayah

	01/03/2019	12/03/2019	22/04/2019	18/05/2019	27/05/2019
E T	119	35	45	28	50
H : 1 m	8	25	36	26	24
H : 0,80 m	6	22	24	20	15
H : 0,60 m	6	10	16	17	9
H : 0,40 m	6	8	12	9	8
E Forg	0	0	0	0	0

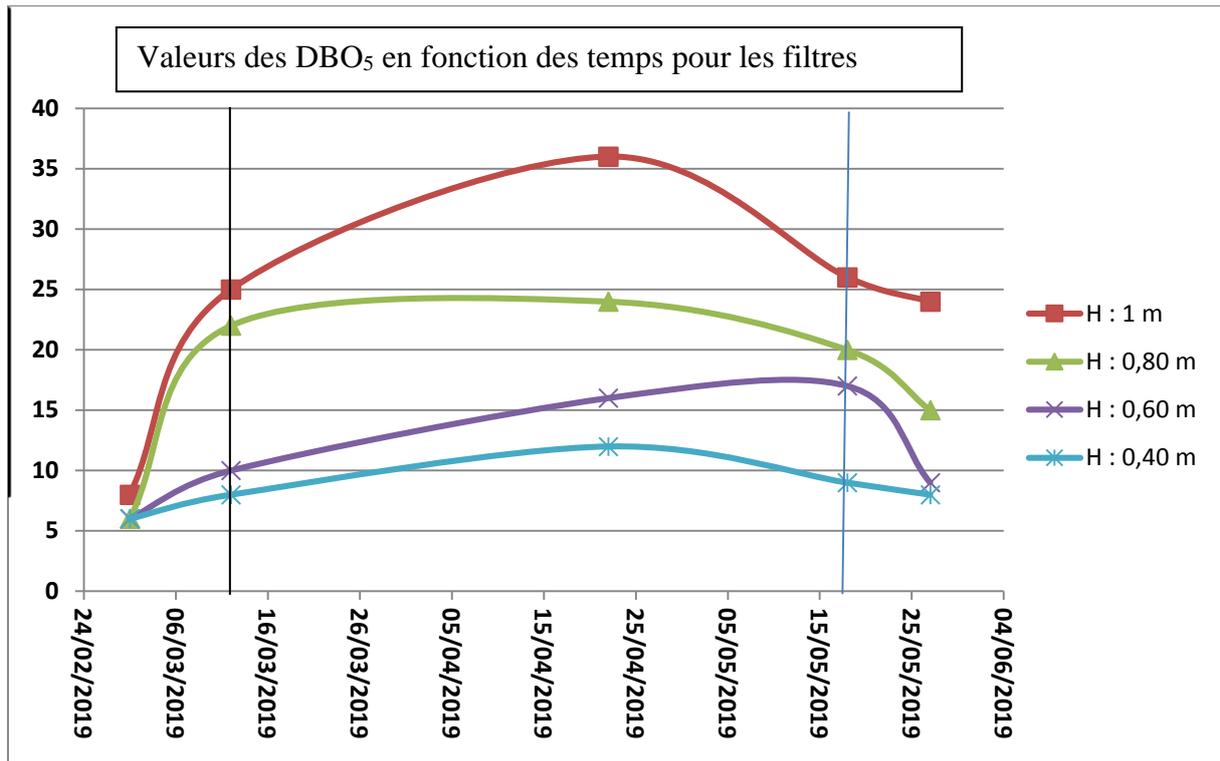


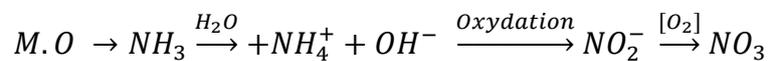
Figure N°21 : Valeurs des Mesures de DBO₅ en fonction de temps pour des filtres 1m et 0.8 et 0.6, 0.4m.,

A partir des résultats des mesures de DBO₅ nous allons dresser les courbes de variation des

Valeurs de DBO₅ en fonction de temps pour quatre types de filtre qui sont représentés par les

Figure N°21, le premier visuel nous remarquons que les quatre courbes prennent le même chemin, est-il en peut diviser à trois zones principales :

1^{er} zone : les courbes d'augmentation jusqu'à valeur max varient entre 6 mg/l à 25 mg/l et une à 12 jours, interprétation de ce phénomène la filtre il bon retenu, et dégradée M.O vers des sels minéraux comme Ammoniac et Nitrate :



2^{ème} zone : tous les courbes pendant 60 jours jusqu'à ce que les porosités des filtres aient été saturées, et le phénomène d'auto-pacification en maximum.

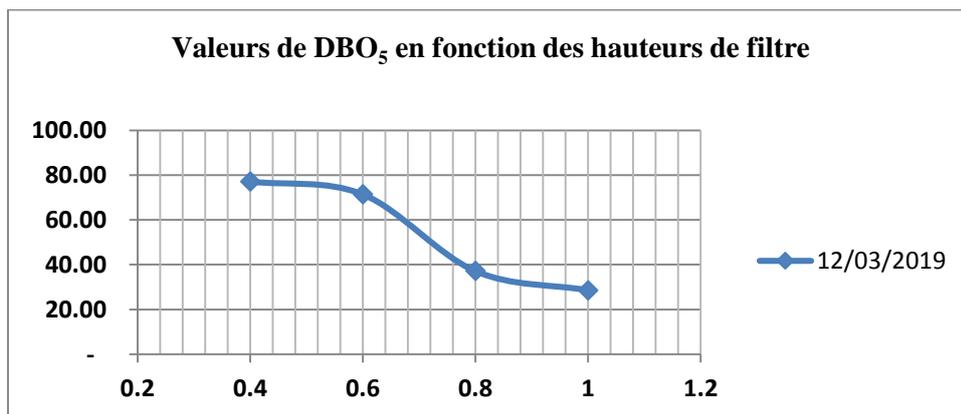
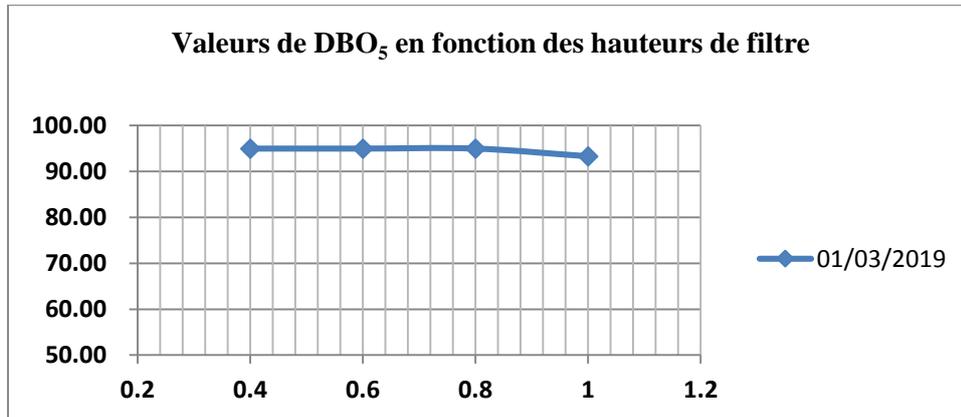
3^{ème} zone : les courbes décroissant à partir de 28 max et 9 min de la valeur

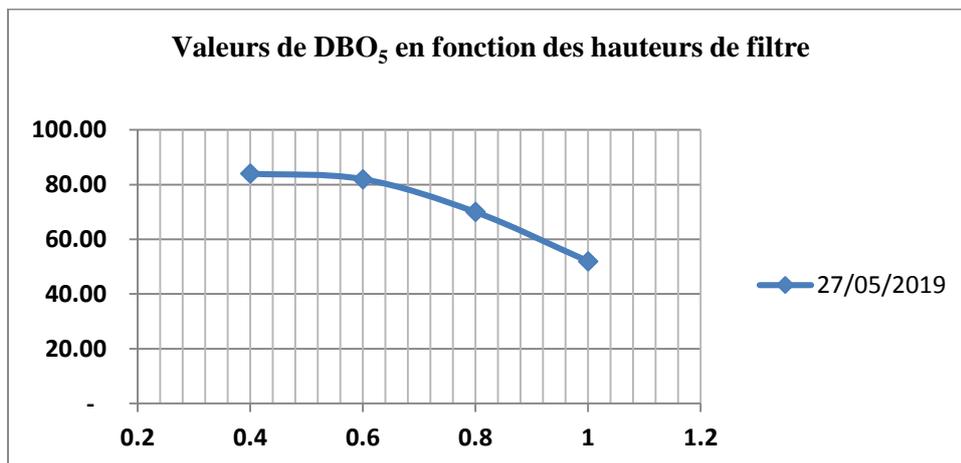
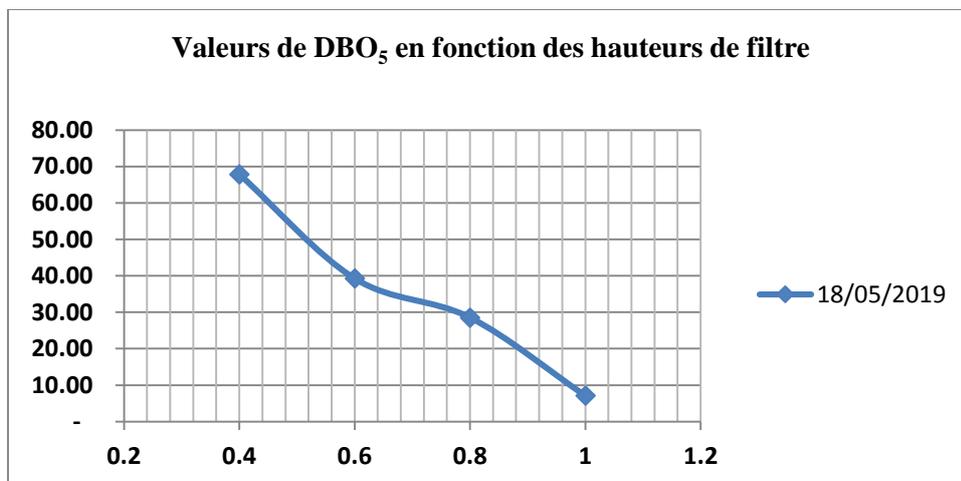
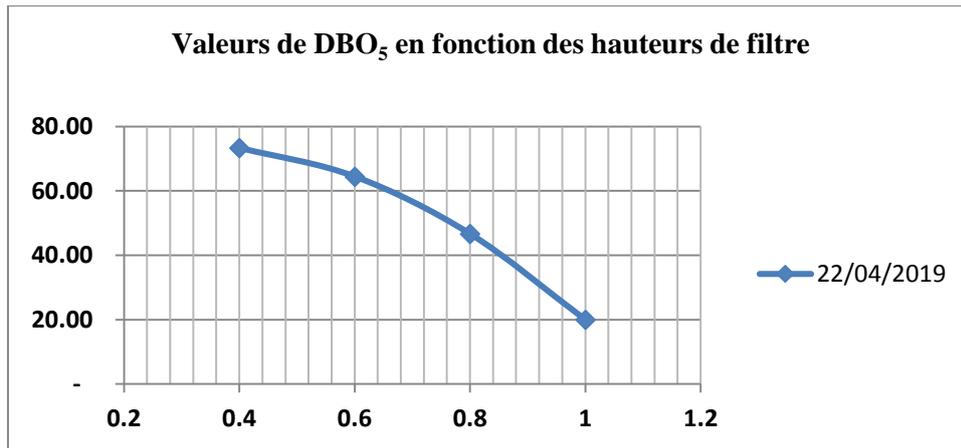
Chapitre VI Résultats et Discussions

La comparions de rendement des filtres pour chaque Prélèvement :

Tableau N°14 : Valeurs des rendements de DBO₅ pour sable Hassisayah

	01/03/2019	12/03/2019	22/04/2019	18/05/2019	27/05/2019
E T	119	35	45	28	50
EF 1 m	93,28	28,57	20,00	7,14	52,00
EF 0,8 m	94,96	37,14	46,67	28,57	70,00
EF 0,6 m	94,96	71,43	64,44	39,29	82,00
EF 0,4 m	94,96	77,14	73,33	67,86	84,00
E Forg	00	00	00	00	00





Figures N°:22 : présenté des courbes de DBO₅ en fonction de la hauteur pour chaque prélèvement

Les Interprétations des résultats des courbes représenter par des **figures N°:22** in situ ont concerné à des valeurs des rendements de DBO₅ pour sables Hassi Sayah à chaque Prélèvement, est ont remarquons qui :

Chapitre VI Résultats et Discussions

- Les nombre de participants de chacun des trois mois n= **30 échantillons**
- Tous les courbes prendre un forme décroissance les valeurs obtenue varient entre 7,14 et 84 mg/l, pour 0.40 m à 1m, pendant de 82 de jours d'alimentateur des filtres.
- Sauf le primaire mesure-le, 01/03/2019 les points de courbe presque la même ligne, les valeurs obtenues varient entre 93.28 et 94.96 mg/l.

VI –2-2. Analyses pH, CE, No₃⁻, No₂⁻

Type d'Eau	pH	CE à 25C° [ms/cm]	No ₃ ⁻ [mg/l]	No ₂ ⁻ [mg/l]
Eau Traité	7,68	5,81	00	00
Eau Forg	8,11	4,02	20,5	Traces
Eau Filtré 1m	7,91	4,55	11,00	00
Eau Filtré 0.80 m	7,66	4,67	17,00	Traces
Eau Filtré 0.60 m	7,73	5,26	10,00	00
Eau Filtré 0.40 m	7,65	5,35	5,5	00
Eau Entré STEP	7,90	17,04	00	00

Tableau N°15 : Analyses pH, CE, No₃⁻, No₂⁻

- les valeurs obtenues varient entre 7,66 et 8.11 de pH, ce à dire la solution basique
- les valeurs obtenues varient entre 5,81 et 48,02 ms/cm pour conductivité électrique (CE) pour les eaux filtrées, 17.04 ms/cm pour eau entré la STEP.
- valeurs obtenue varient entre 10 et 20.5 mg/l de Nitrate pour les eaux filtré, et 00 mg/l pour les eaux traité et entré la STEP.
- valeurs obtenue varient entre 00 mg/l de Nitrite tous les eaux sauf eau forage, eau filtré 0.80 m à des traces.

VI-3 –Analyse de la croissance des Plantes

Tableau 16 : Mesures Hauteur moyenne des plantes - Luzerne

Luzerne	13/03/2019	19/03/2019	23/03/2019	30/03/2019	19/04/2019	23/05/2019
H : 1 m	0	0,5	0,85	4	5	8
H : 0.80 m	0	1	1,75	3,5	5,5	9,5
H : 060 m	0	0	0,75	3	3,5	4,75
H : 0.40 m	0	0	0,75	1	3	5,75
Irrg Eau traité	0	0	1,75	2	4,5	7,25
Irrg Eau Forage	0	0,85	1,25	2	5,75	8,65

Tableau 17 : Mesures Hauteur moyenne des plantes - Mais

Mais	13/03/2019	19/03/2019	23/03/2019	30/03/2019	19/04/2019	23/05/2019
H : 1 m	0	2,25	3,5	4	5,5	35
H : 0.80 m	0	0	0	0	20	28
H : 060 m	0	0	0	0	11	18,5
H : 0.40 m	0	0	0	0	7	11,5
Irrg Eau traité	0	0	0	0	6	9,75
Irrg Eau Forage	0	0.5	0,75	2,5	11	19,5

Tableau 18 : Mesures Hauteur moyenne des plantes - orge

orge	13/03/2019	19/03/2019	23/03/2019	30/03/2019	19/04/2019	23/05/2019
H : 1 m	1	11,5	12	12,25	14	16,5
H : 0.80 m	0	5,5	8,25	9,5	15,5	19
H : 060 m	0	9	10	15,5	19	21,5
H : 0.40 m	0	4	5,75	11,5	14	15,5
Irrg Eau traité	0	7	12,5	11,75	13,5	17,5
Irrg Eau Forage	1	8,5	13	15	19,5	23

Chapitre VI Résultats et Discussions



Photos N° 15 : mesures d'hauteur des plantes

Figure : présente les dates des prélèvements en fonction de la hauteur – Luzerne

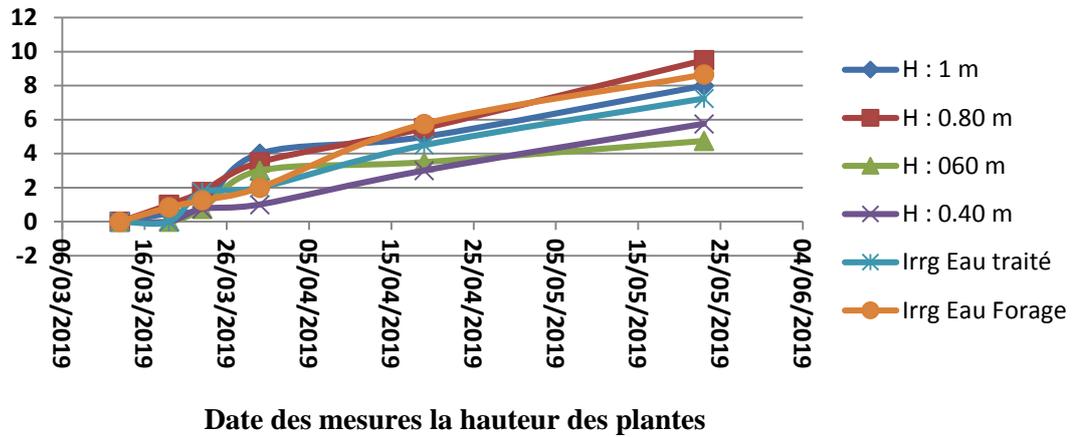


Figure : présente les dates des prélèvements en fonction de l'hauteur – maïse

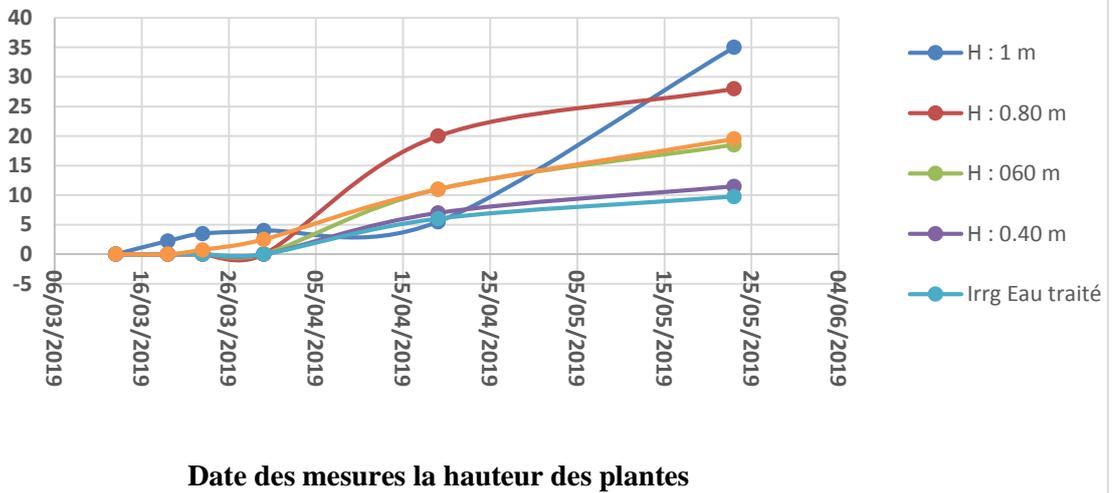
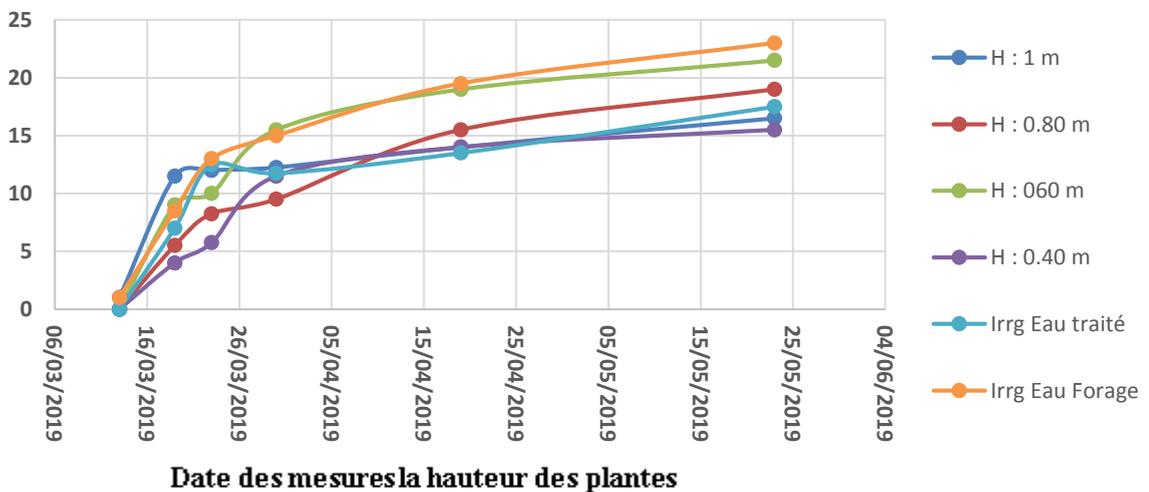


Figure : présente les dates des prélèvements en fonction de l'hauteur – Orge



Chapitre VI Résultats et Discussions

A partie de trois mois d'irriguée des plantes (Date de plantation : 02/03/2019), par des eaux filtré, l'eau forage et par l'eau traité dans STEP de sidi khouiled ont analysée qui :

Luzerne : la croissance de d'hauteur Moyenne de luzerne varie entre 9,5 max pour l'eau filtré H 0,80 et 4,75 cm min pour l'eau filtré H 0,60 pendant 82 jours d'irrigation.

- la primaire vue sur le courbe de luzerne nous remarquons qui tous les courbe augmenté régularité en fonction les temps.
- Dans cette expérience la meilleur L'eau pour irrigation luzerne l'eau filtrée H 0,80 m et l'eau forage

Maïs: la croissance de d'hauteur Moyenne de maïs varie entre 35 max pour l'eau filtré H 1m et 9,75 cm min pour l'eau traité (8-10 feuilles) pendant 82 jours d'irrigation, dans période de fécondation

- la primaire vue sur le courbe de maïs nous remarquons qui tous les courbe augmenté régularité en fonction les temps.
- Dans cette expérience le meilleur l'eau pour irrigation maïs l'eau filtré H 1met l'eau filtrée H 0,80.

Orge : la croissance de d'hauteur Moyenne d'orge varie entre 21,5 max pour l'eau filtrée H 0,60 et 15,5 cm min pour l'eau filtré H 0,40 pendant 82 jours d'irrigation.

- la primaire vue sur le courbe d'orge nous remarquons qui tous les courbe augmenté régularité en fonction les temps.
- Dans cette expérience la meilleur L'eau pour irrigation l'orge l'eau forage.

Conclusion générale :

Dans le domaine de la recherche scientifique il a boucau des problèmes a été trouvée, notre étude nous signalée quel que problème comme suites :

Difficulté de transport pour suivre notre expérimentale (20 km entre STEP Sidi khouiled et la ville).

- Difficulté de conception du dispositif des filtres (Alimentation, distribution ...etc.)
- Difficulté de surveillance de l'alimentation des filtres (24H/24H) et suivre des croisement des plantes contre le changes climatique (les vents de la saison de mois mars).
- Nous changeons le sable des filtres à sable de hassi sayh au lieu sable dune (perte de temps - deux semaines), manque l'expérience

Difficulté trouvée les produits et laboratoires pour fait des analyses chimique des eaux.

Malgré les problèmes a été site au dessue nous touchons majorité des objectifs,

Les analyses granulométrique et physico-chimiques de sable carrière de hassi sayh donnée bon résultats, et nous constatons que le sable ont été vérifiée majorité avec des normes.

Les analyses chimiques des eaux (eau traité par STEP , filtres par des filtres à sable et eau forage) constant que les matériaux return augmente suite l'augmentation de couche de filtre.

Nous remarquons que les hauteurs moyennes de croissance des plantes augmentent en fonction augmentation la hauteur des filtres c'est à dire la qualité de l'eau irrigué joue un rôle de croissance des plantes.

Si nous développons la recherche Et lui a accordé l'attention qu'il mérite pour promouvoir la roue économique dans le développement des énergies renouvelables et tout ce qui concerne l'investissement à long terme.

En fin nous souhaitons que notre travail servira de référence pour des irrigations des plantes fourrages (maïs, luzerne et Orge), par les eaux filtré par filtration sur sable.

Bibliographique

[01] – Modulo-1997 « Mécanique des sols-Théorie et pratique » Québec.

[02] – AMADOU HAMA MAOGA « LA FILTRATION LENT SUR SABLE – ETUDIEE SUR UNE INSTALLATION PILOT » - Lausanne, Octobre 1983

[03]- BRGM « les eaux usées urbaines – réglementation des rejets urbains traitement de finition par géoépuration» - SERVICES SOL ET SOUS – SOL - août 1990 – R 31 588.

[04]- M. BABA AMER ZOHRA « L'ANALYSE DE L'EAU - physico-chimie, et microbiologie » Université de Ghardaïa – 2014

[05]- BEKKARI BADREDDINE « Diagnostic sur les différentes méthodes de conservation des fourrages verts à Ouargla» Mémoire de fin d'Etude en Agronomie Saharienne - Option Production Animale -Année Universitaire 2006/2007

[06]- www.gnis-pedagogie.org

[07]- MEKHLouFI ISMAIL - Mémoire de fin d'Etude en Hydraulique Urbain « VALORISATION DES EAUX USEES EPUREES DANS L'IRRIGATION » Université de Ghardaïa - 2018