

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université de Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de : Génie Civil & Hydraulique
Spécialité : Hydraulique
Option : Hydraulique & techniques des eaux

**CAPACITE EPURATOIRE D'UN SABLE GROSSIER
PLANTE DE ROSEAUX POUR LA FILTRATION DES
EAUX USEES.**

Présenté par
GRIB IMEN

Sous la direction de : Mr. KHEROUF MAZOUZ

juin 2014

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement tous ceux qui nous ont donnés les conseils, le soutien moral, le soutien matériel, et il me s'ont permis la rédaction de ce présent mémoire.

Et la plus grande reconnaissance envers notre encadreur Mr. Kherouf Mazouz.

Et L'élaboration pratique du présent travail à été rendu possible grâce à les professeur Mr.Maoui Amar et Mr. Boutheldja Fatah et mes hautes grâtes pour leurs conseils précieux.

Je tiens à remercier aussi la station d'épuration de Guelma à leur aide.

Sommaire

PRESENTATION ; OBJECTIFS ; DEMARCHE & CONTACTE	01
CH1 : PROBLEMATIQUE DE L'EAU EN ALGERIE	
I Introduction.....	03
1-1 Les caractéristique des usée urbaines	04
1-2 Paramètre de mesure de la pollution de l'eau	06
1-2-1 Les matières en suspension	06
1-2-2 Les métaux	06
1-2-3 Les autres micropolluants organique.....	06
1-2-4 Quantification de l'impacte d'un rejet.....	06
1-2-5 Paramètre de comparaison.....	07
1-3 Extraite du tableau récapitulatif << pollution de l'eau>>	07
1-4 Nocivité et effets de la pollution sur les milieux naturels	07
1-4-1 Quelque notions importantes.....	07
1-4-1-1 Eau usée domestique	08
1-4-1-2 Eau usée industrielle.....	08
1-5 Normes de rejet d'eaux usées à l'égout	08
1-5-1 Normes générales applicables	08
1-5-1-1 Au rejet d'eaux usées domestiques et industrielles.....	08
1-5-1-2 Au rejet d'eaux usées domestiques	08
1-5-1-3 Au rejet d'eaux usées industrielle	08
1-6 Traitement des eaux usées	09
1-6-1 Les eaux de drainage	09
1-7 Les Différents Modes D'épuration Des Eaux Usées	09
1-7-1 Définition de l'épuration	09
1-7-2 Les procédés classiques de traitements des eaux usées	10
1-7-2-1 Le traitement physique	10
1-7-2-2 Le traitement physico-chimique.....	10
1-7-2-3 Le traitement biologique	11
1-7-2-4 Le traitement par microphytes.....	11
CH 2 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE <<FILTRES PLANTES DE ROSEAUX >>	
II Préambule	15
2-1 Quelques applications	15

2-2 Procèdes d'épuration extensifs	15
2-2-1 Les filtres plantés à écoulement horizontal	16
2-2-2 Rôles des macrophytes	17
2-2-3 Dimensionnement des filtres	18
2-2-4 Performances	18
2-2-5 Filières à écoulement en vertical en conditions aérobies	18
2-3 L'infiltration percolation sur sable.....	19
2- 4 Les filtres plantes à écoulement vertical	21
2-5 Le pouvoir épuration des macrophytes	22
2-6 Types de Roseaux	25
2-6-1 Le phragmites communis Trini	26
2-6-2 Le roseau commun ou sagne	29
2-6 -3 Les systèmes hybrides.....	30

CH 3 : ETUDE STATISTIQUE

3-1 Introduction sur la ville de Guelma	32
3-2 Objectifs des statistiques.....	34
3-3 Etude statistique sur l'assainissement urbain de la zone de Guelma	34
3-3-1 Introduction	34
3-3-2 Etude statistique.....	35
3- 4 Résultats de l'étude	35

CH 4:ETUDE EXPRIMENTALE SUR COLONNE

4-1 Introductions	37
4-2 Caractéristiques physiques et hydrauliques des sables testés	37
4-2-1 Origine des sables testes	37
4-2-2 Granulométrie	38
4-2-3 Conductivité hydraulique	40
4-3 Suivre des performances épuratoires sur colonne	42
4-3-1 Protocole expérimental	42
4-3-2 Analyses des eaux usées	43
4-3-3 Résultats et interprétation	49
4-4 Conclusions	54
4-5 Recommandations et perspectives	55

Liste des Figure

N° :	Titre	page
1-1	Schéma l'eau usée	04
2-1	Schéma d'un filtre à écoulement horizontal	17
2-2	Vue aérienne et coupe d'un système l'infiltration percolation avec drainage des eaux infiltrées	20
2-3	Abattement des coliformes fécaux en fonction de la charge hydraulique et de l'épaisseur du massif filtrant de sable	20
2-4	Schéma d'un filtre plantes par roseaux	21
2-5	Schéma d'un filtre à écoulement vertical	22
2-6	Photo phragmites	27
2-7	Filtre à roseaux chez un particulier	28
3-1	Découpage de la ville de Guelma	32
3-2	Pourcentage de raccordement globale et par zone à l'assainissement collectif	36
3-3	Estimation du pourcentage du volume d'eau usée rejetée dans la nature	36
4-1	Granulométrie du sable de Tébessa et présentation du fuseau	37
4-2	Tamiseuse électrique	39
4-3	Colonne de tamis	40
4-4	Perméabilité à charge constante	41
4-5	Schéma de l'installation expérimental	43
4-6	Demande chimique en oxygène (DCO) à l'entre et la sortie de colonne (sable grossier)	50
4-7	Pourcentage d'abattement de la DCO sans roseaux	50
4-8	Demande chimique en oxygène DCO à l'entrée et la sortie de colonne du filtre plante de roseaux	51
4-9	Pourcentage d'abattement de la DCO du sable plante de roseaux	51
4-10	Matière en suspension à l'entre et la sortie de la colonne d'assaie	52
4-11	Pourcentage d'abattement de matière en suspension	52

Liste des tableaux

N° :	Titre	page
1-1	Concentration de polluants dans les eaux usée urbaines	05
1-2	De nombreux cas particuliers sont susceptibles de modifier ces valeurs	07
2-1	Évolution des teneurs en MES (mg/l) dans les eaux usée brutes et à la sortie des bassins de vétiver.	23
2-2	Évolution des teneurs en DCO (mg d'O ₂ /l) dans les eaux usée brutes et à la sortie des bassins de vétiver.	23
2-3	Caractéristique physico-chimiques et parasitologique de l'effluent à traiter	24
2-4	Teneur en éléments minéraux azote, et phosphore au niveau des différents organes de plantes	24
2-5	Taux exporté d'azote et de phosphore par les différents organes de la plante	25
3-1	Communes de wilaya de Guelma	33
4-1	Tamisage par voie sèche du sable en provenance de Tébessa	40
4-2	Essais de perméabilité saturée à charge constante	42
4-3	Résultats de l'analyse des sables plantes de roseaux	53

Liste des abréviations et symboles

(Sauf les abréviations et symboles spécifiques à une équation mathématique qui sont définies directement dans le texte).

C°	Degré Celsius
%	Pourcent
A.E.P	Alimentation Eau potable
M.O	Matière oxydable
EH	Equilibre habitante
CP	Concentration
Fp	flux
cm	Centimètre
Cm/s	Centimètre par seconde
DBO5	Demande biochimique en oxygène après cinq jours
DCO	Demande chimique en oxygène
g/l	Gramme par litre
g/j	Gramme par jour
mg/l	Milligramme par litre
h	heure
Kg/j	Kilogramme par jour
Kystes/l	Kystes par litre
M²	Mètre carre
mm	millimètre
MES	Métier en suspension
µs/cm	Micro siemens par centimètre
µg/l	Micro gramme par litre
œufs/l	Oeufs par litre
SD_t	Solide dissous totale
N_t	Nitrogène totale
P_t	Phosphate totale
Pb	Plombe
Zn	Zinc
Na	Sodium
N-NH₄	Azote ammoniacal exprime en fonction de son contenu en azote

Résumé

Les techniques d'épuration des eaux usées domestiques par des filtres à sable constituent une alternative très intéressante à l'assainissement collectif dans les zones rurales. Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer l'efficacité de cette technique en Algérie par le biais d'une étude expérimentale réalisée au laboratoire dans le but de savoir si on dispose de sables locaux convenables à ce type de procédé. Pour cela, on a fait le suivi des performances épuratoires en fonction du temps sur des colonnes de sable grossier provenant de région de Tébessa. Les sables grossiers ont une grande capacité à ne pas colmater rapidement ce qui permet d'allonger la durée de vie des filtres mais leur taux d'abattement de la pollution est faible à cause de leur granulométrie grossière. On a testé deux colonnes de sable grossier ; une plantée de roseaux (*Phragmites Australis*) et l'autre sans roseaux afin de comparer l'abattement de la pollution dans les deux cas. Les analyses chimiques réalisées sur les eaux usées et filtrées tout le long de la période d'essai (80 jours) ont montrés un taux d'abattement variant entre 25 et 75% pour le sable grossier planté de roseaux et entre 7 et 49% pour le même sable sans roseaux. Ces résultats montrent que le sable grossier seul ne permet pas de dégrader convenablement la pollution présente dans l'eau usée contrairement au même sable lorsqu'il est planté de roseaux. Les roseaux contribuent à l'épuration des eaux usées et permettent d'améliorer les performances des sables grossiers.

Mots clefs: Filtres à sable, épuration, roseaux, performances épuratoires

Abstract

The treatment of domestic wastewater techniques sand filters are a very interesting alternative to public sanitation in rural areas. In this context, the objective of this work is to evaluate the effectiveness of this technique in Algeria through an experimental study in the laboratory in order to know if it has suitable accommodation sands in this type of process. To do this, we followed up on treatment performance over time on columns of coarse sand from Tébessa region. Coarse sands have a great capacity has not clogged quickly thereby extend the lifetime of filters, but their rate of reduction of pollution is low because of their coarse-grained. We tested two columns of coarse sand; a reed bed (*Phragmites Australis*) and the other without reeds to compare the reduction of pollution in both cases. Chemical analyzes of wastewater and filtered throughout the trial period (80 days) have shown a reduction rates ranging between 25 and 75 % for coarse sand planted with reeds and between 7 and 49% the same sand without reeds. These results show that the coarse sand alone does not adequately break down the pollution present in the waste water contrary to sand even when planted with reeds. Reeds contribute to wastewater treatment and can improve the performance of coarse sand.

Keywords: sand filters , purification , reeds, purification performance

ملخص

ان تقنية تصفية مياه الصرف الصحي بالرمل أخذت بعدا علميا وخاصة في المناطق الريفية , في هذا السياق هدفنا هو استخدام هذه التقنية في الجزائر وذلك عن دراسة محققة ومجربة في المختبر وذلك لمعرفة هل يوجد لدينا رمل محلي لانجاز هذه التقنية .

تم احضار عمودان من الرمال الخشنة من منطقة – تبسة – الرمال الخشنة ليس لها القدرة على الحد من التلوث والسبب خشونة حبيباتها .

تم اختبار عمودان من الرمال الخشنة احدهما بالقصب (*Phragmites Australis*) والآخر بدونه ثم قمنا بالمقارنة في كلتا الحالتين التحاليل الكيميائية المحققة على المياه المستعملة في التصفية ولمدة (80 يوما) أثبتت نسبة انخفاض بين 25% و 75% الرمل بالقصب أما نسبة 7% و 49% رمل خشن دون قصب .

النتائج المعطاة أثبتت أن الرمل الخشن وحده غير كافي لتصفية المياه المستعملة وأن القصب يساهم بشكل جيد في التصفية ويحسن أداء الرمل.

الكلمات الرئيسية: مرشحات الرمل، التصفية، القصب، نتائج التصفية.

Le plus grand problème dont souffre le monde est l'évacuation des eaux usées ce qui entraîne des maladies à transmissions hydriques et des épidémies. Ce ci à mener les scientifiques à inventer des méthodes de traitement des eaux afin d'atténuer ces risques de maladies.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de savoir comment utiliser une technique de filtration des eaux usées et d'évaluer son efficacité en Algérie à travers une étude de faisabilité sur la base des expériences de laboratoire. Le but de cette expérience est de prouver que la possession de types de plante de roseaux permet de résoudre ce problème. L'Algérie a fait de grands efforts pour construire des barrages et l'exploitation de l'eau souterraine pour répondre aux besoins croissants dans le domaine des ressources en eau. Mais ces réserves sont menacées plus que jamais contre le risque de contamination causée par les activités humaines. Sept cent millions de mètres cubes est la quantité d'eaux usées traitées annuellement par les 128 usines de traitement des eaux usées en service sur tout le territoire de l'Algérie.

Dans ce contexte, la technique d'épuration des eaux usées par des filtres à roseau apparaît aujourd'hui comme une solution complémentaire très intéressante à l'assainissement collectif dans les zones de faible et moyenne densité de population avec des habitations dispersées. Cette technique connaît actuellement un fort développement dans le monde du fait de leur simplicité, de leur coût financier abordable et de leurs performances épuratoires approuvées.

Les premières installations d'envergure qui témoignent d'une utilisation volontaire d'une zone humide pour l'épuration datent du début du siècle, donc du début de la mise en place de systèmes de traitement des eaux dans les villes.

Les végétaux enracinés émergents sont plantés sur un support rapporté (sable, gravier). La circulation de l'eau est assurée par un apport à la surface du filtre et un drain de collecte en fond de massif ce qui conduit à un écoulement de type vertical. Ce principe est connu au niveau international sous le terme "Max Planck Process "développé par le professeur Seidel. La France et l'Autriche ont été les premiers à conduire des recherches complémentaires à partir des années 1980 (Haberl, 1990).

Cette techniques d'épuration des eaux usées par des filtres à roseau connaissent actuellement un fort développement dans le monde du fait de leur simplicité, de leur coût financier abordable et de leurs performances épuratoires approuvées ,Ces techniques constituent une alternative très intéressante à l'assainissement collectif dans les zones rurales de faible densité de population avec des habitations dispersées où le coût de réalisation d'un réseau public et d'une station d'épuration revient trop cher. En effet, la filtration des eaux usées des régions rurales avant leur rejet dans la nature, va d'une part, limiter la pollution de nos réserves en eau de surface (barrages) et par conséquent garantir notre sécurité en ressources en eau qui est actuellement la préoccupation de nombreux pays, et d'autre part, protéger les eaux souterraines, seul ressource des régions arides et semi-arides, qui se fait de plus en plus rare dans ces régions à cause du réchauffement climatique et du phénomène de désertification. De plus, la pollution des eaux souterraines dans ces régions va accroître le taux des maladies à transmissions hydriques.

Ces pollutions sont principalement de nature :

- physique : température (centrales thermiques) et matières en suspension (industries et eaux pluviales).
- radioactive : centrales nucléaires, hôpitaux.
- organique et oxydable : effluents domestiques, élevages, agro-alimentaire, pâte à papier.
- chimique : fertilisants et pesticides (agriculture, lessives), métaux et métalloïdes (agriculture, mines, combustion...), hydrocarbures et micropolluants organiques de synthèse (industrie pétrolière).
- microbiologique : effluents domestiques, élevages, agro-alimentaire, hôpitaux.

Problématique de l'eau

I- INTRODUCTION

La pollution des ressources d'eau par manque de traitement - absent ou inadéquat des eaux usées domestiques et/ou industrielles est une des causes principales de maladies dans le monde; proche de 3.5 millions de personnes, en majorité des enfants de moins de 5 ans, meurent chaque année, 9000 personnes chaque jour, de maladies comme la diarrhée, le choléra et le typhus - sans compter les dégradations des écosystèmes récepteurs en parallèle à ces nombreux problèmes de santé publique, nous savons que les eaux résiduelles non traitées contribuent aux causes principales de dérèglements écologiques à l'échelle de la planète, mort de mangroves, déclin rapide des récifs coralliens, baisse de production d'oxygène, mortalité de poissons, dégradation écologique générale des rivières et des lacs - sans oublier l'augmentation préoccupante de la contamination des nappes phréatiques souterraines et superficielles, sources naturelles d'eau potable déjà limitées.

Toutefois, la faute n'est pas à imputer à ce que nous appelons "les eaux usées", mais à la façon dont nous gérons certaines de ses éléments. Dans les eaux organiques originaires d'habitations humaines par exemple, la matière fécale et l'urine font parties des rares substances d'extrême importance écologique créées naturellement; leurs richesses et productivités potentielles sont telles que ces matières furent longtemps prisées par les anciennes sociétés. Les excréments en tant que tels (qui lorsqu'ils sont mélangés à de l'eau s'appellent communément "eaux noires") sont très riches nutritive ment: 5-7% de nitrogène et 3-5% de phosphore, l'urine en étant elle aussi fortement pourvue. Ces deux éléments ("matériaux") font partie des nutriments les plus précieux qui soient, appelés également dans le domaine de l'écologie "facteurs limitatifs" dans la croissance des plantes, à cause de leur rareté et valeur irremplaçable (ces nutriments constituent les principaux éléments des engrais artificiels). Favorisant la vie pour les microbes et les plantes, ces matières contribuent de façon importante à la formation d'une terre organiquement riche et productive.

Utilisée durant des siècles comme des engrais puissants, l'urine et la matière fécale sont aujourd'hui encore trop souvent traitées comme une pollution. Pour les évacuer on les mélange à de l'eau (pour la matière fécale il a été estimé qu'il faut 1000 à 2000 litres d'eau pour évacuer 1 tonne d'excréments), gaspillant ainsi non seulement une ressource précieuse mais favorisant aussi la prolifération de pathogènes (organismes créateurs de maladies).

Les eaux résiduelles représentent surtout un problème lorsqu'elles sont libérées en grande quantité ; une petite quantité générée par quelques personnes sur un terrain n'ayant pas de nappe phréatique proche, se décomposera et se biodégradera dans la nature sans occasionner une contamination dangereuse. Toutefois lorsque la population augmente, ces matières normalement riches et porteuses de vie, deviennent nuisibles et provoquent des maladies. La quantité croissante de ces eaux usées excède la capacité naturelle d'absorption du milieu naturel, contaminant les sources souterraines, les rivières, les bordures d'océans, créant ainsi une pollution toxique qui cause une eutrophisation importante des écosystèmes (accumulation de nutriments entraînant une croissance accélérée de la végétation jusqu'à l'étouffement du milieu

ambient), engendrant de graves problèmes écologiques, bien que nous nous concentrons ici principalement sur les eaux organiques, même pour des eaux industrielles, tout doit se faire pour récupérer ces eaux et les utiliser de façon productive, réintroduisant dans le cycle biosphérique naturel de la Terre ses composantes nutritives et favorables à la croissance de la vie.



Figure 1-1 : Schéma l'eau usée

1-1 Les Caractéristiques Des Eaux Usées Urbaines

Les eaux usées urbaines sont en grande partie les eaux distribuées par les systèmes d'approvisionnement en eau potable polluées par les activités anthropiques. Elles comprennent également les eaux de ruissellement, ces dernières étant constituées par l'ensemble des eaux pluviales, les eaux d'arrosage des voies publiques et des parcs de stationnement, les eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours. Les eaux urbaines sont donc constituées par (IBERINSA, 2001) :

- les eaux sanitaires provenant de l'activité humaine et domestique, les restes d'aliments, les déjections, les détergents, les savons et produits de nettoyage etc.
- les eaux associées aux activités du centre de population telles que : centre commerciaux, hôpitaux, écoles, casernes, hôtels, bars, restaurants, Les eaux résiduaires industrielles déversées dans des collecteurs urbains.
- les eaux résiduaires en provenance des centres d'élevage installés au sein des centres de population.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières minérales et des matières organiques, Ces contaminants peuvent être quantifiés par le biais des mesures telles métaux lourds (cuivre, zinc, plomb, cadmium), matières en suspension totales(MEST), solides dissous totaux (SDT), les

composés nitrogènes et phosphatés (N total, P total), les composés ammoniacaux (N-NH₄). (Tardat-Henry, 1984 ; Gray et Becker, 2002).

Selon Lester (1987), les métaux sont présents dans de nombreux produits à usage domestique susceptibles d'être rejetés à l'égout tels que les cosmétiques, les onguents, les produits d'entretien, les médicaments, les peintures. Les eaux de nettoyage et notamment celles des vêtements seraient la principale source de métaux dans les eaux usées domestiques (Grommaire-Mertz, 1998). Ces auteurs donnent des concentrations moyennes métalliques dans les eaux usées strictement domestiques : 3 µg/l de cadmium, 150µg/l de cuivre, 100 µg/l de plomb, 500 µg/l de zinc.

Les eaux noires (eaux des toilettes) sont les principales sources de composés azotés, phosphorés et ammoniacaux dans les eaux usées urbaines.

Les eaux domestiques sont responsables de l'augmentation de la demande en oxygène, 60% pour les eaux de toilettes et 40 % pour les eaux grises (eaux de cuisine, de douche, de lessive) (Eriksson et al, 2002 ; Gray et Becker, 2002 ; Dyer et al. 2003).

Le tableau 1 présente des concentrations moyennes en DCO, DBO5, et en métaux pour les eaux usées de temps sec à l'exutoire des réseaux unitaires.

Paramètres	Concentrations
MES	100 à 500 mg/L
DCO	250 à 1000 mg/L
DBO5	100 à 400 mg/L
Cadmium	1 à 10µg/L
Cuivre	83 à 100 µg/L
Plomb	5 à 78 µg/L
Zinc	100 à 570 µg/L

Tableau 1-1 : Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines (Grommaire-Mertz, 1998)

Il y a peu de temps encore, les rejets produits par les établissements urbains et par la faible industrie existante pouvaient être assimilés par les lits de réception de sorte que grâce au processus d'auto épuration naturelle des eaux et à la dissolution dans les lits de réception, les eaux retrouvaient les caractéristiques suffisamment acceptables pour être réutilisées en peu de temps. Aujourd'hui ils sont souvent si importants que la capacité d'autoépuration du lit ne suffit pas et la détérioration est telle qu'elle empêche la réutilisation postérieure de l'eau.

Les effets des rejets d'eaux usées dans un lit de réception sont nombreux, mais il faut souligner :

- la propagation de maladies transmissibles par voie hydrique (pollution biologique)
- l'action toxique et cancérogénétique (présence de métaux lourds, composés organiques,...).
- l'inutilisation postérieure pour l'homme et de graves problèmes pour la potabilisation.
- la réduction des possibilités postérieures d'utilisation industrielle et agricole.
- la limitation de l'utilisation de l'eau pour les loisirs (activités de baignade), des procédés d'assainissement permettent d'atténuer ces préjudices; particulièrement l'épuration des eaux résiduaires des ménages et de l'industrie avant le rejet dans les milieux récepteurs. Dans les pays

industrialisés, Okun et Ponghis (1976) notent la pratique courante qui consiste à installer en même temps le réseau d'approvisionnement public en eau et les égouts avec un système approprié de traitement et d'évacuation des eaux usées. Cependant dans les collectivités très restreintes, où le financement pose un grave problème, tant dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement, la stratégie adoptée consiste à accorder la priorité à l'AEP et à différer l'aménagement des stations d'épuration. Metcalf et Eddy (1991) soulignent que dans les pays en voie de développement seulement 10 % des effluents liquides générés par ces communautés sont traités. Environ 50% de la population mondiale n'a pas d'accès à un système d'assainissement adéquat et la mise en place de telles structures constitue de nos jours un défi majeur dans la gestion des eaux urbaines et dans la perspective de développement durable (Niemczynowicz, 1999).

1-2 Paramètres De Mesures De La Pollution De L'eau

L'exploitant d'une installation classée doit identifier les points d'entrée et de sortie des eaux qui transitent dans son installation et les quantités mises en jeu. Ce bilan permet de choisir les solutions adéquates de traitement qui lui permettront de faire des économies d'eau et de diminuer (voire supprimer) les rejets dans le milieu naturel.

La pollution de l'eau d'origine industrielle peut prendre plusieurs formes, dont les principales sont :

1-2-1 Les matières en suspension : minérales (rejets de minerais) ou organiques (rejets des industries agroalimentaires, des papeteries, etc.).

1-2-2 Les métaux

1-2-3 Les autres micropolluants organiques : résultant principalement de combustions des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de traitement de surface des polychlorobiphényles (PCB),

1-2-4 Quantification de l'impact d'un rejet :

Mesurer la concentration (C_p) des paramètres ci-dessus permet d'évaluer le caractère nocif du rejet, mais ne suffit pas à rendre compte de la charge polluante effectivement rejetée dans le milieu. Pour cela, il faut calculer le flux (F_p), c'est-à-dire la masse de polluant transférée au milieu récepteur pendant une période donnée, selon la formule suivante :

$$F_p = C_p * q$$

q: débit des eaux rejetées

1-2-5 Paramètres de comparaison

1-2-5-1 Les Matières Oxydables (M.O.) : sont calculées à partir de la DBO5 et de la DCO. La DBO est la quantité d'oxygène consommée pour oxyder les matières organiques biodégradables, la DCO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques dissoutes ou en suspension. C'est le paramètre utilisé par les Agences de l'eau pour le calcul des redevances en matière de rejets aqueux industriels.

$$M.O = \frac{(2 * DBO5 + DCO)}{3}$$

1-3 Extrait Du Tableau Récapitulatif « Pollution De L'eau »

1-3-1 cas général (*)

Substances	Flux maximal autorisé (F)	Valeurs limites de rejet*
Débit	L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe le débit maximal journalier	
Température	Doit être inférieure à 30°	
pH	Doit être compris entre 5,5 et 9,5	
Matières en suspension totales	Si F = 15 kg/j Si F > 15 kg/j	100 mg/l 35 mg/l
DBO5 (sur effluent non décanté)	Si F = 30 kg/j Si F > 30 kg/j	100 mg/l 35 mg/l
DCO (sur effluent non décanté)	Si F = 100 kg/j Si F > 100 kg/j	300 mg/l 125 mg/l
Hydrocarbures totaux	Si F = 100 kg/j	10 mg/l
Plomb et composés (en Pb)	Si F = 5 g/j	0,5 mg/l
...

Tableau 1-2 : * De nombreux cas particuliers sont susceptibles de modifier ces valeurs « cas général ».

1-4 Nocivité Et Effets De La Pollution Sur Les Milieux Naturels

- modifier les caractéristiques par ajout de substances perturbation de l'équilibre biologique du milieu.
- Rendre l'eau impropre à toute utilisation ultérieure.

1-4-1 Quelques notions importantes

Pour comprendre vos obligations réglementaires, il faut savoir que les eaux usées sont partagées en :

1-4-1-1 Eaux usées domestiques

Si elles proviennent uniquement d'installations sanitaires, de cuisines, du nettoyage de bâtiments (habitations, bureaux, commerces, écoles, restaurants, hôtels... c'est à-dire de lieux ne présentant pas de risque particulier), des lessives faites à domicile ou dans une laverie automatique, du lavage de vélos, de car-wash (max. dix véhicules par jour), des eaux de pluie et des usines ou ateliers ou dépôts ou laboratoires occupant moins de sept personnes, sauf si l'autorité qui délivre l'autorisation de rejet estime que les eaux usées présentent trop de risques .

1-4-1-2 Eaux usées industrielles

Dans tous les autres cas.

1-5 Normes De Rejet D'eaux Usées À L'égout

1-5-1 Normes générales applicables

1-5-1-1 au rejet d'eaux usées domestiques et industrielles

Il est interdit dans les égouts publics :

- de jeter ou déverser des objets, des matières ou des déchets solides soumis à broyage mécanique ou des eaux contenant de telles matières d'y laisser couler des liquides pollués ou polluants ou d'y introduire des gaz.

1-5-1-2 au rejet d'eaux usées domestiques

Ces rejets ne peuvent pas contenir :

- des fibres textiles, des emballages plastiques, des déchets ménagers solides organiques ou non. des huiles minérales, des produits inflammables, des solvants volatils d'autres matières extractibles à l'éther de pétrole c'est-à-dire les matières grasses à une teneur supérieure à 0,5 g/l.
- d'autres substances susceptibles de rendre les eaux d'égout toxiques ou dangereuses.

1-5-1-3 au rejet d'eaux usées industrielles

Ces rejets sont autorisés aux conditions suivantes :

- PH : entre 6 et 9,5.
- Température : inférieure ou égale à 45°C.
- matières en suspension ne peuvent ni dépasser 1 cm et 1g/l, ni nuire au fonctionnement des stations de relèvement et d'épuration.

- ne pas contenir de gaz dissous inflammables ou explosifs ou des produits. Susceptibles de révoquer le dégagement de tels gaz.
- ne pas provoquer d'émanation dégradant le milieu.
- matières extractibles à l'éther de pétrole c'est-à-dire les matières grasses : 0,5 g/l.
- ne pas contenir des substances susceptibles de provoquer un danger pour le personnel d'entretien des égouts et des installations d'épuration, une détérioration ou une obstruction des canalisations, une entrave au fonctionnement de la station d'épuration ou des installations de refoulement ou une pollution grave de l'eau de surface réceptrice.

1-6 Traitement Des Eaux Usées

1-6-1 Les eaux de drainage :

C'est l'eau de lessivage récupérer après irrigation grâce à un système de drainage, Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues qui, en abaissent la teneur en oxygène des eaux courantes compromettent la vie des poissons et des autres animaux aquatiques, apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides; en région viticole, apport du sulfates de cuivre (bouillie bordelaise, bouillie bourguignonne), de composés arsenicaux destiné à la protection des vignes (*RICHARD, 1996*).

1-7 Les Différents Modes D'épuration Des Eaux Usées

1-7-1 Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter une pollution par la dépollution et non de produire de l'eau potable, l'opération est assurée par deux procédures distinctes, la première est dite industrielle et la deuxième est naturelle (*ANONYME, 1997*).

L'objectif de l'épuration des rejets est défini par l'objectif de qualité que l'on choisit pour les cours d'eau. Ceux-ci diffèrent actuellement selon les usages de l'eau, définis le plus souvent par des directives internationales.

Elles sont exprimées notamment par des valeurs de paramètres physico-chimiques que ne doivent pas dépasser l'eau du milieu considéré. On parle aussi de normes d'émission.

La base de la politique de protection des eaux est le principe de l'émission. Des taux d'émission unique selon l'état de la technique sont posés comme critères minima pour les rejets d'eaux usées. Cela garantit la meilleure protection de base possible. Pour pouvoir protéger les eaux contre les pollutions résultant de sources diffuses et contre les effets toxiques possibles des pollutions résiduelles après le traitement des eaux usées, on peut appliquer aussi, à titre complémentaire, en cas de besoin, des taux d'émission adaptés au besoin de protection (*ANONYME, 2000*).

1-7-2 Les procédés classiques de traitement des eaux usées

Les stations d'épuration sont des petites usines qui traitent les eaux usées en passant par les étapes suivantes :

1-7-2-1 Le traitement physique

Selon BECHAC et al. (1984) le prétraitement physique est l'ensemble des opérations qui a pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées, et de retirer de l'effluent des matières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. Cette opération passe par les étapes suivantes :

* **Ledégrillage** : Il consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont l'écartement se mesure habituellement en centimètre (BECHAC et al, 1984).

Cette opération préliminaire et indispensable au niveau de toutes les stations, permet de retenir les matières solides contenues dans l'eau usée, les refus de grilles sont généralement éliminés avec les ordures ménagères.

* **La dilacération** : L'opération consiste à broyer assez finement la fraction fermentes cible des résidus de dégrillage afin qu'ils puissent suivre le sort des matières décantables fines.

* **Le dessablage – dégraissage** : Le dessablage permet l'élimination des particules lourdes de tailles importantes (>2mm) par décantation. Le dégraissage permet d'éliminer les particules légères (graisses, huiles etc.) par flottation.

* **Le tamisage** : le tamisage est une opération très générale sur les effluents, industrielles chargés en matières en suspension de forte taille (abattoirs, conserveries de légumes), il permet la récupération des déchets utilisables, évite l'obstruction de canalisations, ou de pompes, limite les risques de dépôts et de fermentation, soulage le traitement biologique ultérieur (BECHAC et al, 1984).

Il est important de mentionner qu'il est exceptionnel que la chaîne des prétraitements comporte l'ensemble de ces opérations, Dans les petites installations la procédure de traitement est réduite au dégrillage et dessablage uniquement et en présence des graisses et des huiles et d'industrie, le dégraissage et tamisage devient complémentaire.

1-7-2-2 Le traitement physico-chimique

Le traitement physicochimique est le seul moyen qui permet les déstabilisations des particules colloïdales à petite dimension (10 - 8 à 10 - 2 mm), il renferme deux opérations principales, la première est le processus de floculation qui consiste à rassembler les colloïdes et la deuxième est la coagulation qui est une déstabilisation à faible charge électrique.

Selon BECHAC et al. (1984), ces deux modes de traitement présentent une efficacité lorsque les paramètres quantitatifs et qualitatifs des eaux usées sont contrôlés, or sur terrain il est difficile de bien assurer un traitement optimal car la détermination des quantités de réactif à injecter vis à vis la variation de débit, concentration, pH,...etc. est complexe. Le choix du produit chimique revient à l'exploitant en fonction de la disponibilité des produits et de leurs coûts.

1-7-2-3 Traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est une technique qui utilise au cours de son processus des organismes vivants. Ces derniers contribuent à la décomposition de la matière organique et l'assimilation de certains éléments toxiques, Parmi les modes de traitement biologique on site :

1-7-2-3-1 Les stations par boues activées

Les stations par boues activées (très riche en micro-organismes ayant besoin d'oxygène pour vivre) reposent sur les principes suivants :

- * l'eau à épurer est mise en contact dans le bassin d'activation avec une culture Bactérienne importante.
- * de l'oxygène est fourni à travers un dispositif d'aération.
- * un brassage de la culture bactérienne est effectué.
- * la séparation de la culture bactérienne (boue) et de l'eau épurée se fait dans un bassin de décantation.

1-7-2-4 Traitement par microphytes

L'épuration des eaux usées par microphytes est une technique, dont laquelle le lit bactérien joue le rôle du système épuratoire. Le principe cette fois-ci est la dégradation anaérobie des composées organiques.

L'épuration des eaux usées par les plantes supérieures ou macrophytes c'est le mode de lagunage, en général, qui vient en troisième position (traitement tertiaire) ; où le végétale intervient par son système racinaire, qui joue un double rôle : l'enrichissement de la rhizosphère en oxygène (stimule l'activité de la microflore aérobiques) et assimile en même temps certains éléments minérales classé toxique et ou indésirable dans le milieu naturelle (YETTOU, 2001).

1-7-2-4-1 Le lagunage

Selon YETTOU (2001), le lagunage est un procédé d'épuration des eaux usées qui consiste en un lent écoulement de l'eau dans un ou plusieurs réservoirs peu profond où Prolifèrent des bactéries et autres organismes vivant au détriment des matières organiques et des sels minéraux contenu dans les eaux.

Il existe plusieurs procédés fondés sur le principe du lagunage, parmi les quelles:

* Lagunage naturel à microphytes (présence d'algues) : C'est une filière de traitement composée le plu souvent de trois bassins en série, aucun procédé artificiel n'est nécessaire à son fonctionnement, lagunage naturel à microphytes d'après le nécessite une superficie de 10 à 15 m² par équivalent habitant.

Le premier bassin (de décantation) et le plus profond, et le volume globale de l'ensemble doit être très important : soit de 60 à 80 fois plus que la quantité d'effluent reçu, ce qui permet une dilution considérable et d'assurer, le cas échéant, de fortes variations de charge à assainir, Dans une formule complémentaire (en milieu tropical notamment) on peut cultiver des macrophytes (roseaux, massettes ou lentilles d'eau par exemple) dans le bassin Terminal afin d'optimiser l'épuration, d'augmenter l'oxygénation et d'éliminer au maximum les matières en suspensions. Les lagunes à macrophytes différent de celles microphytes par une plus faible profondeur d'eau et doivent être collectées régulièrement.

*** Lagunage anaérobie**

Le lagunage anaérobie est un système employé en climat tropicale, car il nécessite une température élevée (supérieure à 25°C) permet le traitement des eaux usées domestiques et agroindustrielles (abattoirs par exemple).

Les caractéristiques en sont :

- * une profondeur d'eau importante facilitant les processus d'anaérobies.
- * une charge en matière organique élevée.
- * la réduction de la DBO5 dépasse 80 % lorsque la température est au dessus de 25°C. Outre la température, les paramètres majeurs ont le pH, qui doit rester voisin de 7, donc la neutralité, et le temps de séjour.

On peut y adjoindre une lagune à macrophytes (jacinthes d'eau, laitues d'eau par exemple), qui, collectées, peuvent servir à la fabrication de compost ou d'aliments pour le bétail (YETTOU, 2001).

*** Lagunage tertiaire ou (bassin de maturation) :** C'est un traitement complémentaire utilisé en aval d'une station d'épuration. Sa conception varie avec l'objectif visé: par exemple l'abattement de germes ou bien la rétention des matières en suspension.

*** Le lagunage à haut rendement :** Selon YETTOU (2001), c'est une filière de traitement où l'épuration y est obtenue grâce à une production algal dans des bassins à très faible profondeur (30 à 50 cm) dans lesquels un courant est créé artificiellement afin d'empêcher la décantation des algues. Le temps de séjours est de 2 à 12 jours et la surface nécessaire est divisée par 5 par rapport au lagunage naturel, Cependant, cette éco-technique exige un rayonnement solaire et une température suffisante, et demande donc de prendre en compte les cycles de saisonniers, d'autre part, la photosynthèse n'ayant lieu que le jour, il convient aussi de compter avec le cycle jour/nuit.

*** Lagunage naturel à macrophytes:** C'est un mode qui utilise des végétaux supérieurs, (roseau, lentille d'eau, iris). Parmi les macrophytes plantés, on peut citer :

- * Les phragmites (roseau) sont très résistants, mais leur croissance et leur densité décroissent avec la profondeur de la lame d'eau :
- * les lentilles d'eau (Lemna minor) qui forment un tapis vert que l'on doit gérer (Extractions régulières) pour éviter toute accumulation qui engendrerait une perturbation grave du milieu. Cette technique présente la caractéristique de nécessiter une surface importante, Voilà pourquoi on lui attribue la propriété "extensive", d'autant qu'on y laisse se produire des phénomènes biologiques complexes qui se développent dans l'eau usée sous l'influence des facteurs bioclimatiques.

Le lagunage est peu coûteux en énergie et permet parfois un taux d'épuration important. Il est particulièrement adapté aux pays en voie de développement, à l'usage, on distingue

- * le lagunage non aéré qui est une technique à la fois aérobie et anaérobie (dit aussi Facultatif ou à macrophytes) et le lagunage aéré qui appartient aux techniques aérobies.

Dans les lagunes dites facultatives sans aération ni brassage artificiels, l'oxygène est principalement fourni par les phénomènes suivants :

- * alimentation en oxygène grâce à des algues par photosynthèse.
- * apport d'oxygène provenant de l'air qui se trouve au-dessus de la surface de l'eau.
- * apport d'oxygène par mélange avec des eaux de surface de bonne qualité, saturées en oxygène.

La condition la plus importante, pour l'épuration des eaux résiduaires dans les lagunes, est que le contenu de ces dernières ne soit à aucun moment en purification.

Les organismes participant aux processus d'épuration, en particulier les bactéries et les algues, sont classés selon leur activité en organismes hétérotrophes et organismes Autotrophes.

Les premiers apparaissent principalement sous forme de bactéries anaérobies ou aérobies. Ils assurent la formation ou, la transformation des substances organiques complexes en molécules simples ou, au maximum, en anhydride carbonique et en eau.

Les seconds se développent sous forme d'algues flottantes ou fixées. Ils forment leur biomasse par fixation d'anhydride carbonique. Ils sont capables d'absorber des substances inorganiques comme l'ammonium, le nitrate, l'ortho-phosphate et de les mettre en valeur. Ils contribuent ainsi à la réduction des engrais.

Performance

L'inconvénient des lagunes réside dans le fait qu'on doit disposer de volumes importants pour la réception des eaux résiduaires à épurer, l'avantage majeur est le coût relativement faible de cette technique (Anonyme, 2000).

Taille

Contrairement aux installations à boues activées et à lits bactériens, l'épuration des eaux usées dans des lagunes est un procédé à grande surface, environ 12 à 15 m² par habitant en eaux usées urbaines. La profondeur des lagunes sera, en fonction du relief du sol, de 0,5 à 1,5 m dans le cas de lagunes facultatives, et de 2,5 à 3 m avec une aération artificielle, les lagunes sont généralement construites sous forme de bassins de terre, pourvus de talus ayant une pente d'un tiers. Si une protection contre l'infiltration dans les eaux souterraines est nécessaire, les fonds et les remblais doivent être colmatés.

Elles sont généralement de forme telle que les zones mortes sont absentes autant que possible (ANONYME, 2001).

Usage

C'est une technique rustique. Le facteur d'insolation et la simplicité de la technique ont considérablement contribué à un recours fréquent et efficace au lagunage dans les latitudes sud. Le lagunage non aéré est utilisé pour diminuer la teneur en substances organiques d'eaux résiduaires brutes. Grâce à l'aération artificielle, on obtient :

- * une meilleure absorption, distribution et utilisation de l'oxygène.
- * une répartition plus régulière des matières polluantes et des micro-organismes sur le volume de la lagune.

* une possibilité de contrôler l'apport d'oxygène et le rendement d'épuration, et une certaine indépendance par rapport aux facteurs naturels non maîtrisables (température, exposition à la lumière, vent et apport d'oxygène par les algues et les plantes aquatiques).

D'après certains auteurs, le lagunage est une technique d'épuration des eaux usées par voie naturelle, elle est adressée aux communes de moins de 2000 habitants qui disposent d'une surface au sol de m²équivalent habitants.

Ce mode de traitement des eaux usées est la résultante de divers paramètres : des critères économiques, écologiques, paysagers, pédagogiques.

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration extensif, consistant à faire séjourner les eaux usées dans plusieurs bassins successifs, de grande taille, peu profondes (moins de 1,50m) et étanches (trois en général, dont le dernier est planté de végétaux).

L'élimination de la pollution organique et, pour partie, des germes infectieux est obtenue par des organismes vivants ; l'oxygénation provient directement des échanges d'air et de la photosynthèse (l'énergie étant fournie par le rayonnement solaire).

Le lagunage peut aussi être utilisé en "finition" en aval d'une station d'épuration, essentiellement pour obtenir un abattement des germes infectieux (dans une zone de baignade par exemple) (ANONYME, 1997).

* **Économie**

Les stations de lagunage coûtent, selon plusieurs sources, environ la trièrè (1/3) moins cher qu'une station classique (lorsque l'imperméabilisation n'est pas nécessaire) mais la rentabilité est surtout visible pour l'entretien : moins coûteux, moins long et ne demandant pas de personnel qualifié.

* **Écologie**

Les bassins de lagunage, où sont présents de nombreux macrophytes, développent tout un écosystème : les végétaux aquatiques servent de support et de nourriture à une faune nombreuse (oiseaux, amphibiens, insectes,...) qui contribuent à accroître la biodiversité du secteur.

* **Paysager**

Les communes rurales sont de plus en plus adeptes de ce type d'assainissement qui s'intègre parfaitement avec le contexte paysager: champs, étang communal,...

* **Pédagogie**

Un bassin de lagunage sert de support à des sujets de pédagogie très diversifiés: L'eau, l'assainissement, la faune et la flore aquatique...

Chapitre 2

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE "LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX"

II - PREAMBULE

Le terme « phytoépuration » n'est utilisé que depuis très peu de temps. Il est en effet le résultat de la diversification des techniques de « marais artificiels », systèmes plantés d'espèces aquatiques pour le traitement des eaux usées. Ces techniques sont communément appelées « *constructed-wetlands* » en anglais.

On doit rendre hommage à la chercheuse allemande Dr. Käthe Seidel pour l'émergence des techniques de marais artificiels dans les années 1950-1960. Avant elle, les experts croyaient que les plantes aquatiques ne pouvaient pas vivre dans les eaux polluées, ainsi la capacité des plantes pour éliminer des substances toxiques dans les eaux usées n'a pas été révélée, à cette époque, les ingénieurs éradiquaient systématiquement les plantes apparues dans les sites de traitement, grâce aux travaux de Dr. Seidel, la capacité d'autoépuration des écosystèmes naturels tels que les zones humides a commencé à être reconnue. Inspirés de ce phénomène naturel, des marais artificiels destinés à l'épuration des eaux usées ont été construits, tout en mettant en avant les processus naturels d'autoépuration. L'idée était alors de ne plus considérer nos rejets comme des déchets à éliminer, mais comme une ressource valorisable pour l'écosystème. Le traitement des eaux usées par *marais artificiels* a commencé à prendre de l'ampleur à partir des travaux du Dr Käthe Seidel dans les années 1950-1960 en Allemagne. Le premier marais artificiel fonctionnel (22,5 ha) a été installé à Othfresen en Allemagne en 1972, d'autres ont suivi en Europe et en Amérique du Nord. Apparue en France dans les années 1980, le traitement des eaux usées par les marais artificiels a vu son développement s'accélérer depuis une quinzaine d'années.

2-1 Quelques Applications

L'application de la phyto-épuration la plus courante est l'épuration des eaux usées issues de différents secteurs d'activités. En France, on trouve plusieurs appellations pour ces techniques telles que « marais artificiels », « filtres plantés » et « lits de roseaux », On utilise ces techniques pour traiter des eaux usées de maisons individuelles, de communes rurales et de petites agglomérations, ainsi que des effluents industriels et agricoles. Plus récemment, on les utilise pour le traitement des drainages de mines acides et des lixiviations de sites d'enfouissement, effluents très chargés et donc très problématiques. Dans ces cas-là, les techniques de phyto-épuration sont utilisées soit comme une des étapes du traitement, soit comme un procédé à part entière.

2-2 Procèdes D'épuration Extensifs

Le principe d'épuration par cultures fixées consiste à faire transiter l'eau à traiter sur des massifs filtrants de gravier, de sable ou de sol au sein desquels se développe la biomasse épuratoire, fixée sur le support minéral.

On connaît actuellement au moins cinq techniques principales d'épuration en cultures fixées sur supports fins, à savoir :

- l'infiltration percolation sur sable ou matériaux spécifiques.
- les filtres plantés à écoulement horizontal.

- les filtres plantés à écoulement vertical.
- les systèmes hybrides qui allient filtres à écoulements verticaux et horizontaux.
- les systèmes d'infiltration utilisant le sol en place.

Les systèmes à infiltration percolation sur matériaux rapportés ou sur sol en place et les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical fonctionnent en mode aérobie, à l'opposé des filtres à écoulement horizontal qui, saturés en eau, présentent des conditions anoxiques voir anaérobies.

Ce travail s'intéresse aux systèmes aérés, principalement des filtres plantés à écoulement vertical et filtres à sable. Néanmoins, la filière des filtres plantés à écoulement horizontal est présentée, étant donné qu'elle est présente sur la station étudiée.

2-2-1 Les filtres plantés à écoulement horizontal :

Cette technique est issue de la reproduction en milieu contrôlé des mécanismes épuratoires des zones humides naturelles (marais).

Dans un filtre à écoulement horizontal (Figure n°2), l'effluent, préalablement décanté, est réparti sur toute la largeur et la hauteur du filtre par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin ; il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal au travers du substrat. La plupart du temps, l'alimentation est en continu. L'évacuation se fait par un drain placé à l'autre extrémité du filtre, au fond et enterré dans un gabion. Ce drain est relié à un siphon permettant de régler la hauteur de l'eau dans le filtre, de façon à ce qu'il soit constamment saturé.

Le niveau d'eau doit être maintenu à environ 5 cm sous la surface du matériau, ce qui permet d'éviter les écoulements préférentiels en surface et d'assurer un flux homogène. En effet, l'eau ne doit pas circuler au-dessus de la surface pour ne pas court-circuiter la chaîne de traitement ; il n'y a donc pas d'eau libre.

Un filtre à écoulement horizontal est donc un filtre biologique artificiel, imperméable vis à vis du sol naturel, dans lequel un support rapporté permet à une végétation de se développer. L'effluent va subir différents mécanismes épuratoires:

- une filtration des MES plus ou moins poussée suivant la granulométrie du milieu.
- une dégradation biologique par la flore bactérienne développée sur le support et les rhizomes.
- des transformations chimiques (adsorption, précipitation) suivant les caractéristiques du support mis en place.

Les plantes les plus couramment utilisées de par leur forte résistance aux facteurs externes (apports d'eau irréguliers, charge polluante importante) sont les roseaux (*Phragmites australis*), mais on rencontre aussi des iris (*Iris spp.*), massettes (*Typha latifolia*), juncs (*Juncus spp.*) et autres végétaux aquatiques. Les macrophytes sont enracinés dans des matériaux minéraux rapportés (graviers le plus souvent) ou plus rarement en place (dès lors que la texture le permet).

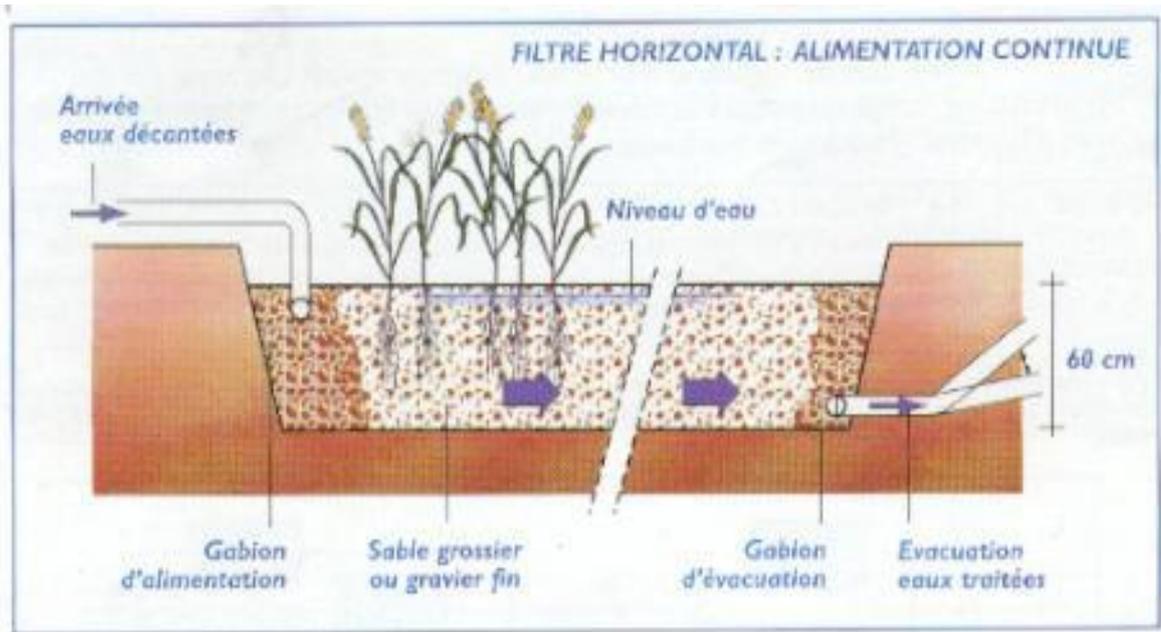


Figure 2-1: Schéma d'un filtre à écoulement horizontal (source : Agence de l'Eau RM&C)

2-2-2 Rôles des macrophytes :

Les macrophytes jouent plusieurs rôles

- par la croissance de leurs racines et de leurs rhizomes ils ouvrent le milieu et créent des voies hydrauliques.
- les racines servent souvent de support au biofilm, elles sont, avec leur environnement immédiat, des zones particulièrement actives pour le métabolisme aérobie alors qu'en s'éloignant, les processus anaérobies dominent.
- les macrophytes ont généralement la faculté de transférer l'oxygène formé par synthèse chlorophyllienne vers les rhizomes, racines et radicules. A ce sujet on peut lire dans la thèse de Molle (2003): « Brix (1997) estime un relargage de $0.02 \text{ g d'O m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ pour des *Phragmites australis* en hiver. Cela laisse penser que l'oxygénation pendant les mois d'hiver où la partie aérienne des roseaux est flétrie, est pratiquement nulle. Lawson (cité par Brix, 1997) calcule pour des *Phragmites*, un relargage de $4,3 \text{ g d'O m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. Ces différences, suivant les auteurs, sont dues aux écarts provenant des techniques de mesures, aux variations liées aux saisons, etc. ». En tout temps, il est admis que l'apport d'oxygène par les macrophytes est négligeable par rapport aux apports par diffusion.
- la couverture foliaire semble être un isolant thermique pour les saisons froides.

Il est communément admis que la consommation de nutriments pour la croissance des végétaux joue un rôle mineur dans le traitement des eaux par filtres plantés. Selon Langergraber (2005), pour une station traitant des eaux domestiques avec une charge moyenne type, le potentiel d'abattement de la charge en azote et phosphore par les macrophytes est d'environ

1,9%. Par contre, selon cet auteur, les potentiels d'absorption de l'azote par les plantes peuvent atteindre plus de 40% pour le traitement des eaux grises ayant de très faibles charges.

2-2-3 Dimensionnement des filtres

Selon Molle (2003), on peut en pratique généralement faire ressortir les dimensionnements suivants :

- avec des concentrations en entrée de DBO_5 comprises entre 150 et 300 mg/l et en prenant une vitesse d'écoulement de 0,001 m/s, on obtient une surface de 5 m^2 par EH en traitement secondaire.
- 1 m^2 par EH en traitement tertiaire.
- 0.5 m^2 par EH pour le traitement des eaux de ruissellement.

2-2-4 performances

Selon Molle (2003), différentes synthèses permettent de faire le point sur les performances attendues par les filtres à écoulement horizontal (Vymazal et al. 1998 et Agence de l'eau, 1999).

Les rejets attendus en traitement secondaire sont de l'ordre de 10 mg.l^{-1} pour les Mes et de 5 à 25 mg.l^{-1} pour la DBO_5 . Pour cette dernière, il est possible d'obtenir des valeurs de l'ordre de 5 mg.l^{-1} en traitement tertiaire. Les performances dépendent, en plus de la granulométrie utilisée, du temps de séjour. Il est souvent observé que la concentration résiduelle des polluants suit un profil qui décroît exponentiellement avec la longueur du filtre. Alors que la nitrification de l'azote est correcte avec des filtres à écoulement vertical, les filtres à écoulement horizontal atteignent difficilement une nitrification de 50 % en raison d'un manque d'oxygène. En revanche l'azote nitrifié est généralement totalement dénitrifié en raison de ce même manque d'oxygène.

2-2-5 Filière à écoulement vertical en conditions aérobies

Pour cette filière qui comprend les systèmes d'infiltration percolation et les filtres plantés à écoulement vertical, les trois mécanismes d'épuration principaux sont les suivants :

- **les mécanismes physiques**: les matières en suspension (MES) grossières sont arrêtées à la surface du massif filtrant et, avec elles, une partie de la pollution organique (DCO particulaire). Les particules plus fines qui pénètrent dans le massif sont retenues par blocage entre les pores, interception et fixation sur les grains, ou encore par interactions chimiques de type Van der Waas (Schmitt, 1998, cité dans Ménure, 2001).
- **les mécanismes biologiques** : le milieu granulaire constitue un réacteur biologique, un support de grande surface spécifique, sur lequel se fixent et se développent les bactéries aérobies responsables de l'oxydation de la pollution dissoute (DCO dissoute, azote organique et ammoniacal).
- **les mécanismes chimiques**: Il s'agit de transformations chimiques (sorption, précipitation) suivant les caractéristiques minérales des supports mis en place.

L'oxydation de la matière organique s'accompagne donc d'un développement bactérien, qui doit être régulé afin d'éviter le colmatage biologique interne du massif filtrant et le décrochage épisodique de la biomasse qui sont inévitables dès que les charges appliquées sont importantes. L'auto régulation de la biomasse est obtenue grâce à la mise en place de périodes de repos par l'utilisation de plusieurs massifs indépendants alimentés en alternance, Pendant les phases de repos (ou de non-alimentation), le développement des bactéries placées en situation de disette est réduit au maximum par prédation, dessiccation, ... Ces phases de repos ne doivent pas être trop longues afin que les processus épuratoires puissent reprendre rapidement dès la nouvelle phase d'alimentation. Le plus fréquemment, les filières "cultures fixées sur support fin à écoulement vertical" sont conçues sur la base de 3 plateaux alimentés chacun pendant 3 à 4 jours consécutifs, alors que les deux autres sont au repos.

Pour un bon fonctionnement, il convient d'alimenter le système par bâchées, afin que toute la surface du filtre soit noyée. Ceci tend à éviter la création de cheminements préférentiels de l'eau et permet une utilisation du massif dans son intégralité. Il faut donc avoir en début de système un réservoir de grande capacité dont la vidange sur les filtres se réalisera à fort débit et volume important par différents moyens (pompes, siphon, ...), l'aération est assurée par une convection d'air du haut vers le bas par le déplacement des lames d'eau, une diffusion de l'oxygène depuis la surface des filtres et les cheminées d'aération vers l'espace poreux et dans une moindre mesure par la production d'oxygène photosynthétique par les plantes si les filtres sont plantés, Suivant la technique utilisée, le massif filtrant est constitué de sable, de graviers ou encore de matériaux spécifiques comme la pouzzolane.

La taille et le coefficient d'uniformité des éléments influencent le risque de colmatage (sable trop fin), le passage trop rapide de l'eau (graviers trop grossiers) ou encore l'aération du système (*Oiseau, 2001*).

L'étude menée par ce travail de master touche à la filière des filtres plantés à écoulement vertical ainsi qu'aux systèmes d'infiltration sur sable. Les différentes filières étudiées sont présentées ici.

2-3 l'infiltration Percolation Sur Sable

Principe

«L'eau usée, ayant subi une décantation préalable pour éliminer la fraction décantable des matières en suspension, est acheminée sur un massif filtrant constitué de sable rapporté, scindé en au moins trois unités par un système de distribution à l'air libre et donc accessible la charge hydraulique moyenne de l'installation, exprimée en hauteur d'eau appliquée aux filtres par jour, est de 0,1 m /j (0,3 m/j sur le filtres en fonctionnement). Le massif filtrant peut être drainé si la récupération de l'effluent est souhaitée pour une évacuation dans un exutoire superficiel. Son usage est néanmoins fréquent pour assurer simultanément l'épuration et la dispersion dans le sol de régions calcaires ou de sables littoraux, par exemple. » (*FNDAE, 1998*)

L'infiltration percolation est une technique d'épuration physique et biologique aérobie avec une filtration relativement lente. Le filtre est alimenté d'une façon syncopee (bâchées). Les réactions d'épuration de l'eau au sein des filtres sont décrites en détail dans les chapitres suivants.

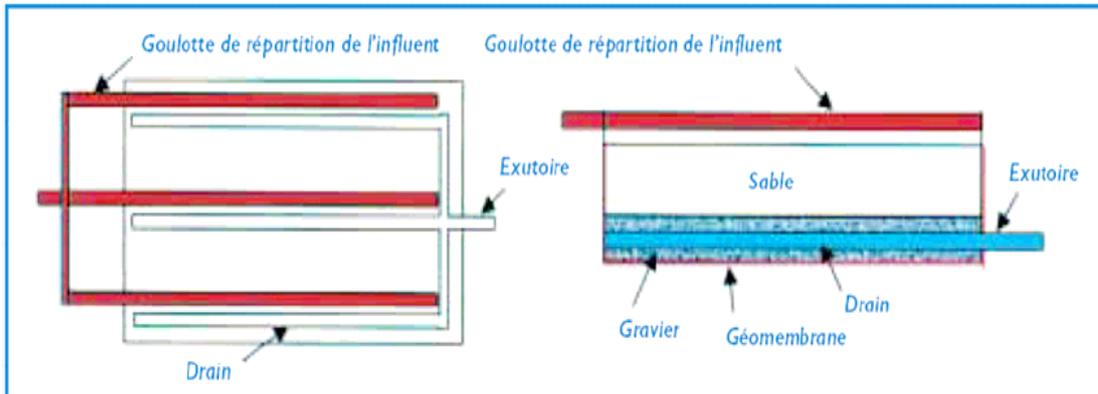


Figure 2- 2: Vue aérienne et coupe d'un système d'infiltration percolation avec drainage des eaux infiltrées (Source: Agence de l'eau, 1993)

Concernant la charge surfacique, il faut compter une surface totale de filtres d'environ $1,5 \text{ m}^2$ par équivalent-habitant (EH) (FNDAE, 1998). L'épaisseur des massifs filtrants varie selon le degré de décontamination souhaité.

Si la décontamination n'est pas souhaitée, une épaisseur de massif filtrant de 80 cm est suffisante. Si l'élimination des germes pathogènes fait partie des objectifs, le niveau de décontamination dépend de la charge hydraulique et de l'épaisseur du massif filtrant.

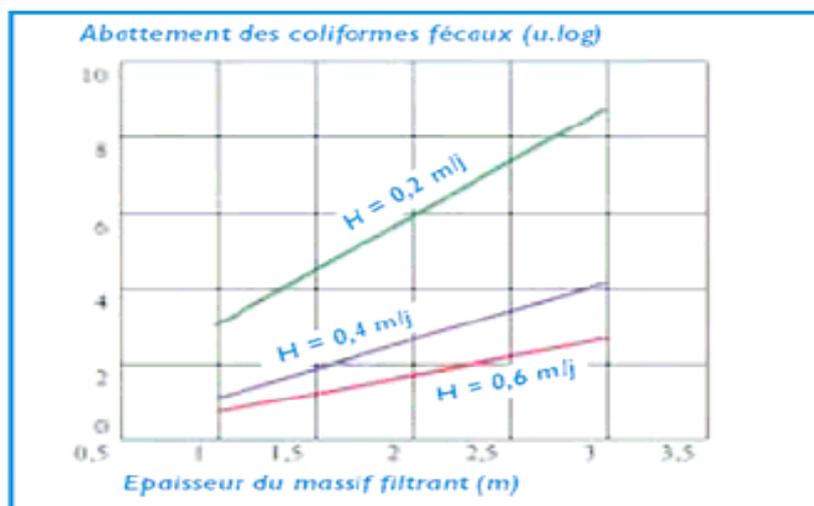


Figure 2- 3 : Abatement des coliformes fécaux en fonction de la charge hydraulique (H en m/j) et de l'épaisseur du massif filtrant de sable (Source: Agence de l'eau, 1993)

2-4 Les Filtres Plantés À Écoulement Vertical

Principes de base et aspects techniques

Les filtres plantés à écoulement vertical sont des bassins remplis de matériaux de différentes granulométries, agencés en couches horizontales. L'effluent réparti par bâchées sur la surface du bassin traverse le massif filtrant en un écoulement vertical pour être récupéré par un système de drainage. La couche inférieure qui contient le drain est faite de gros galets et le filtre composé de gravier ou de sable (suivant l'étage de traitement).

La file eau traditionnelle se compose :

- D'un dégrilleur.
- D'un déversoir d'orage après dégrillage.
- D'un premier ouvrage d'alimentation par bâchées.
- D'un premier étage de filtre planté de roseaux drainé.
- D'un second ouvrage d'alimentation par bâchées.
- D'un second étage de filtre planté de roseaux drainés ou non.
- D'un canal de mesure pour les filtres drainés.

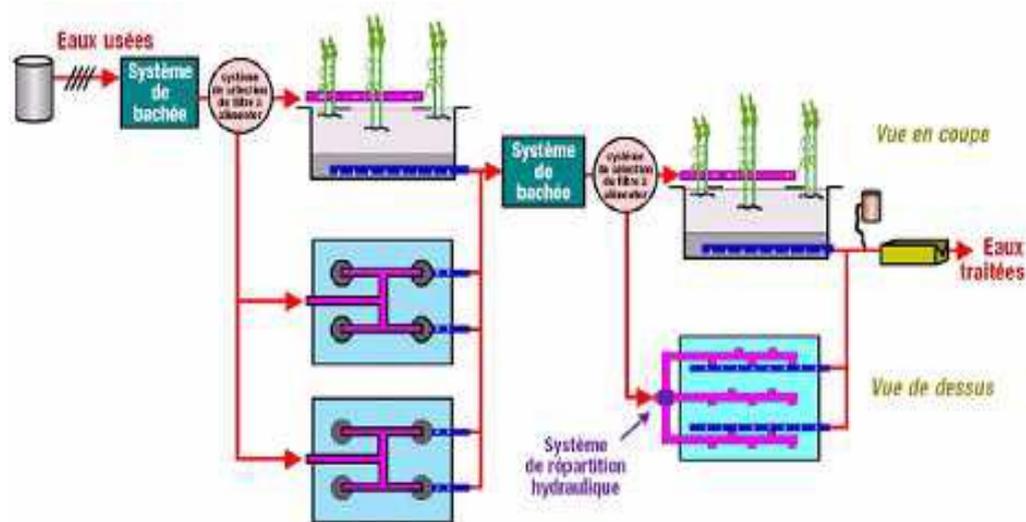


Figure 2-4: Schéma d'un filtre plantes par roseaux

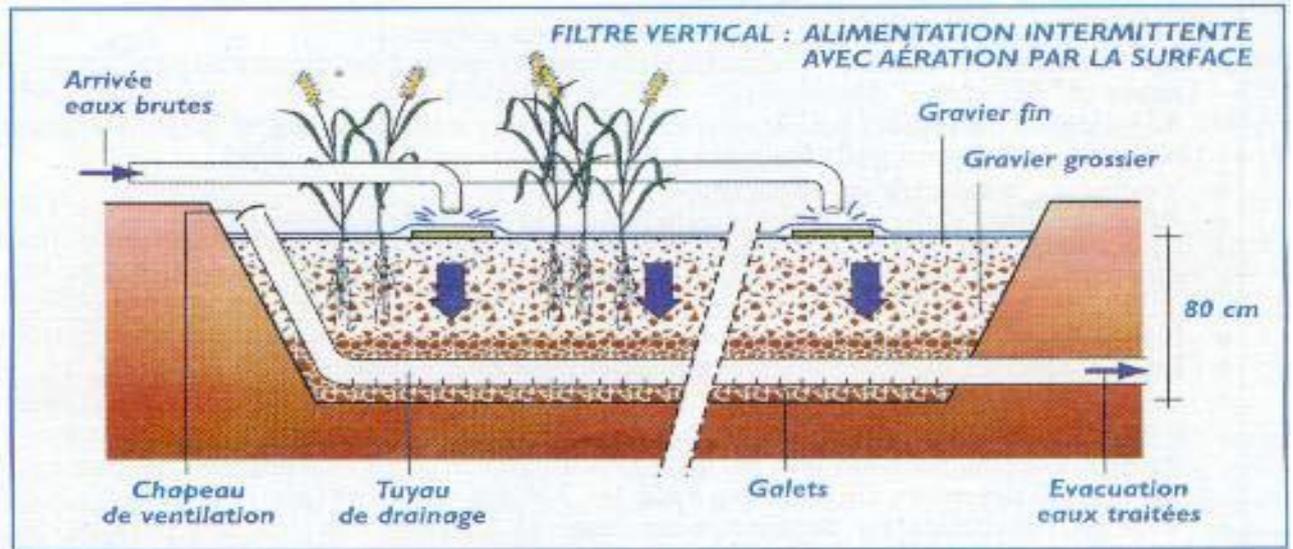


Figure 2-5 : Schéma d'un filtre à écoulement vertical (source : Agence de l'Eau RM&C)

L'opposé des filtres horizontaux et des systèmes d'infiltration percolation, les filtres verticaux reçoivent des eaux usées brutées. Les MES vont engendrer une couche de boue en surface du filtre qui permettra une infiltration moins rapide et ainsi une meilleure répartition de l'effluent sur toute la surface. Les tiges de roseaux percent la couche de dépôts, permettant ainsi l'écoulement, et créent simultanément des conditions (encore mal définies) propices à la minéralisation de la fraction organique des dépôts, atténuant ainsi leur accumulation (Molle, 2003). L'aération du massif qui permet la conservation des qualités aérobies des massifs est discutée en détail ultérieurement.

2-5 Le Pouvoir Epuratoire Des Macrophytes

Selon LAIFA (1998), la capacité de certaines plantes à accumuler des métaux lourds dans leurs tissus a suggéré aux scientifiques l'utilisation de ces plantes dans le début d'épurer les eaux résiduaires chargées en métaux lourds ; de plus l'utilisation d'essais-plantes comme pièges pour les oligoéléments, permet d'évaluer certaines pollutions et même de les éliminer.

Le traitement par macrophytes faisait un sujet d'étude pour pas mal d'expériences à travers le monde entier en utilisant des espèces différentes et des dispositifs variés.

Au Sénégal MOREL et KANE (1998) menaient une expérience durant 2 ans (1993-1995) consacré à l'épuration des eaux usées domestiques par l'intermédiaire des macrophytes. Le traitement était expérimenté dans un système de lagunage avec la Laitue d'eau (*Pistiastratiotes*), suivie de 3 systèmes d'épuration tertiaire en parallèle.

Une partie du travail de recherche portait sur la possibilité de valoriser la biomasse produite et la fabrication de composts en associant les *Pistiastratiotes* à d'autres déchets.

Les résultats étaient très encourageants, les diminutions de la DCO et de la DBO5 sont très élevées et même plus importants que ceux obtenus avec une station d'épuration mécanisée à boues activées. La diminution des matières en suspension est de 90 à 95 % pour l'épuration secondaire et totale après le filtre biologique à sable de basalte.

La désodorisation est totale après ces deux filières. Le traitement tertiaire par lagunage avec *Lemna paucicaustata* n'améliore pas non plus la diminution des particules en suspension et de plus fait conserver à l'eau une légère odeur caractéristique des eaux usées.

Le système vétiver (*Vetiveria zizanioides*), testé dans une expérience au Sénégal, comporte trois bassins de 1 m² chacun dont le premier est un bassin d'eau libre et le deuxième et troisième bassin sont plantés de *Vetiveria zizanioides*. Les résultats montrent que cette plante possède des potentialités importantes en matière d'épuration des eaux usées domestiques. Cependant, les rendements d'épuration restent améliorables, particulièrement pour ce qui concerne la désinfection.

L'élimination des MES par le système vétiver testé est considérable. Dès la sortie du premier bassin de vétiver, les MES sont retenues à taux de 76 à 81%. Ce taux passe à 87 à 94% à la sortie du second bassin de vétiver.

Les eaux recueillies à la sortie du second bassin de vétiver renferment pour l'essentiel une DCO inférieure à 100 mg/l. Cela correspond à des rendements qui varient entre 90 et 92%. Les principaux résultats des expériences, sur le système Vétiver, effectuées durant le premier semestre de l'an 2002 sont illustrés dans les tableaux suivants :

		janvier	février	Mars	avril	mai	juin
1 ^{er} Compagne D'analyses	Eau brute	659	612	815	705	519	723
	Sortie vétiver 01	128	145	192	168	108	135
	Sortie vétiver 02	65	59	65	48	67	50
2 ^{er} Compagne D'analyses	Eau brute	728	653	532	834	545	687
	Sortie vétiver 01	174	156	105	203	112	134
	Sortie vétiver 02	72	64	57	52	69	55

Tableau 2-1: Évolution des teneurs en MES (mg/l) dans les eaux brutes et à la sortie des bassins de Vétiver. (ANONYME, 2003).

		janvier	février	Mars	avril	mai	juin
1 ^{er} Compagne D'analyses	Eau brute	1075	956	1123	994	897	975
	Sortie vétiver 01	235	228	297	215	206	257
	Sortie vétiver 02	110	89	90	88	82	94
2 ^{er} Compagne D'analyses	Eau brute	1230	992	865	1010	920	988
	Sortie vétiver 01	289	235	242	288	230	207
	Sortie vétiver 02	98	96	75	102	87	89

Tableau 2- 2 : Évolution des teneurs en DCO (mg d'O₂/l) dans les eaux brutes et à la sortie des bassins de Vétiver. (ANONYME, 2003).

En 1999 ABISSY et MANDI montaient une expérience dans la ville de Marrakech(Maroc) pour le traitement des eaux usées par plantes enraciné (le roseau). Le dispositif est composé de quatre bacs de 115 L de volume rempli sur une épaisseur de 5 cm de gravier et de 30 cm de sol, dont deux sont plantés de jeunes tiges de roseau densité de 35 tiges/m² et les deux autres bacs non plantés sont pris comme témoins.

Les résultats de cette expérience qui s'est déroulé dans un climat aride, montrent que le roseau a un pouvoir épuratoire très important, le rendement pour la DCO était de 72 % et la MES de 91% dans les bacs plantés en roseau, les deux autres non plantés ont présenté des rendements acceptables mais inférieurs de 3 à 7% par rapport aux premiers, Sur le plan compositions chimiques des eaux traitées les chercheurs ont constaté que dans le lit planté la diminution est de 68%, 48%, 52% et 39% respectivement pour le NTK, le NH₄, le PT et le PO₄. Pour le sol non planté les diminutions sont plus faibles NTK : 51%, NH₄ : 3%, PT : 12% et le PO₄ : -8%.

paramètres	Valeur moyenne sur toute la période d'étude (Aout 1994- septembre 1996)	unité
PH	6,87 ± 0,27	-
CE	1150,46 ± 252,65	µs /cm
MES	325,11 ± 123,22	Mg/l
DCO totale	1149,21 ± 612,45	Mg O ₂ /l
DCO dissoute	518,99 ± 309,24	Mg O ₂ /l
DCO particulaire	630,21 ± 377,14	Mg O ₂ /l
PT	10,93 ± 2,97	Mg/l
P-PO ₃₋₄	7,28 ± 2,09	Mg/l
NTK	56,65 ± 15,92	Mg/l
N-NH ₄	8,56 ± 6,55	Mg/l
N-NO ₃ ⁻	0,019 ± 0,021	Mg/l
Œufs d'helminthes	2 ± 3	Œufs / l
Kystes de protozoaires	569 ± 435	Kystes / l

Tableau 2- 3 : caractéristique physico-chimiques et parasitologique de l'effluent à traiter (ABISSY et MANDI, 1999).

Poids sec %	Roseau irrigué par eaux usées				Roseau irrigué par eaux douces			
	tige	Feuille	Racine	Rhizome	tige	Feuille	Racine	Rhizome
N	0,832	2,299	1,084	1,938	0,308	1,414	0,490	0,602
P	0,040	0,109	0,070	0,136	0,037	0,072	0,025	0,103

Tableau 2- 4 : teneur en éléments minéraux, azote et phosphore, au niveau des différents organes de plante (ABISSY et MANDI, 1999).

Minéralomasse (Kg /ha)	phosphore	Azote
Tige	23,52	553,44
Feuille	17,99	432,03
Rcine	13,25	253,73
Rhizome	92,09	1313,67
TOTALE	146,88	2552,87

Tableau 2-5: Taux exporté d'azote et de phosphore par les différents organes de la plante (phragmites communis) (ABISSY et MANDI, 1999).

A travers la recherche bibliographique, on a constaté qu'il y'a plusieurs techniques de traitement des eaux usées et l'utilisation de l'une ou de l'autre est en fonction des conditions in situ. Pour le traitement biologique, les travaux réalisés jusqu'à présent jugent son utilité et son efficacité plus ou moins par rapport aux traitements physico-chimiques et à partir des travaux cités au-dessus et d'autres réalisés en Europe et aux États unies, on a inspiré pour notre travail sur le traitement des eaux usées un modèle proche de celui utilisé à Marrakech. Le choix est justifié par les conditions climatiques (climat aride)

2-6 Type De Roseau

Le roseau (*Arundo*, Lin., du celtique *aru*, eau, aquatique) est un genre de plantes de l'ordre des Graminales, type de la famille des Arundinacées.

Caractérisé surtout ainsi: épillets pédicellés 2-5 fleurs hermaphrodites, la supérieure rudimentaire; glumes aiguës carénées, presque égales, membraneuses; glumelle inférieure munie d'une très courte arête et de longs poils soyeux, la supérieure bicarénée; 3 étamines. Les Roseaux tels qu'ils sont circonscrits aujourd'hui sont de grandes plantes herbacées, quelque fois frutescentes, à feuilles planes et à panicule diffuse très rameuse. Ils habitent les régions tempérées et chaudes.

Le Roseau. à quenouille (*A. Donax*, Lin., *Donax arundinaceus*, P. Beauv.) a le rhizôme rampant. Sa tige est creuse, ligneuse, dressée haute quelquefois de plus de 5 mètres. Feuilles fermes, lancéolées, acuminées, d'un vert glauque; panicules qui atteignent souvent une longueur de 0,50 m, plus ou moins rougeâtres. Cette belle espèce croît en abondance dans toute la région méditerranéenne.

On la trouve sur les côtes de France et elle porte les noms vulgaires de Canne de Provence, grand Roseau, Roseau des jardins. Non seulement elle est précieuse pour consolider les terres, mais ses tiges.

S'emploient à une foule d'usages on en fait des tuteurs, des échelas, des claies et des palissages, des quenouilles à filer, des lignes à pêcher, etc.

Elle est surtout précieuse pour la confection des anches de clarinette, de hautbois, de basson. Enfin on' en fait aussi d'autres objets, tels que peignes, étuis, navettes, chalumeaux.

Les feuilles constituent un bon fourrage pour le bétail. La racine possède une saveur douce et sucrée et contient une certaine quantité de sucre. Les jeunes pousses sont bonnes à manger. On cultive dans les jardins d'agrément une variété d'*Arundo donax* à feuilles panachées. Dans l'ancienne botanique, le mot Roseau s'appliquait à plusieurs plantes différentes avec les tiges desquelles les bergers se confectionnaient des pipeaux, des chalumeaux, des flûtes de Pan à 7 tuyaux. C'est avec les Roseaux qu'a commencé l'enfance des instruments de musique à vent.

On a confondu longtemps parmi les Roseaux des espèces de *calamagrostis*, bambou, *nastus*, *gynerium*, *seccharum*, *phragmites*. Ce dernier a été établi par Trinius pour une espèce qui croît aux environs de Paris, et que Linné nommait *Arundo phragmites*. C'est une plante vivace qui ne dépasse guère 2 mètres de hauteur, et qui se distingue principalement de l'*Arundo donax* par des épillets à 3-6 fleurs, dont la plus basse est mâle, les glumes inégales et plus courtes que les fleurs et la glume inférieure très longue. Cette espèce (*Phragmites communis*, Trin.) croît non seulement en Europe, mais s'étend jusqu'en Amérique et en Australie. Ses feuilles, coupées de bonne heure, sont une bonne nourriture pour le bétail. Dans certains endroits de l'Allemagne on recouvre les habitations des campagnes. Ses racines sont regardées comme dépuratives. Les tiges servent à confectionner des nattes, des bobèches pour le coton, des peignes de tisserand. La panicule donne une substance qui teint la laine en vert.

2- 6-1 Le *Phragmites communis* Trinius

Les macrophytes utilisables en phytoépuration se ramènent à deux types : Principaux : ceux qui sont enracinés au fond de l'eau (*phragmite* ou *roseau* ; *typha* ou *massette* ...), et ceux qui flottent, leurs racines plongeant librement dans l'eau (*Jacinthes* ; plantes de la famille des *lémnacées* comme les *lentilles d'eau* : *lerna* ; *spirodela* ; *wolfia*, ...

Le choix des végétaux à planter comporte cinq critères importants : adaptation aux conditions climatiques locales, durée du cycle de végétation, vitesse de croissance, facilité d'exportation, de la biomasse produite, et, directement liée aux critères précédents, efficacité de l'épuration.

2-6-1-1 Taxonomie

Embranchement : Angiosperme

Classe : Monocotylédone

Ordre : Glumales

Famille : Poaceae

Genre : *Phragmites*

Espèce : *Phragmites communis* Trinius (OZENDA, 1983)

Noms communs dans d'autres pays : DE : Schilf ; ES : carrizo ; FR : roseau commun ; IT : cannuccia di palude ; PT : caniço ; EN : common reed ; NL : riet ;

Type biologique : Vivace (LONCHAMP, 2000).

2-6-1-2 Les organes végétatifs (tige, feuille et racines)

a/ Pousses végétatives

- Pousses issues de forts rhizomes ou de longs stolons rampants à la surface du sol.
 - Les nouvelles feuilles apparaissent enroulées sur elles-mêmes.
- Oreillettes absentes.
- Ligule composée de différents types de poils dont la longueur varie de 2 à 10 mm (près de la ligule, d'autres poils peuvent prendre naissance sur les rebords du collet).
 - Feuilles rigides à bord rude, effilées vers le sommet et finement pubescentes.
- Gaines à bordure souvent pourpre où on trouve aussi des poils.

b/ Plante adulte

Grande plante formant des colonies denses dans les milieux humides (fréquente dans les fossés le long des autoroutes).

Tige dressée, très forte et non ramifiée, 1,5 à 2,5 m de hauteur. Feuilles longues et planes.

L'inflorescence est une grande panicule (20 à 30 cm de longueur) plumeuse (des touffes de poils fins garnissent les épillets) comportant de nombreux rameaux.

Les panicules sont jaunes verdâtre ou plus généralement rouge plus ou moins foncé à brunâtres; elles persistent tout l'hiver sur les tiges dénudées.

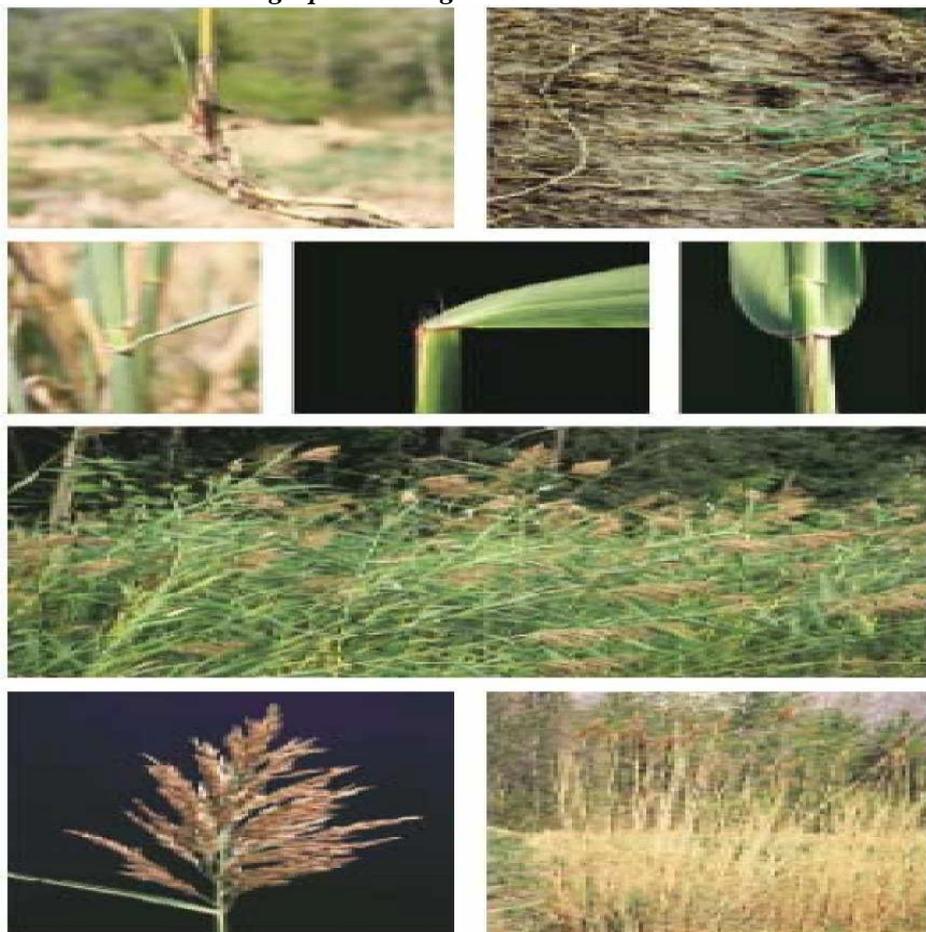


Figure 2-6 : photo phragmites



Figure 2- 7 : Filtre à roseaux chez un particulier

Photographie :PhragmitescommunisTrinius



2-6-2 Le Roseau commun ou Sagne (*Phragmites australis*) : est une espèce de plante vivace de la famille des *Poaceae*, sous-famille des *Arundinoideae*.

Elle est présente naturellement ou introduite en Asie, en Europe, en Amérique, en Afrique et en Australie. Elle a une tendance à devenir envahissante.

Dans la province de Québec, au Canada, cette plante exotique est très présente dans les ruisseaux aux abords des routes et elle a envahi de telle sorte que les quenouilles (*Typha*) ont perdu leur domination dans ces ruisseaux, tout autour de Montréal du moins.

Cette graminée a de longues tiges fines ornées d'un plumeau argenté et peut mesurer jusqu'à 3 m de haut. En colonie, elle constitue une roselière, végétation rencontrée généralement dans les zones humides, sur des sols gorgés d'eau et peu oxygénés.

C'est une plante aquatique qui doit avoir sa racine dans l'eau. Elle pousse sur un sol argileux ou tourbeux. Sa numération chromosomique est $2n=36, 48, 54, 96$. Les roseaux étaient utilisés localement, dans les toitures des maisons et pour fournir de la litière aux animaux. Ils constituent un abri de choix pour les passereaux et les petits mammifères. Les patronymes, Sagnes, Sagnier, etc. sont liés aux anciens métiers d'exploitation de ces roseaux. Ils sont aussi largement utilisés dans les stations d'épurations à filtre planté de roseaux (phytoépuration).

2-6-2-1 Taxonomie

La sous-espèce *P. a. australis* est connue pour sécréter de l'acide gallique, qui est dégradé en acide mesogallique sous l'effet des ultraviolets naturels, Ces deux acides sont fortement toxiques pour de nombreuses plantes.

2-6-2-2 L'habitat:

Natif à Eurasie et Amérique du Nord; marais frais et saumâtres et fossés; plus abondant le long de la côte (ANONYME a, 1999).

2-6-2-3 La description

Les Traits caractéristiques - Permissons: le vert bleu, lames >50 centimètre long, avec les marges rugueuses; tige rengainée à base. Les fleurs: minuscule, sans pétales; 3 étamines; 2 styles; joint dans les balances 6 mm long; les balances ont groupé dans spikelets avec une touffe de cheveux soyeux; spikelets, >30 centimètre rassemblé longtemps; le gris violacé comme ils mûrissent; la fin de l'été fleurie.

Le fruit: rarement graine des produits alimentaires mais étendue par les rhizomes clandestins. (ANONYME a, 1999).

2-6-2-4 Les notes :

La plume dans fleur pleine fait une addition attirante aux bouquets séchés. La tige creuse a été tissée dans tapis par les Peuples Natifs; les permissons ont été utilisées pour paniers et sol tapis.

Le roseau est une plante à fleur cosmopolite par excellence, cette graminée peuple les eaux douces ou saumâtres. On la retrouve de la Finlande à la jungle équatoriale, en passant par les plaines et les montagnes du Tibet. Aux Etats-Unis on la nomme *Phragmite australis*, en

raison de sa présence dans les deux hémisphères et de ses percées, davantage timides, en régions tropicales. En fait, seules la Nouvelle-Zélande et la Polynésie ne la comptent pas dans leur flore indigène.

Elle est la plus haute de nos herbes indigènes (long. 1-5m.). Ses feuilles - peunombreuses sont linéaires, larges et planes (larg. 1-5cm.), d'un vert moyen à jaunâtre.

Son inflorescence est constituée d'épillets pluri-flores munis de longs poils soyeux (long. 15-30cm.). Sa couleur est délicate, rosée ou violacée, tournant au roux à l'automne (floraison août-octobre). Lorsque ses graines se détachent des épillets fécondés, la grande panicule terminale devient plumeuse. Cette parure persiste alors tout l'hiver au sommet des chaumes blanchis.

Elle se propage par un système de rhizomes articulés et traçants. Bien qu'elle puisse former de mini-jungles impénétrables, elle est, au Québec, plutôt clairsemée.

On la rencontre en petites colonies dans les marais et sur les rivages. La façon dont les inflorescences regroupées flottent synchronisées au vent, est quasi hypnotisante. Le charme de sa réflexion dans l'eau en fait également une graminée incontournable.

Les agronomes la classent parmi les mauvaises herbes. On lui reproche d'entraver la libre circulation de l'eau, de bloquer les drains agricoles et d'infester les champs de cultures pérennes (aspergerais, fraisières, framboisières, etc.). Elle constituerait de plus un important risque d'incendie et nuirait à la visibilité des automobilistes.

Aux États-Unis, elle est considérée plante écologique. On la naturalise aux bords des fossés, des côtes et des rivières, où elle sert d'écran, de brise-vent ainsi que de refuge à quantité d'espèces animales dont plusieurs oiseaux migrateurs. Elle est particulièrement prisée en zone littorale comme agent de stabilisation du sol (érosion), et d'élimination des polluants. La phragmite assimile les métaux lourds et autres substances toxiques. Elle tolère le sel.

On la considère performante, esthétique, et économique (aucun entretien). Son intégration est planifiée avec soin. On s'assure qu'elle ne puisse éventuellement dominer le paysage.

On la considère généralement trop envahissante pour être admise en petit jardin mais elle convient aux plus grands. On l'utilise fréquemment comme un arbuste ou bambou (haie et écran sonore). Son nom générique Phragmites, très ancien, signifie d'ailleurs "servant à clore", une allusion à l'usage de ses tiges pour la fabrication de palissades. Certains auteurs recommandent toute fois de ne s'en servir comme haie qu'à la condition de la ceinturer de deux rangées de béton (minimum 45 cm. de profondeur par 5 cm. de largeur) pour la contenir. On peut aussi la confiner entre des madriers, des blocs de béton ou à l'intérieur de demi-bidons de métal.

Elle est particulièrement appropriée au jardin d'eau, submergée au cœur de l'étang ou au bord de celui-ci. Il est alors possible de la traiter comme un *Nymphaea*, en la lestant au fond de l'étang, ses racines engagées dans un contenant solide. Elle sera alors inoffensive, à la seule merci des amateurs d'arrangements floraux.

2-6 -3 Les systèmes hybrides : filtres à écoulements verticaux et horizontaux

Les systèmes hybrides allient la technique des filtres à écoulement vertical avec celle à écoulement horizontal. L'association réalisée sur la station expérimentale d'évier est constituée de trois étages de filtres : les deux premiers étages sont des filtres verticaux en parallèle et le

dernier étage est constitué de filtres horizontaux en série. Le développement d'un tel système vise à améliorer l'abattement des complexes azotés et principalement à créer des conditions, anaérobies dans le dernier étage, propices à la dénitrification des nitrates issus de l'oxydation de l'ammoniaque et de l'azote organique dans les premiers étages verticaux.

A noter qu'on rencontre au Danemark une configuration différente : les filtres horizontaux précèdent les filtres verticaux. Cet assemblage a des raisons historiques : le Danemark a commencé par construire des filtres horizontaux, puis la qualité des rejets n'étant pas suffisante pour une législation de plus en plus sévère, des filtres verticaux ont été ajoutés avec l'introduction d'une recirculation des eaux.

Chapitre 3

« Etude statistique de la ville »

3-1 Introduction sur la ville de Guelma



Figure 3-1 Découpage de la ville de Guelma

Issue de la Wilaya d'Annaba lors de la réorganisation territoriale de 1974, elle rayonna sur les dairates de Souk-Ahras, Sedrata, Bouchegouf, Oued-Zenati, Guelma et Bouhadjar jusqu'au 1984. La restructuration de 1984 limite le territoire de la Wilaya à trois (03) Daira (Guelaat-Bou-Sba, Bouchegouf, Oued-Zenati). Les dairates de Souk-Ahras et Sedrata donnèrent naissance à la Wilaya de Souk-Ahras et celle de Bouhadjar fût jumelée à la Wilaya d'EL-TARF.

Dans le but d'une décentralisation en 1986, l'éclatement des 03 Daira donna naissance à 05 Daira : (Guelaat-Bou-Saba, Oued-Zenati, Bouchegouf, Khezaras, Hammam Debagh et 34 communes dont 21 communes mères et 13 création nouvelles.

Le territoire de la Wilaya renferme actuellement 34 communes qui constituent les unités territoriales et 10 Dairates après le découpage administratif de 1990 dont 04 Daira créent nouvellement : Héliopolis, Ain-Makhlouf, Ain-Hessainia (Houari Boumediene) et Hammam N'bails

Il est à remarquer que ce découpage fait ressortir des communes d'un niveau intermédiaire d'urbanisation, des communes semi Urbaines et des communes rurales.

Daira	Commune	Observations
Guelma	Guelma	Urbaine
	Ben Djerrah	Rurale
Guelaât Bou Sbaâ	Guelaât Bou Sbaâ	Semi urbaine
	Boumahra Ahmed	Urbaine
	Beni Mezline	Rurale
	Djeballah Khémissi	Rurale
	Belkheir	Urbaine
	Nechmaya	Semi urbaine
Boucheougouf	Boucheougouf	Urbaine
	Ain Ben Beida	Semi urbaine
	Oued Fragha	Rurale
	Medjez Sfa	Rurale
Oued Zénati	Oued Zénati	Urbaine
	Ain Regada	Semi urbaine
	Bordj Sabath	Rurale
Hammam Debagh	Hammam Debagh	urbaine
	Roknia	semi urbaine
	Bouhamdane	rurale (fortement)
Héliopolis	Héliopolis	urbaine
	Bouati Mahmoud	semi urbaine
	El Fedjoudj	semi urbaine
Khezaras	Khezaras	semi urbaine
	Bouhachana	rurale (fortement)
	Ain Sandal	rurale (fortement)
Ain Makhoulouf	Ain Makhoulouf	semi urbaine
	Ain Larbi	rurale
	Tamlouka	rurale
Ain Hessainia	Ain Hessainia	semi urbaine
	Ras El Agba	rurale
	Sellaoua Announa	rurale
	Medjez Ammar	semi urbaine
Hammam N'Bails	Hammam N'Bails	rurale
	Oued Cheham	semi urbaine
	Dahouara	rurale
Ensemble 34 Communes		

Tableau 3-1 : Communes de la Wilaya de Guelma

3-2 Objectifs Des Statistiques

Un questionnaire a été établi pour chaque commune afin de connaître le nombre d'habitants réparties sur :

- Agglomération chef lieu.
- Agglomération secondaire.
- Agglomération en zone éparsée.

On a demandé le pourcentage de raccordement de l'assainissement collectif ou non collectif, aussi notre enquête porte sur l'existence ou non d'un bassin de décantation ou une épuration au préalable avant de rejeter ces eaux dans le milieu naturel. Sur l'ensemble de 34 communes nous avons déjà ce questionnaire pour 22 communes à savoir :

Aïn Hessania
Aïn Larbi
Aïn Sandel
Belkheir
Ben Djarah
Beni Mezline
Bou Hachana
Bou Hamdane
Bouati Mahmoud
Boucheghouf
Boumahra Ahmed
Djeballah Khemissi
ElFedjoudj
Guellat Bousbaa
Hammam Maskhoutine
Hammam Nbail
Héliopolis
Medjez Amar
Nechmaya
Oued Zenati
Roknia
Salaoua Announa

3-3 Etude Statistique Sur L'assainissement Urbain De La Zone De Guelma

3-3-1 Introduction

Depuis plus d'une décennie, l'Algérie a construit de nombreux barrages pour faire face à ses besoins croissants en ressources en eaux. Mais les réserves contenues dans ces barrages sont aujourd'hui menacées par le risque de pollution à cause de l'absence de station d'épuration pour plusieurs grandes agglomérations sans oublier les zones rurales où la population est estimée au

environ de 47%. Actuellement les 128 stations d'épuration permettent de traiter 700 millions de m³ par an d'eau usée (ANA, 2012). Mais ce chiffre reste très loin des quantités réellement déversées par 37 millions d'habitant que compte aujourd'hui l'Algérie. Pour cela, la technique d'épuration des eaux usées domestiques par des filtres à sable apparaît comme une solution complémentaire très intéressante à l'assainissement collectif dans les zones rurales pour limiter la pollution de nos réserves en eau de surface et protéger les eaux souterraines.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer l'efficacité de cette technique en Algérie par le biais d'une étude de faisabilité basée sur une étude statistique et une étude expérimentale.

3-3-2 Etude statistique

L'étude statistique a pour but de déterminer le potentiel d'application de cette technique en Algérie, en évaluant le taux de raccordement au réseau d'assainissement collectif ainsi que l'existence ou non d'un système d'épuration à la fin des rejets des eaux usées. On a pris la wilaya de Guelma comme exemple. Jusqu'à présent, vingt-deux communes des trente-quatre que compte la wilaya ont fait l'objet d'une enquête sous forme de questionnaire. On a recensé le nombre de logements raccordés et non raccordés à l'assainissement collectif par zone (chef lieu, agglomérations secondaires, zone éparse). On a cherché également à connaître le type du système d'épuration mis en place à la fin des rejets d'eau usée et le nombre de logement concernés. Cela a permis d'estimer les pourcentages de volume d'eau usée et traitée rejeté dans la nature.

3-4 Résultats De L'étude

Les résultats de l'étude statistique ont montrés que près de 88,8% des logements sont raccordés à l'assainissement collectif avec un taux de raccordement de plus de 90% des logements du chef lieu des communes et des agglomérations secondaires et autour de 45% en zone éparse (figure 2). Ce taux de raccordement en zone éparse (45%) représente près de 10,8% par rapport au nombre total des logements (figure 2). Cela indique qu'une partie non négligeable de la population de la zone éparse est rassemblée en petit groupe d'habitation ce qui facilite la future mise en place des filtres à sables sous forme de mini station d'épuration pour ces regroupements. Cette solution peut être adoptée également pour les agglomérations secondaires raccordées où le nombre d'habitant est faible.

En ce qui concerne les logements non raccordés qui représente 11,2%, la majeure partie de ces logements se situent dans la zone éparse. La totalité de ces logements non raccordés sont équipés de fosses traditionnelles sous forme de puisard de quelques mètres de profondeur (3 à 4m voir plus) réalisé dans le sol en place à proximité des maisons. Ces fosses permettent d'évacuer les eaux usées dans le sous-sol ce qui risque de polluer les eaux souterraines surtout les puits et les nappes phréatiques.

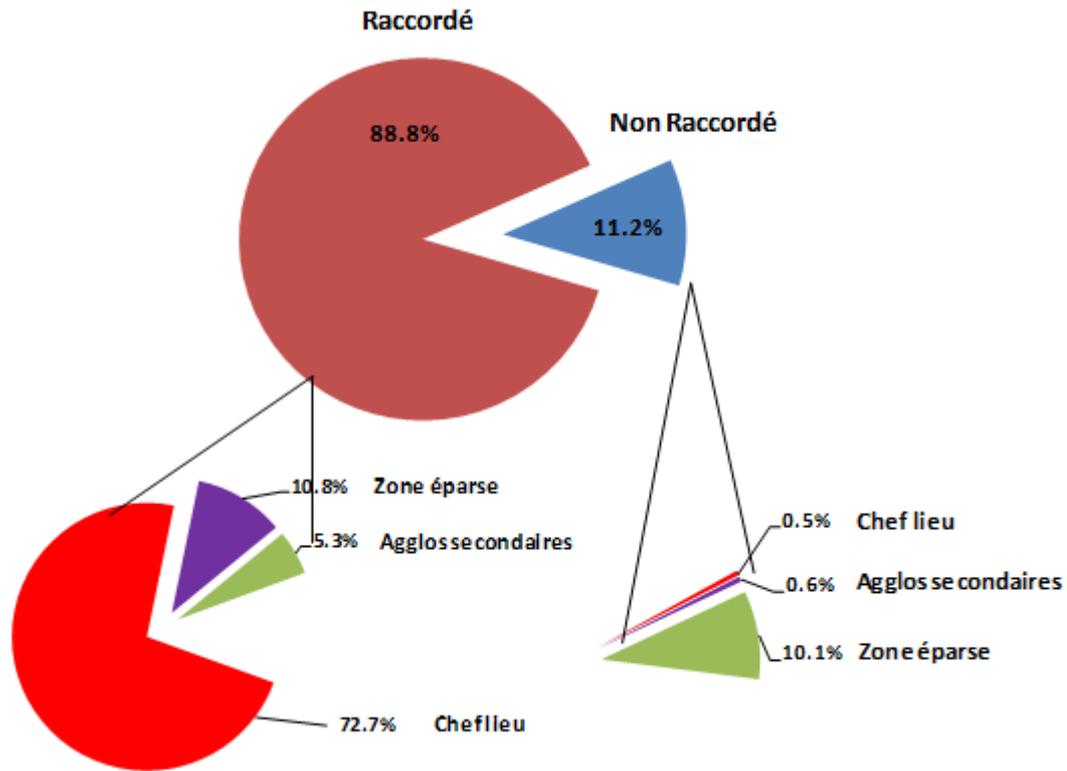


Figure 3-2 : Pourcentage de raccordement global et par zone à l'assainissement collectif

On a relevé aussi que quelques communes possèdent des systèmes de prétraitement à savoir des bassins de décantation construit en béton. Ce type d'ouvrage permet d'éliminer une partie des matières solides présentes dans les eaux usées avant leur rejet dans les oueds ou les cours d'eau. On a constaté également que les rejets sont rarement regroupés en une seule conduite, mais ils sont souvent éparpillés le long des oueds ce qui complique la future mise en place d'un système d'épuration (multiplication des filtres à sables).

Pour montrer la nécessité de mettre en place des filtres à sable pour les agglomérations de faible densité de population, on a estimé le volume des eaux usées rejetées dans la nature (sous-sol, prétraitement, cours d'eau) sur la base de 80 L/j/H. Les résultats montrent que 81,5% du volume total (~15,7 millions de m³/jour) des eaux usées sont rejetées directement dans les cours d'eau sans aucun traitement préalable. Alors que 11,2% sont rejetées dans le sous-sol via les fosses traditionnelles et 7,3% ont subies un prétraitement avant leur rejet dans les cours d'eau (figure 3).

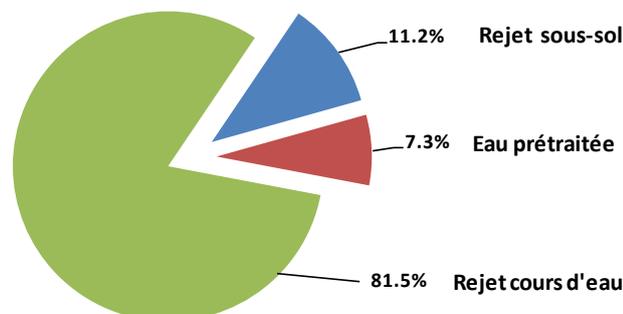


Figure 3-3 : Estimation du pourcentage du volume d'eau usée rejetée dans la nature

Chapitre 4

Etude expérimentale sur colonne

4-1 Introduction :

Le premier objectif du travail est d'évaluer l'efficacité de cette technique d'utilisation des filtres plantés de roseaux en Algérie et de définir son potentiel d'application en fonction des particularités de chaque région. Dans un deuxième temps, il est nécessaire d'étudier le fonctionnement des ces filtres en vu de leur optimisation. Les objectifs seront donc :

- Faire une étude d'efficacité des filtres à sable en Algérie pour l'assainissement non collectif.
- Mieux comprendre le fonctionnement des filtres avec roseaux et déterminer leurs efficacités vis-à-vis de DCO, DBO et MES.
- Comparaison entre l'efficacité des filtres verticaux à sable et les filtres à sable plantés de roseaux.

4-2 Caractérisation Physique Et Hydraulique Du Sable Testé :

4-2-1 Origine du sable testé :

Le sable testé est de provenance de la région de Tébessa ; il est grossier et nécessite pas de lavage. L'analyse granulométrique du sable et la comparaison avec le fuseau DTU a donné la figure 4-1.

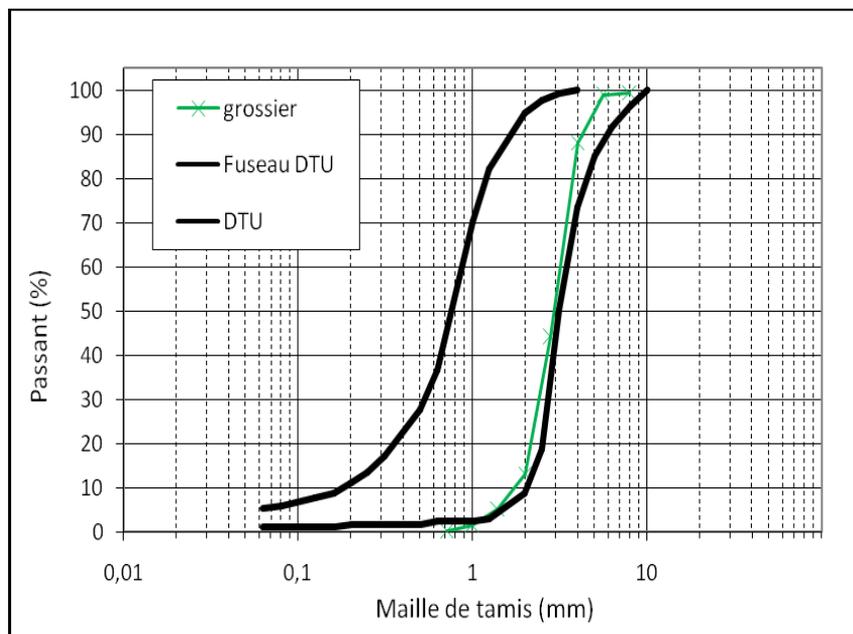


Figure 4- 1 : Granulométrie du sable de Tébessa et présentation du fuseau DTU.

Remarque :

Il est recommandé aussi selon la norme XP DTU 64 -1 que :

- D_{10} (taille du tamis pour lequel 10 % du poids total de l'échantillon est inférieur à cette taille sur la courbe granulométrique) soit compris entre 0,18 et 2,0 mm.
- le coefficient d'uniformité ($C_u = d_{60}/d_{10}$) soit compris entre 1 et 18,5.

4-2-2 Granulométrie :

a) Mode opératoire :

But de l'essai :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers.

Principe de l'essai :

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les un sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis.

Matériel nécessaire :

Des tamis (figure 2.) dont les ouvertures carrées, de dimension normalisée, sont réalisés soit à partir d'un maillage métallique, soit par perçage d'une tôle. Les passoire, qui comportent des trous ronds percés dans une tôle, ne sont plus utilisées actuellement. Pour un travail d'essai aux résultats reproductibles, il est conseillé d'utiliser une machine à tamiser électrique qui comprime un mouvement vibratoire horizontal, ainsi que des secousses verticales, à la colonne de tamis.

La dimension nominale de tamis est donnée par l'ouverture de la maille, c'est-à-dire par la grandeur de l'ouverture carrée. Ces dimensions sont telles qu'elles se suivent dans une progression géométrique de raison $\sqrt{10}$, depuis le tamis 0.08 mm jusqu'au tamis 80 mm.



Figure 4-2 : Tamiseuse électrique.

Description de l'essai :

Le matériau sera séché à l'étuve à une température maximale de 105 °C. On emboîte les tamis les uns sur les autres, dans un ordre tel que la progression des ouvertures soit croissante du bas de la colonne vers le haut. En partie inférieure, on dispose un fond étanche qui permettra de récupérer les fillers pour une analyse complémentaire. Un couvercle sera disposé en haut de la colonne afin d'interdire toute perte de matériau pendant le tamisage.

On appellera tamisât le poids du matériau passant à travers un tamis donné et refus le poids de matériau retenu par ce même tamis.

Le matériau étudié est versé en haut de la colonne de tamis et celle-ci entre en vibration à l'aide de la tamiseuse électrique. Le temps de tamisage varie avec le type de machine utilisé, mais dépend également de la charge de matériau présente sur le tamis et son ouverture. Un étalonnage de la machine est donc nécessaire. On considère que le tamisage est terminé lorsque les refus ne varient pas de plus de 1 % entre deux séquences de vibrations de la tamiseuse.

Le refus du tamis ayant la plus grande maille est pesé. Soit R_1 la masse de ce refus.

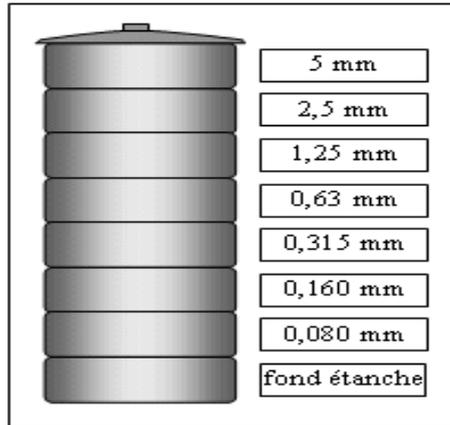


Figure 4-3 : Colonne de tamis.

tamis (mm)	refus (g)	Poids tamis	tamisât	% tamisât	tamisât cumulé	% cumulé
	247,5	243				
0,71	341,5	323	18,5	1,32	99,68	0,32
1	389,5	338	51,5	3,68	98,36	1,64
1,4	473	362	111,0	7,93	94,68	5,32
2	817,5	385	432,5	30,89	86,75	13,25
2,8	1012,5	397	615,5	43,96	55,86	44,14
4	571,5	422	149,5	10,68	11,89	88,11
5,6	427	418	9,0	0,64	1,21	98,79
8,0	452	444	8,0	0,57	0,57	99,43

Tableau 4-1: Tamisage par voie sèche du sable en provenance de Tébessa.

b) Expression des résultats de la courbe granulométrique :

Les pourcentages des refus cumulés, ou ceux des tamis cumulés, sont représentés sous la forme d'une courbe granulométrie en portant les ouvertures des tamis en abscisse, sur une échelle logarithmique, et les pourcentages en ordonnée, sur une échelle arithmétique. La courbe est tracée de manière continue et ne peut pas passer rigoureusement par tous les points.

4-2-3 Conductivité hydraulique :

a) mode opératoire :

L'essai de perméabilité à charge constante montré sur la **figure 4- 4**, convient aux sols très perméables comme les sables. Cet essai doit satisfaire aux conditions suivantes :

- L'échantillon doit contenir des particules < 80 mm au plus égal à 10% des particules > 20 mm = 0 %
- 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;
- L'échantillon de sol est saturé et ne subit pas de changement de volume durant l'essai
- la perte de charge (Δh) demeure constante.

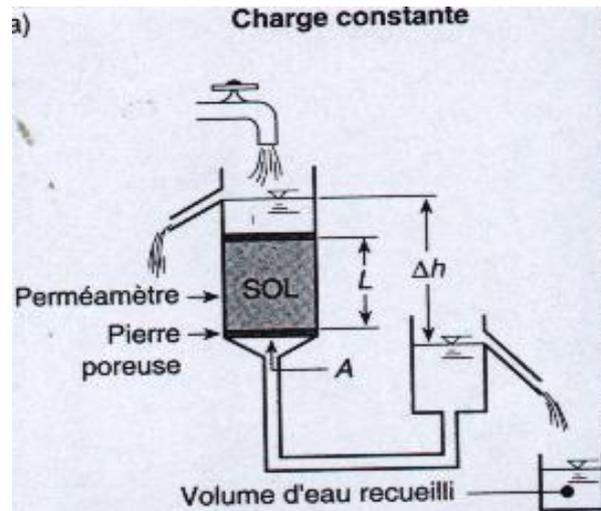


Figure 4-4: Perméabilité à charge constante.

Une perte de charge constante Δh provoque l'écoulement de l'eau à travers l'échantillon de sol. On mesure le débit d'eau q en recueillant un volume d'eau V en un temps t . Connaissant la longueur de l'échantillon L et la surface S à travers laquelle l'eau s'écoule. On peut calculer le coefficient de perméabilité k (équation de Darcy) :

$$q = k \cdot i \cdot A \Rightarrow k = q / i \cdot A \quad \text{comme} \quad q = v/t$$

$$\text{on obtient : } k = v / (i \cdot t \cdot A) = V \cdot L / (\Delta h \cdot t \cdot A)$$

Avec :

q : le débit en (m³/s),

L : longueur de l'échantillon en (m),

A : section de l'échantillon en (m²),

Δh : charge hydraulique appliquée en (m),

V : volume recueilli en m³,

T : temps en secondes.

Remarque :

Cet essai dispose de deux configurations : essai à charge constante et essai à charge variable, cette deuxième configuration présentant l'intérêt de gain de temps d'essai. Pour les sols avec des conductivités hydrauliques très faibles comme les argiles et les limons, l'essai à charge constante est très long et la solution de procéder à charge variable réduit considérablement le temps d'essai. Pour les sols très perméables, l'utilisation de la charge constante est mieux adaptée pour des raisons de précision de mesure (variation très rapide d'un volume plus important d'eau).

Les essais au laboratoire ont donné pour le sable de Tébessa :

Essais de perméabilité saturée à charge constante			
Surface : A	0,00441786 m ²		Unité
densité sèche	16,3	18,11	KN/m ³
H ₁	34,5	46	cm
H ₂	20	2	cm
T	122	140	s
V	2,634	3,051	L
ks	4,72E-03	1,57E-03	m/s

Tableau 4-2: Essais de perméabilité saturée à charge constante

4-3 Suivre Des Performances Épuratoires Sur Colonne :

4-3-1 Protocole expérimental :

On a monté le dispositif expérimental qui est composé d'une colonne en PVC de 25 cm de diamètre et 90 cm de hauteur où un filtre est reconstitué avec 50 cm de sable qui repose sur une couche drainante de 8 cm de gravier. Le filtre reconstitué dans cette colonne a été alimenté par des eaux usées prélevées au niveau de la station d'épuration de la ville de Guelma pendant près de 60 jours.

Schéma de montage de la colonne :

L'installation expérimentale est conçue pour filtrer les eaux usées de la station de Guelma. Elle est composée d'un réservoir servant à accumuler les eaux brutes, une pompe immergée reliée à un programmateur afin d'effectuer quatre bâchées assurant un débit de l'ordre de 3.4 l/s pour chaque bâchée. Ensuite l'eau passe dans le filtre qui est réalisé sur une colonne de 50 cm de sable et 8 cm de gravier assurant le drainage planté d'un nombre de roseau provenant de l'université de Guelma. L'eau filtrée est récupérée par la conduite de sortie pour être testé afin d'étudier les performances épuratoires du sable utilisé. La charge hydraulique d'effluent prétraité doit être inférieure ou égale à 3 cm par jour soit 50 L/m² par jour.

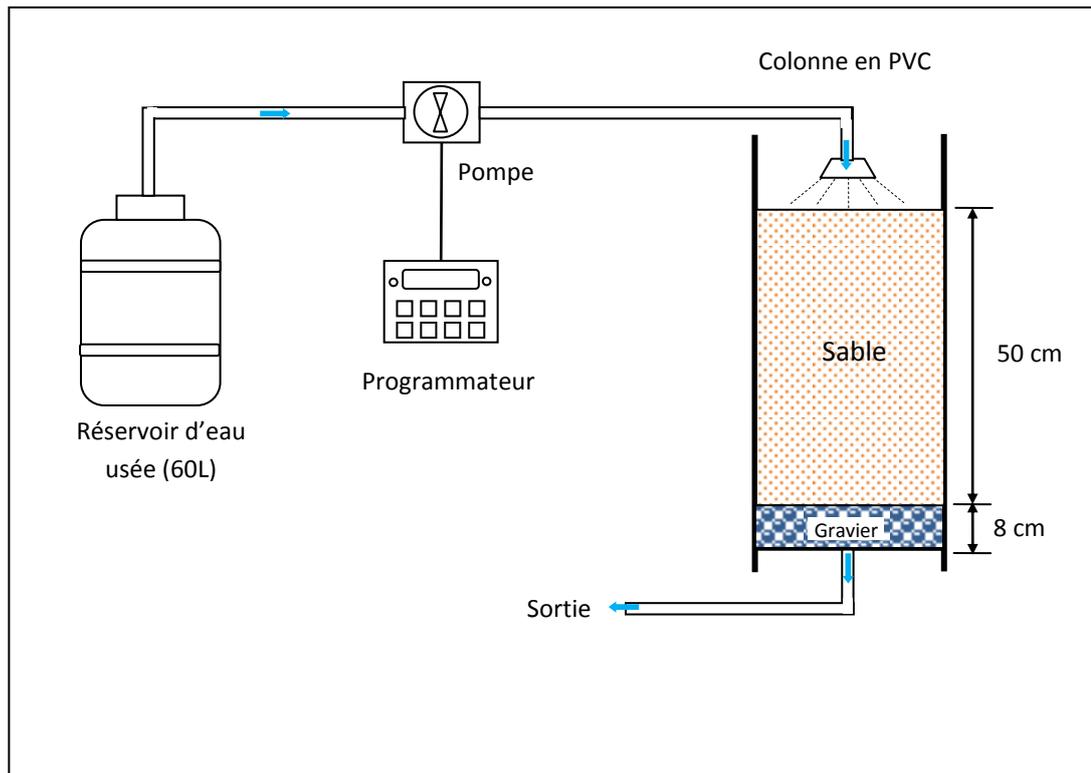


Figure 4-5 : Schéma de l'installation expérimentale.

Rythme d'alimentation :

Du moment que la charge hydraulique est de $30\text{l/m}^2\cdot\text{jour}$, et pour les conditions laboratoires avec un filtre de dimension 24 cm de diamètre intérieur soit : $\pi * 0.24 * 0.24 / 4 = 0.0452\text{m}^2$. Le volume est de $0.3 * 0.0452 = 0.01357\text{ m}^3$. Soit environ 13.6 L, répartie sur 4 bâchées jours de 3.4 L par bâchée.

Le régime d'alimentation est basé sur 7 jours d'alimentation de la colonne avec des bâchées de 3,4 L injectées en une seconde toutes les 6 heures.

Analyse chimique :

Les performances épuratoires (analyse hydro chimique) sont mesurées sur les paramètres DBO_5 , DCO, MES et NH_4^+ grâce à l'analyse des bâchées sur les eaux d'entrée et l'analyse des eaux de sortie de la colonne d'essai. Un bilan par semaine est effectué. Les eaux usées sont prélevées de la station d'épuration de la ville de Guelma

4-3-2 Analyses des eaux usées

Analyse des eaux usées utilisé :

Les échantillons sont prélevés à l'entrée et à la sortie de la colonne chaque semaine.

4.3.2.1 Les analyses chimiques:

Les analyses chimiques de l'eau sont réalisées au niveau du laboratoire LGCH (Laboratoire d'hydraulique et Génie civil). Les paramètres étudiés sont : la DBO_5 (demande Biochimique en

Oxygène pendant 05 jours), la DCO (demande chimique en oxygène) et Les MES (matières en suspension).

❖ ***La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) :***

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la demande biochimique en oxygène. L'ensemble de ces méthodes est basé sur les systèmes de mesure de la DBO manométrique permettant de suivre la quantité d'oxygène consommé dans l'air d'un récipient fermé durant un intervalle de temps généralement limité à cinq (05) jours ou à 21 jours.

Pour notre étude on utilisé le system OXITOP® pour mesurer la DBO5. Cette méthode est basée sur le principe de pression, il s'agit de mesurer la pression par sondes électriques pièze résistantes.

On place les échantillons oxygénés sous agitation dans des flacons fermés et à l'obscurité pendant cinq jours.

❖ ***La Demande Chimique en Oxygène (DCO)***

a/ principe

La demande chimique en oxygène est mesurée suite à une réaction d'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 ($HgSO_4$).

L'oxydation est fait sous ébullition pendant 2 heures dans un ballon muni d'un réfrigérant, et l'excès de bichromate de potassium est dosé après refroidissement par une dilution de sel de mohr. Le sulfate 'argent joue le rôle de catalyseur et le sulfate d'argent de mercure le rôle de complexant des chlorures (BOUNTOUX, 1993).

La DCO exprimée en milligrammes, d'oxygène par litre est égale à :

$$8000 \times T \times (V_0 - V_1)$$

DCO = (mg/l) Où :

V0 : Volume de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml).

V1 : Volume de fer et d'ammonium au dosage (ml).

Matériel et méthodes

V : Volume de l'échantillon (ml).

T : Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium. **T= 0,24** (RODIER et al. 1991).

4-3-2-2 Les analyses et physiques :

❖ Les Matières En Suspensions (MES) :

Les MES sont dosées par la méthode de filtration. Le principe est de filtrer un volume des eaux résiduaire à travers un filtre à fibre en verre sous pression.

1000 X (P2 – P1)

MES = (mg/l)

P1 : Poids du filtrant avant utilisation (mg).

P2 : Poids du filtrant après utilisation et séchage à 105°C (mg).

V : Volume de l'échantillon utilisé (ml) (RODIER et al. 1991).

❖ La Conductivité électrique :

La conductivité électrique nous permet d'avoir une idée générale sur la charge dans l'eau, autrement la concentration des substances dissoutes dans l'eau. Ce paramètre, étroitement liée à la température, est déterminé à l'aide d'un conductimètre.

❖ Le Potentiel Hydrogène

Le pH des échantillons est déterminé à partir d'un pH-mètre. La valeur est affichée sur l'écran de l'appareil.

❖ La Température

La température est déterminée au même temps que le pH à partir du pH-mètre. Les valeurs sont affichées en degré Celsius (°C).

4-3-2-3 Analyse du Phragmite communis Trinius :

A u cours de l'expérimentation les études réalisées touchaient les paramètres biométriques où les mesures sont effectuées une fois par semaine, et certains composants chimiques de l'espèce dosée au début et à la fin de l'expérimentation.

4-3-2-3-1 Mesures biométriques :

Les paramètres biométrique mesurés sur terrain sont : la hauteur de la tige, le nombre de feuilles/tige et la profondeur racinaire.

Expérience mesurant MES (Les Matières En Suspensions)

Nous obtenons la qualité d'eau usée, nous mettons le diamètre de papier filtre 42 mm dans la machine de séchage de se débarrasser de l'humide nous vaut sont poids et puis les mettre entre les parties à l'appareil comme indique dans l'image et verser la quantité de 40ml d'eau puis décoller le papier –filtre et mettez –le dans un séchage puis passer la masse .



Photo réelle : Balance de précision



Photo réelle de l'installation expérimentale de mesure des MES

Exemple de calcul des MES

Les résultats que nous avons acquis la suivante :

TESTE 01

Balance 01=129,6 mg

La masse 1= 129,6 mg

La masse 2 =133,2 mg $MES = (133,2 - 129,6) / 0,040 = 90 \text{mg/l}$

Volume 01 = 40 ml

Teste 02

La deuxième fois nous changeons dans le volume d'eau 53ml et répéter l'expérience

Balance 01=134,3 mg

La masse 2= 142 mg

$MES = (142 - 143,3) / 0,053 = 145,28 \text{mg/l}$

Volume 02 =53 ml

$MES_{MOY} = (145,28 + 90) / 2 = 118 \text{mg /l}$

L'analyse 02:

Apportez deux types d'eau usée que nous mettons le diamètre de papier – filtre de 42mm et répéter la même étape

La eau usée 1

Teste 01

Balance 01=133,2 mg

La masse 2 =134,6 mg $MES = (134,6 - 133,2) / 0,040 = 35 \text{mg/l}$

Volume 01 =40 ml

Teste 02

Balance 01=130,5 mg

La masse 2 =132,2mg $MES = (132,2 - 130,5) / 0,040 = 42,5 \text{mg/l}$

Volume 01 =40 ml

Teste 03

Balance 01=128,8 mg

La masse 2 =130,9mg MES= (130,9 – 128,8) /0,040 = 52,5mg/l

Volume 01 =40 ml

$$\text{MES}_{\text{MOY}} = (35+42,5+52,5) /3= 43,33 \text{ mg /l}$$

La eau usée 02 (eau filtre)

Teste 01

Balance 01=133,3 mg

La masse 2 =134 mg MES= (134 – 133,3) /0,040 = 17,5mg/l

Volume =40 ml

Teste 02

Balance 01=127,6 mg

La masse 2 =128,4mg MES= (128,4 – 127,6) /0,040 = 20 mg/l

Volume =40 ml

Teste 03

Balance 01=135 mg

La masse 2 =135,8 mg MES= (135,8 – 135) /0,040 = 20 mg/l

Volume =40 ml

$$\text{MES}_{\text{MOY}} = (17,5+20+20) /3= 19,16 \text{ mg /l}$$

Expérience mesurant DCO (Demande Chimique en Oxygène)

La méthode utilise dans la mesure la DCO est C2 /25.DCO 1500 demande chimique en oxygène
domaine de mesure : 25-1500mg/l de DCO et O₂

Les étapes :

*étape 01

En agitant, mettre le sédiment en suspension dans le tube.

*étape 02

Pipeter prudemment 2 ml d'échantillon dans un tube à essai, fermer hermétiquement avec un bouchon fileté et mélanger vigoureusement.

Attention, le tube devient brulant

Chauffer le tube à essai pendant 2 heures à 148°C dans le thermo- réacteur.

*étape 03

Retirer le tube du thermo-réacteur, le laisser refroidir dans le support pour tubes.

*étape 04

Au bout de 10 min env., de refroidissements, agiter de nouveau le tube .

*étape 05

Replacer le tube dans le support et laisser refroidir jusqu'à température ambiante (très important).

*étape 06

Placer le tube dans le compartiment le repère en regard de l'encoche de l'appareil.



Photo réelle Spectrophotomètre UV visible « photolab spektral »

4-3-3 Résultats et interprétation :

a) Performance épuratoire du sable grossier (Tébessa) :

Les résultats d'analyse de la DCO pour ce sable ont montrés un abattement de la pollution de l'ordre de 35% au maximum et ceci pour une période de 60 jours de fonctionnement. De plus, ce sable n'a montré aucun signe de colmatage physique en surface par les matières en

suspension, ou biologique en profondeur par la biomasse, où l'eau usée a continué de s'infiltrer normalement dans le sable sans engorgement.

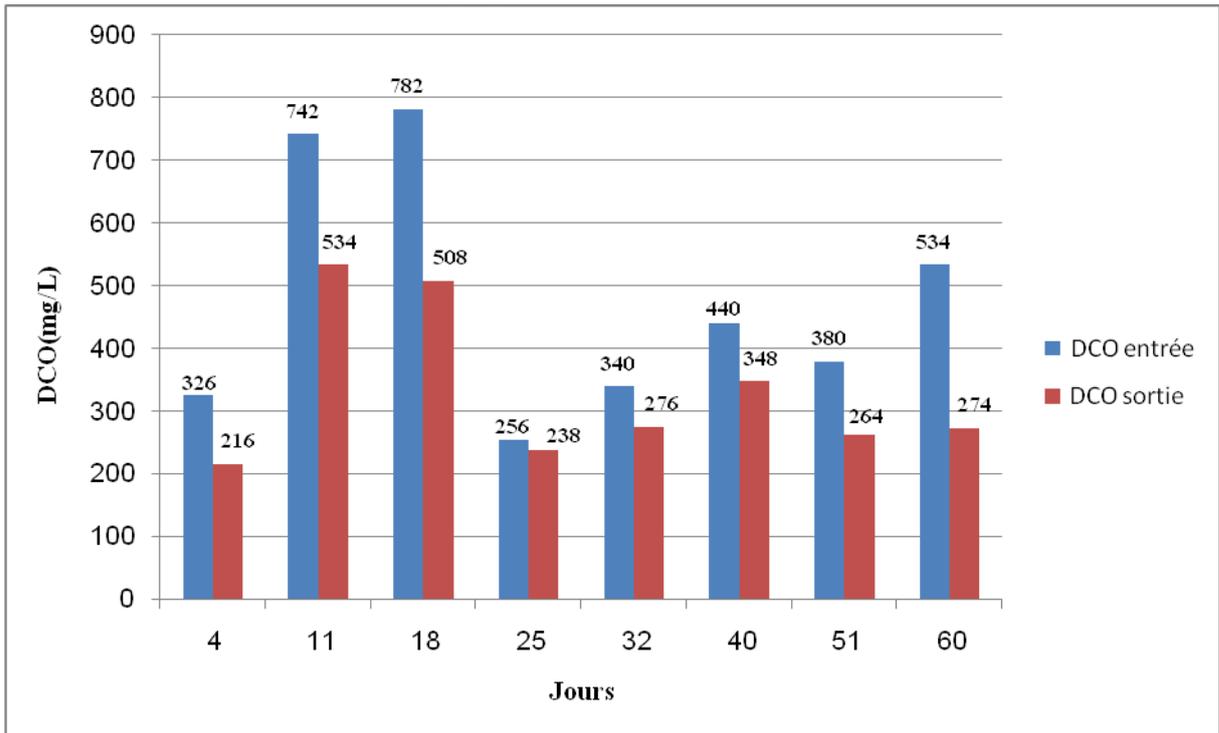


Figure 4-6: Demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et la sortie de colonne. (Sable Grossier).

Ce ci nous mène à représenter le pourcentage d'abattement suivant :

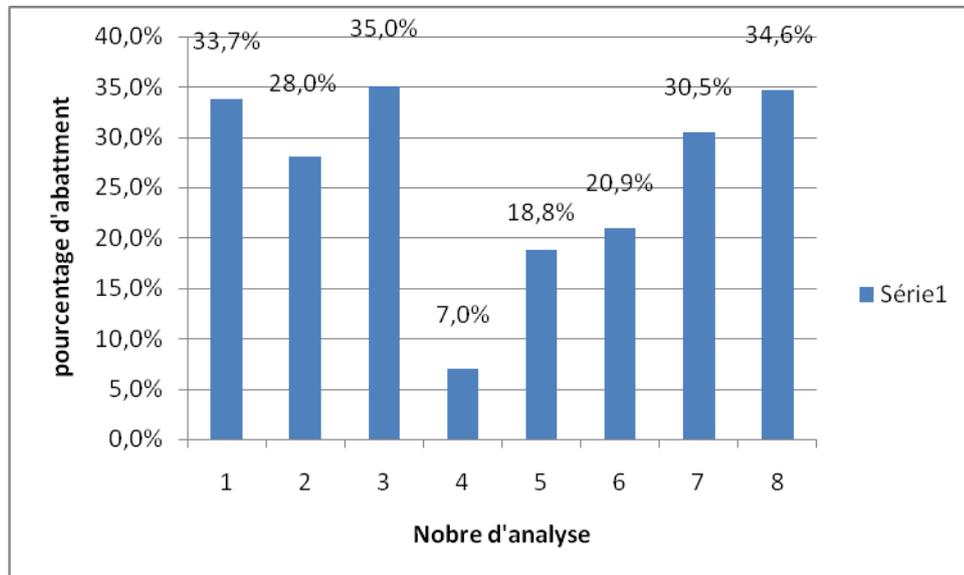


Figure 4- 7: Pourcentage d'abattement de la DCO sans roseaux.

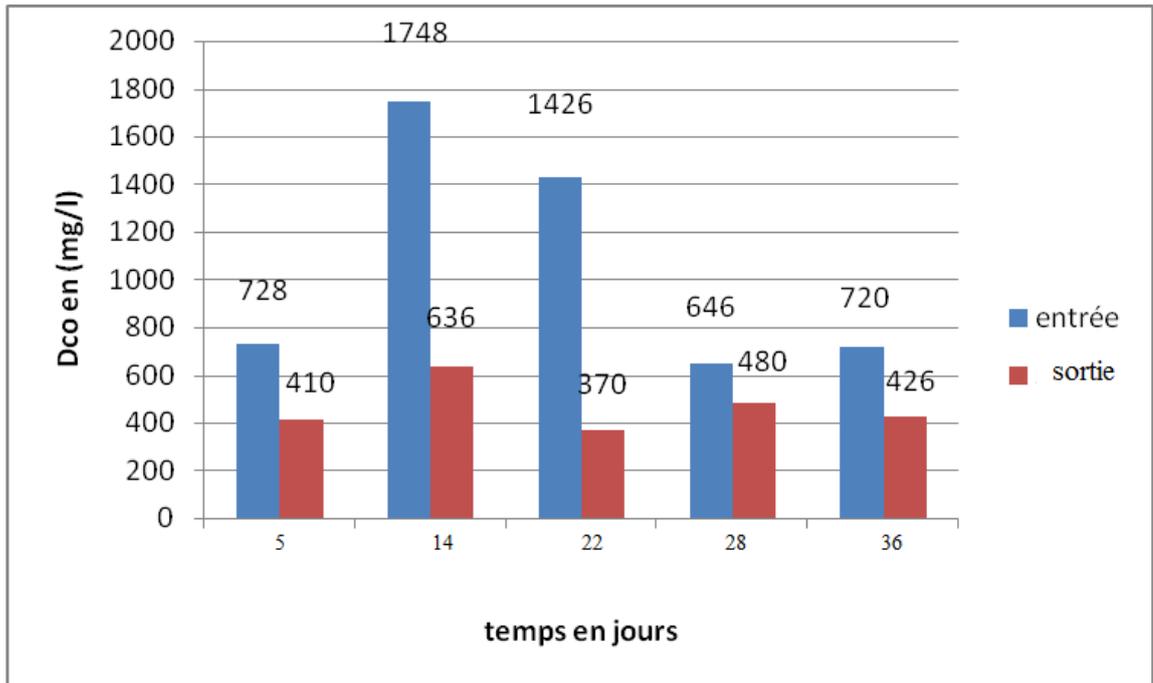


Figure 4- 8: Demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et la sortie de colonne du filtre planté de roseaux.

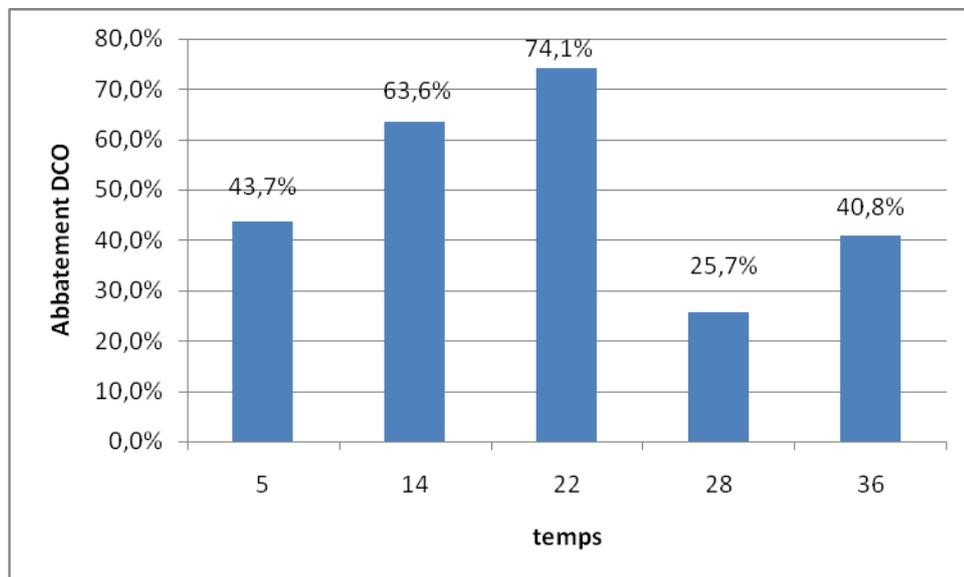


Figure 4-9: Pourcentage d'abattement de la DCO du sable planté de roseau

c) Performance des sables plantés de roseaux pour les MES

D'après les mesures des MES leur abattement varie entre 30% et 95%, ce qui entraine une bonne performance épuratoire des matières en suspensions (voir figure 4.11).

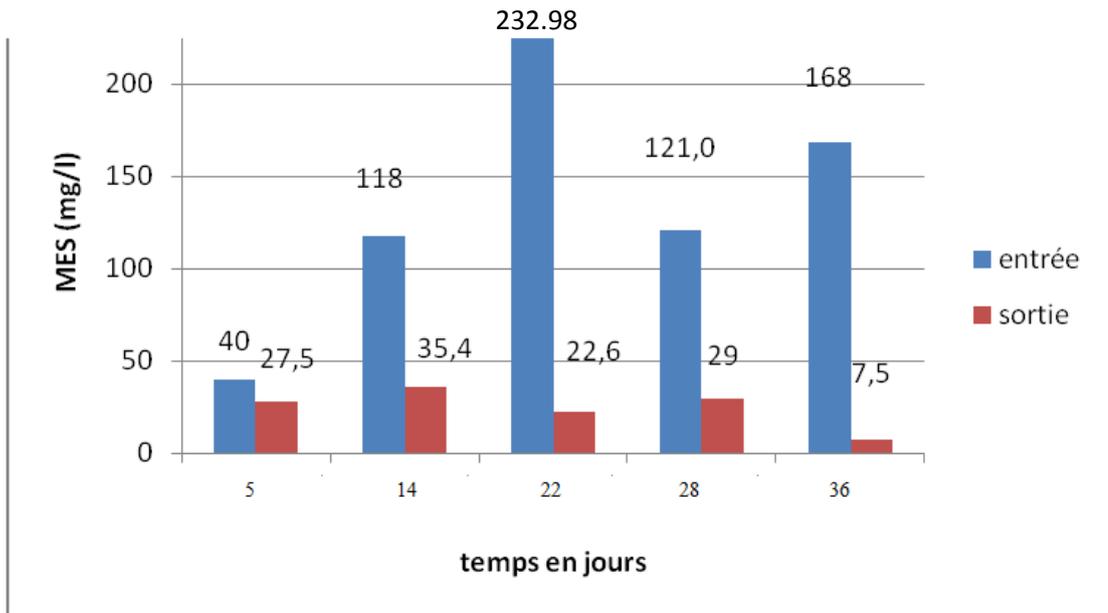


Figure 4-10: Matières en suspension à l'entrée et la sortie de la colonne d'essai

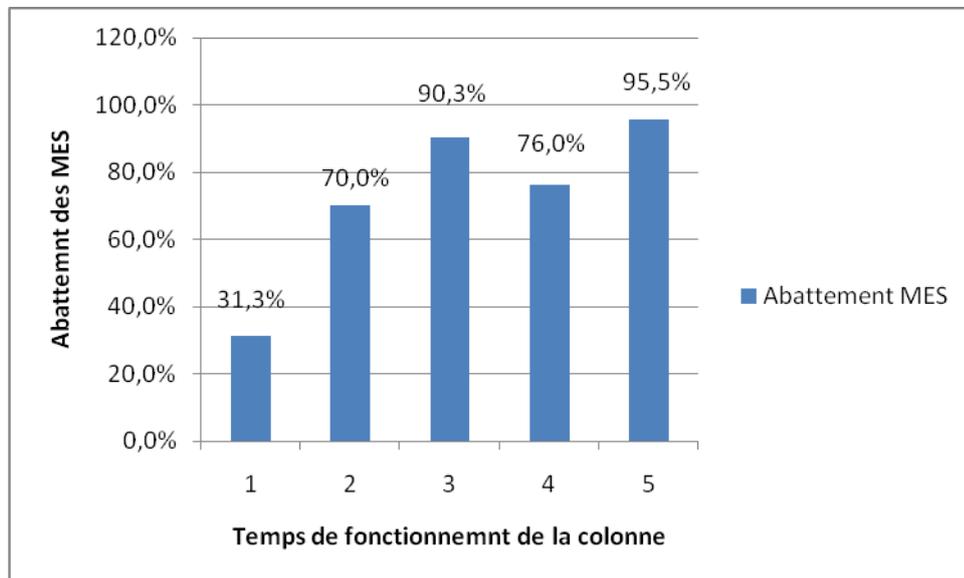


Figure 4-11: Pourcentage d'abattemnt des matières en suspension

d) Comparaison entre le sable grossier sans roseaux et le sable planté de roseaux

D'après les résultats trouvés en abattement de la DCO, nous remarquons que cette dernière varie de la valeur de 7% à 35 % ; par contre ce même sable planté de roseaux donne des valeurs d'abattement de l'odore de 25% à 74% surtout pour les eaux usées fortement pollués. Ce ci nous mène à dire que les filtres plantes de roseaux permet d'améliorer les performances de pollution. Aussi il faut remarquer que les performances épuratoires des MES sont de l'ordre de 95%. Par contre il faut dire que ces types de sables donnent des valeurs contradictoires pour les autres types de pollution (nitrates, nitrites phosphates). Notons aussi que l'abattement de la DBO5 a atteint pour deux mesures effectués l'ordre de 70%.

e) Tableau des résultats des analyses du sables plantés de roseaux

Sable grossier

démarrage alimentation

Mardi 01/04/2014

Rythme d'alimentation

7j/7j

4 bâchées / j

3,2 L/bâchée

Analyses chimiques

Date d'analyse		05/04/2014	14/04/2014	22/04/2014	28/04/2014	06/05/2014
Jours d'analyse		5	14	22	28	36
DCO	entrée	728	1748	1426	646	720
	sortie	410	636	370	480	426
	Abatt	43,7%	63,6%	74,1%	25,7%	40,8%
MES	entrée	40	118	233	121,0	168
	sortie	27,5	35,4	22,6	29	7,5
	Abatt	31,3%	70,0%	90,3%	76,0%	95,5%
NH4+	entrée	0,33		1,20		
	sortie	1,33		1,87		
	Abatt	-308,0%		-56,5%		
PO4 3-	entrée	9,42		11,02		
	sortie	6,85		10,56		
	Abatt	27,4%		4,2%		
NO3-	entrée	15,4		37,84		
	sortie	51,04		47,52		
	Abatt	-231,4%		-25,6%		
NO2-	entrée	0,40		0,63		
	sortie	3,20		3,47		
	Abatt	-708,3%		-452,6%		
Autres paramètres						
DBO5	entrée			216		
	sortie			51		
	Abatt			76,4%		

Tableau 4-3 : Tableau de résultats des analyses des sables plantes de roseaux

4-4 Conclusions :

Les techniques d'épuration des eaux usées domestiques par des filtres à sable connaissent actuellement un fort développement dans le monde du fait de leur simplicité, de leur coût financier abordable et de leurs performances épuratoires approuvées. Ces techniques constituent une alternative très intéressante à l'assainissement collectif dans les zones rurales de faible densité de population avec des habitations dispersées où le coût de réalisation d'un réseau public et d'une station d'épuration revient trop cher.

Le filtre à sable est aussi appelé lit filtrant, c'est une solution courante d'assainissement.

On a recherché dans ce travail à montrer la possibilité de réaliser des filtres à sables pour traiter les eaux usées des populations rurales. La disponibilité des sables adaptés pour ce type de procédé est le premier obstacle semble avoir éliminé à travers l'étude expérimentale menée dans ce travail. En effet, nos recherches de matériaux respectant les normes de conception des filtres à sable ont été couronnées par le repérage d'un sable local dans la région de la wilaya de Tébessa. Ce sable a fait par la suite l'objet d'une série d'épreuves afin de vérifier sa capacité à filtrer les eaux usées. De plus il est grossier et ne nécessite pas de lavage au préalable.

L'épuration des eaux usées par filtration dans le sol fait intervenir des phénomènes épuratoires d'ordre physique, chimique et biologique. Lors du passage de l'eau usée à travers le massif filtrant, celle-ci subit des transformations qui relèvent majoritairement d'un processus d'épuration biologique. La charge polluante d'eaux usées domestiques est essentiellement composée de MES, de matières organiques solubles et de micro-organismes. L'infiltration d'une eau usée à travers un milieu poreux non saturé permet de réduire :

- les MES par filtration,
- les matières organiques solubles (carbone, azote et les nutriments) par oxydation biologique, adsorption, échanges d'ions et précipitation,
- les micro-organismes pathogènes par des processus complexes de fixation, filtration, inactivation et prédation.

Les résultats des tests ont montrés un bon comportement du sable vis-à-vis la dégradation de la pollution organique en fonction du temps avec des abattements moyens autour de 50% pour l'ensemble des valeurs de la DCO pour les sables sans roseau et de l'ordre de 75% pour les sables plantés de roseaux. De même pour les ortho phosphates où les performances épuratoires ont pu frôlés les 30% d'abattement par rapport à la valeur d'entrée. Notons aussi que ce sable n'a pas donné un signe de colmatage.

4-5 Recommandations :

Nous recommandons d'utiliser d'autres types de roseaux afin de voir ceux qui donnent de meilleurs résultats, aussi il faut que tous les conditions naturelles doivent être remplies. Nous proposons d'étudier des colonnes de filtres à sables dans la nature afin de concrétiser ces performances dans la le milieu naturel de plante. Aussi nous proposons dans le futur d'étudier d'autres régimes hydrauliques (arrêter de faire travailler le filtres pendant quelques jours) et ceci afin de voir le comportement du filtres avec ce régime.

Referance bibliographique

ABISSY M.et MANDI ,1999 : Utilisation des plantes aquatiques enracinés pour le traitement des eaux usées urbaines : cas du roseau .Rev .Sci .Eau 12/2 pp 285-315.

Anonyme 1997 : Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, TEC&DCO.

Anonyme 1999 : nos rivières vues par le pressions (réseau hydrographique et piscicole, bassin seine-Normandie)

Anonyme 2000 : Questions sur l'eau, Rev pollution et épuration de l'eau INASEP*Intercommunal Namuroise de services publics.

Anonyme 2001: procédés extensifs d'épuration des eaux usées dans les petites et grand collectivités P4-32.

Anonyme 2003: système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau.

BECHAC J.P et NUER, 1984 : traitement des eaux usée .Ed .Eyrolles, paris P 281.

BRIX, H 1997 : Do macrophytes Play a R in costructured treatment wetland water science technology, vol 35 n°5 ;PP 11-17 .

Dyer et al 2003 the influence of untreated wastewater to aquatic communities in the balatuim river, the philippines, pergamon .pp43-53

Eriksso et al, 2002 : caracteristic of grey wastewater urban water pp 84-104 .

FNDAE 1998 : filière d'épuration pour les petites collectivités, cahier technique n° :22 paris.

Gray et Becker 2002 :caminant flows in urbans residential water systèms pp4 :331-346

Grommaire Mertz 1998 : la pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire, caractéristiques et origines.

Habrel 1990 : sevev years of research work and exeprience with wastewater treatment by a reed bed système in constructed weltands in water pollution control ,pergoman press oxford, new York P :205-214 .

IBERINSA .2001 : Iberica de Estudios e Inergiera S.A problématique de l'environnement dans le secteur industriel séminaire, industrie et environnement Haiti 2001.

LONCHAMP 2000 : HYPPA. Unité de Malherbologie et Agronomie .INRA-Dijon.

- LAIFA.A.1998** : contribution à l'étude de la décontamination des milieux pollués par le mercure utilisation des plantes ; Mém .Ing .université de Annaba P127 .
- Molle 2003** : filtres plantes de roseau ; limites hydraulique et rétention du phosphore, Thèse de doctorat, spécialité Génie procédés P 267.
- MOREL et KANE 1998** : le lagunage à macrophytes un technique permettant l'épuration des eaux usées son recyclage et multiples valorisations de la biomasse.
- Niemczynowicz 1999** : urban hydraulogy and water management –présent future challenges urban water pp 1-14.
- Ozenda 1983** : Flore du sahara .2^{eme} ed .centre National de la recherche scientifique. France ; paris ; pp176.
- Richard c, 1996** : les eaux usée, les bactéries, les hommes et les animaux Ed scientifiques et médicale Elsevier, paris PP 32-34.
- Tardat-Henry .1984**,: chimie des eaux ,les édition le groffon d'argile inc Québec 1984 .
- Vymazale et.al.1998** : constructed wetlands for wastewater treatment in Europ pp366
- YETTOU R, 2001** : Guide de lagunage des petites et moyennes collectivités locales au Maroc P 30.