



Département des Sciences de la Terre
Licence es Sciences et Techniques
Eau et Environnement

Traitement des margines par un filtre planté :
effets sur la flore du sol

Réalisé par: NEHHASS Kaoutar et ZINB Amina

Soutenu: Le 28 Juin 2017

Devant le jury composé de :

Mlle.BOURGEOINI Yamina : FST-Marrakech, Encadrante
Mme.OUZZANI Naaila : FSSM-Marrakech, Co-encadrante
Mr. Rhoujjati Ali : FST-Marrakech, Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2016-2017

Remerciement

*Ce travail a été réalisé au laboratoire **Hydrobiologie, Ecotoxicologie, Assainissement, et changements globaux (LHEA)** à la Faculté des Sciences Semlalia.*

En premier lieu, nous remercions Allah le Tout Puissant de nous avoir donné la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.

*Nous remercions très respectueusement notre encadrante la responsable de la filière **Eau et Environnement Mlle BOURGOINI Yamina** Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques au département de géologie, Son savoir et ses conseils nous ont été très précieux tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nos plus profonds remerciements et toutes nos reconnaissances vont à notre encadrante **Mme OUAZZANI Naila** d'avoir assuré l'encadrement de ce travail. Sa disponibilité, son expérience, son savoir scientifique et ses qualités professionnelles ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail. Nos remerciements vont également à tous les professeurs membres du jury, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

***Pr. Ali RHOUJJATI** professeur à la Faculté des Sciences et Techniques au département de la géologie, n'a pas hésité à accepter l'examen de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance.*

*Nous remercions tous les doctorants qui nous ont aidé pour réaliser ce travail surtout **Mr. EL GHADERAOUI Ayoub** et **Mr. Ahmalî Abdelaali** qui étaient prés pour enrichir nos connaissances.*

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à tous nos collègues avec lesquels nous avons partagé la vie de tous les jours nos années d'étude à la FST de Marrakech, en particulier nos amis.

Enfin, nos sincères remerciements s'adressent à toutes les personnes qui nous ont aidé, encouragé et permis de persévérer dans notre travail

Résumé

Notre expérience a pour but de savoir l'efficacité du filtre planté dans le traitement des margines et l'impact de ces derniers sur la flore mésophile totale du sol. Ce travail nous donne une idée sur la possibilité de réduire la toxicité des margines en préparant deux entrées pour le traitement, la première composée de 5% de margines diluée par 95% des eaux urbains et la deuxième ne contient que 1% de ces effluents. Notre travail correspond à deux expériences dépendantes l'une de l'autre.

La première c'est l'étude des caractéristiques physico-chimiques des margines avant et après le traitement par le filtre planté, et aussi pour les margines brutes. Les résultats pour cette partie montrent que cette technique est parmi les méthodes efficaces pour traiter les margines. Elle élimine jusqu'à 85% de la DCO, 90% de la MES, 85% de NK, et 40% de phosphore total (Pt) comme des indicateurs de pollution les plus importants.

La deuxième c'est l'épandage du sol par différents traitements des margines (margines brutes non traitées et des margines traitées par le filtre planté). L'épandage du sol par ces échantillons pendant 20 jours, montre que les margines non traitées ont un impact sur la flore totale du sol. La flore mésophile se diminue d'une façon remarquable après 20 jours, alors que les margines traitées ont un impact plus ou moins faible. On peut considérer alors le filtre planté comme une technique efficace pour le traitement des margines pour réduire leur effet toxique sur la flore du sol.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction | 5 |
| Objectifs | 6 |
| Chapitre 1 : synthèse bibliographique | 7 |
| I. Généralités sur les margines..... | 8 |
| I.1. Définition..... | 8 |
| I.2 Composition | 8 |
| I.2.1 Fraction minérale..... | 8 |
| I.2.2 Fraction organique..... | 8 |
| I.3. Les polyphénols..... | 9 |
| I.3.1. Généralité..... | 9 |
| I.3.2. Classification..... | 9 |
| I.3.3 Effet antioxydant des polyphénols..... | 10 |
| I.4. Caractéristiques physico-chimiques des margines..... | 10 |
| I.5. Effets des margines sur l'environnement..... | 14 |
| II. Filtres plantés..... | 14 |
| II.1. Généralité..... | 14 |
| II.2. Types de filtres plantés..... | 15 |
| II.2.1. Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical..... | 15 |
| II.2.2. Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal..... | 18 |
| II.3. Rendement épuratoire de filtre planté..... | 21 |
| Chapitre 2 : Matériels et Méthodes..... | 23 |
| I. Filtre planté..... | 24 |
| II. Échantillonnage..... | 25 |
| II.1. Margines | 25 |
| II.2. Sol..... | 25 |
| III. Partie expérimentale..... | 25 |
| III.1. Analyses physico-chimiques des margines..... | 25 |
| III.2. Analyses du sol..... | 27 |
| III.2.1. Analyses microbiologiques du sol..... | 28 |
| III.2.2. Analyses physico-chimiques du sol..... | 28 |
| Chapitre 3 : Résultats et discussion..... | 30 |
| I. Résultats..... | 31 |
| I.1. Caractérisation physico-chimique des margines avant et après le traitement | 31 |
| I.2. Rendement de filtre planté..... | 32 |
| I.3. Résultats des analyses microbiologiques du sol..... | 34 |
| Conclusion..... | 38 |
| Références bibliographiques..... | 39 |
| Liste des abréviations..... | 42 |
| Liste des figures..... | 43 |
| Liste des tableaux..... | 44 |
| Annexe 1 | 45 |
| Annexe 2 | 46 |
| Annexe 3..... | 47 |

Introduction

Le Maroc est parmi les pays méditerranéens les plus producteurs d'huile d'olive, cette production a connu un développement considérable ces dernières années vue son importance nutritionnelle et économique favorisée par le climat du pays.

Après l'extraction de l'huile d'olive par pressage ou centrifugation, le liquide obtenu contient de l'huile et des eaux de végétation (les margines ou « Olive Mill Wastewater (OMW)», qui est un sous-produit de l'huile d'olive) qui sont séparées après par décantation ou par centrifugation. Ces margines, malgré leur traitement tout au long du procédé d'extraction, contiennent encore des produits huileux très importants, considérés toujours comme rejet. L'huile issue des margines ne peut pas être destinée à l'alimentation à cause de sa forte acidité 33,97 % qui dépasse la norme internationale relative à la consommation humaine définie par la norme du Codex Alimentaires, prouvant sa mauvaise qualité. La grande variété des composantes trouvées dans les margines nécessitent des technologies différentes de traitement pour éliminer les agents polluants ayant des effets nocifs sur l'environnement. Divers procédés sont applicables tels que les traitements biologiques (aérobies, anaérobies), traitements physico-chimiques (coagulation/floculation, filtration sur membrane...) et traitements thermiques (incinération, évaporation...). Le traitement par des bassins d'évaporation naturelle reste actuellement, la technique la plus utilisée en raison de sa simplicité et son faible coût. Néanmoins, elle permet une évaporation partielle et lente de ces effluents mais malheureusement en provoquant des effets néfastes sur le sol et peut même atteindre la nappe phréatique par filtration de ces eaux végétatives. Il existe d'autres méthodes pour traiter les margines la plus importante dans notre travail c'est le traitement biologique par un filtre planté.

Les pays méditerranéens les plus producteurs d'huile d'olive, sont confrontés à la problématique de l'élimination des margines qui sont des eaux très polluantes, fortement chargées en matière organique et affectent particulièrement la qualité des eaux dans lesquelles elles sont déversées. Elles colorent les eaux et leur forte charge organique exige une forte consommation d'oxygène entraînant une eutrophisation des eaux. Epanchées sur les sols, les margines réduisent la qualité des sols, à cause de la présence des substrats toxiques qui se fixent au niveau de ces sols.

Objectifs

Le but de ce travail est d'évaluer la qualité microbiologique et physico-chimique des margines de la région de Marrakech avant et après le traitement par un filtre planté. Se même , avoir une idée sur les effets de rejets liquides sur le sol, et de valoriser leur traitement par le filtre planté de roseaux. Les analyses sont réalisées au sein de laboratoire Hydrobiologie, Ecotoxicologie, Assainissement et changement globaux (LHEAC/URAC33) de la faculté des sciences Semlalia, université de Cadi Ayyad, Marrakech-MAROC.

Chapitre 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les margines

I.1. Définition

Les margines sont des effluents liquides très polluants, parfois nommés alpe chine. Le pressage d'une tonne d'olives produit en moyenne 1,5 tonnes de margines avec les modes de production modernes. Ces effluents sont fortement chargés en matière organique et affectent particulièrement la qualité des eaux dans lesquelles elles sont déversées. Ils sont caractérisés par une couleur brune noirâtre et une forte odeur, ils sont connus par un pH acide et une très grande conductivité électrique due surtout aux ions : potassium, chlorure, calcium et magnésium. Leur couleur noire résulte de la présence de polyphénols.

La consommation d'huile d'olive augmente avec les vertus et les propriétés antioxydantes de nombreuses substances (principalement les polyphénols) qu'elle détient. Cette augmentation engendre une activité de trituration intense. Les unités traditionnelles sont les plus communes et les margines générées sont généralement rejetées à proximité de l'unité.

I.2. Compositions

En général, les margines contiennent une variété de composés organiques et minéraux, de nature et de concentration très différentes.

I.2.1 Fraction minérale

Les margines contiennent des quantités significatives de sels minéraux, dont 80% sont solubles (phosphates, sulfates et chlorures) et 20% insolubles (carbonates et silicates). Les éléments les plus représentatifs sont le potassium (47%), les carbonates (21%), les phosphates (14%) et le sodium (7%).

I.2.2 Fraction organique

Les margines comportent deux fractions organiques :

1. Une fraction insoluble constituée essentiellement de pulpes d'olives qui représente la matière en suspension et colloïdale,
2. Une fraction soluble dans la phase aqueuse qui contient les sucres, les lipides, les composés azotés, les vitamines, les acides organiques et les composés phénoliques.

I.3. Les polyphénols

I.3.1. Généralité

Les polyphénols sont des molécules organiques présents dans le règne végétal, sont des métabolites secondaires synthétisées par les végétaux. Nommés aussi phytomicronutriments. Présents dans toutes les parties des plantes, participent aux réactions de défense face à différents stress biotique, et contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux. Leur répartition dans la plante varie selon les espèces, les organes, les tissus ou aussi les différents stades de leur développement.

Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets bénéfiques sur la santé. En effet, leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires, cardiovasculaires et neurodégénératives. Ils sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique.

Ils sont caractérisés par la présence de plusieurs groupements phénoliques : 1 ou plusieurs cycles aromatique (benzéniques) porteurs de 1 ou plusieurs OH

Ils sont souvent associés en structures complexes généralement de haut P.M.

I.3.2 Classification

Les polyphénols peuvent se regrouper en deux grands groupes : **Les non flavonoïdes** dont les principaux composés sont : les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les Tannins, les lignines. les coumarines et **les flavonoïdes**, dont on caractérise principalement : les flavones, flavanones, flavonols, isoflavonones, anthocyanines, proanthocyanidines.

On peut aussi regrouper les polyphénols en fonction de leur forme :

- ✓ Formes simple.
- ✓ Formes polymérisées.

I.3.3 Effet antioxydant des polyphénols

Les composés phénoliques sont capables d'agir comme des antioxydants qui peuvent neutraliser les radicaux libres en donnant un électron ou un atome d'hydrogène. Leurs structures leur confèrent une activité antioxydante aussi importante. Les groupes hydroxyle des polyphénols sont bien des donneurs d'atomes d'hydrogènes ; ils peuvent réagir avec les

espèces réactives de l'oxygène et les espèces réactifs de l'azote, enfin de réaction, le cycle de génération de nouveaux radicaux est interrompu.

Suite à l'interaction avec les espèces réactives initiales, la forme radicalaire de l'antioxydant est produite, ayant une plus grande stabilité chimique que le radical initial. L'interaction des groupes hydroxyle de composés phénoliques avec les électrons du noyau benzénique donne aux molécules des propriétés particulières, le plus notamment la capacité à générer des radicaux libres, où le radical est stabilisé par la délocalisation. Le pouvoir antioxydant des composés phénoliques est également attribué à leur capacité à chélater les métaux ioniques impliqués dans la production de radicaux libres. Cependant, les composés phénoliques peuvent agir comme des prooxydants.

I.4. Caractéristiques physico-chimiques des margines

La caractérisation physico-chimique des margines est généralement tributaire des techniques et des systèmes retenus pour l'extraction d'huile d'olives et diffère d'un pays à l'autre. En général, les margines présentent une composition chimique très complexe et hétérogène.

Elles contiennent une variété de composés organiques et minéraux, de concentration et de nature très différentes, cette variation est due essentiellement aux facteurs suivants (Karapinar et Worgan, 1983 ; Bambalov et al., 1989) :

- Stade de maturation des olives,
- Conditions climatiques,
- Variété des oliviers,
- Situation géographique,
- Temps de stockage des olives avant la trituration,
- Techniques et lieu de stockage,
- Procédé d'extraction d'huile d'olive qui représente l'élément le plus important (De Felice et al., 1997 ; Ramos-Cormenzana, 1986 ; Annaki et al., 1999b) :

- La méthode traditionnelle dite par pressage ou discontinue qui traite 8 à 10 tonnes d'olives par jour.

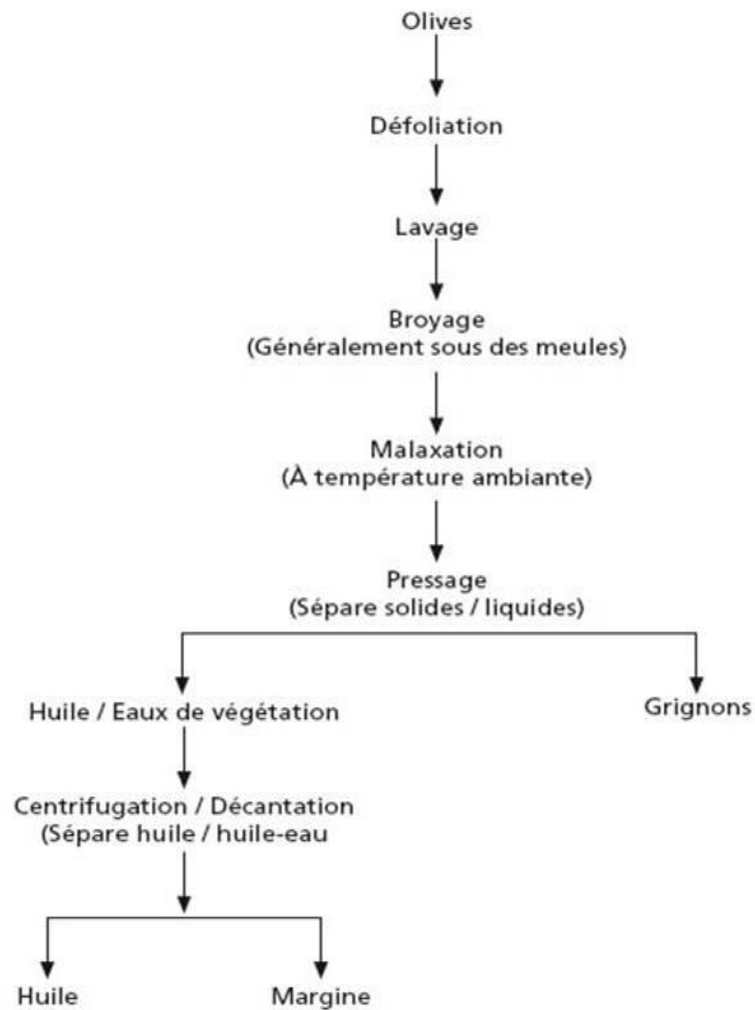


Figure 1 : Extraction de l'huile d'olive par voie discontinue

- La méthode moderne dite par centrifugation ou continue qui traite 30 à 32 tonnes par jour.

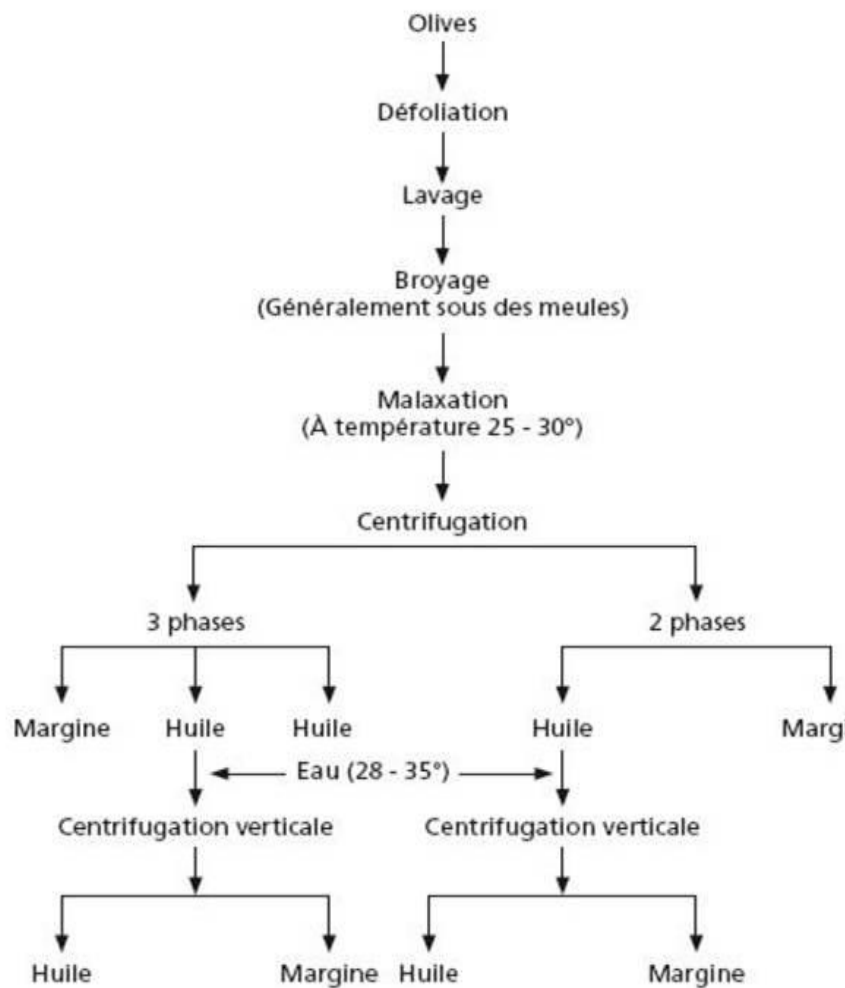


Figure 2 : Extraction de l'huile d'olive par voie continue

La composition des margines a été étudiée par plusieurs chercheurs et comporte approximativement **83 à 94% d'eau**, **4 à 16% de matières organiques** et **0,4 à 2,5% de substances minérales** (Ramos-Cormenzana, 1986 ; Ranalli, 1991a). Elles ont généralement **une forte salinité** due à l'ajout important de sel pour la conservation des olives (**conductivité supérieure à 10 mS.cm-1**) (Zenjari et al., 1999 ; Tsioulpas et al. 2002).

Tableau 1 : Composition des margines (Fiestas, 1981 ; Hamdi, 1993)

| Paramètres | Système d'extraction | |
|---|----------------------|-----------|
| | Discontinuu | Continu |
| Ph | 4.5 à 5 | 4.7 à 5.2 |
| Conductivité (ms/cm) | 16 | 8 |
| Demande chimique en oxygène DCO (g/l) | 120 à 130 | 45 à 60 |
| Demande biologique en oxygène DBO5 (g/l) | 90 à 110 | 35 à 45 |
| Matières sèches MS (g/l) | 120 à 170 | 50 à 60 |
| Matières volatiles MV (g/l) | 88 à 105 | 44 à 55 |
| Matières en suspension MES (g/) | 1 à 2 | 6 à 9 |
| Substances organiques (g/l) | | |
| Sucres totaux | 20 à 80 | 10 |
| Substances azotées | 5 à 20 | 2.8 |
| Acides organiques | 5 à 10 | - |
| Polyalcools | 10 à 15 | 1.1 |
| Pectines-mucilages et tannins | 10 à 15 | 3.7 |
| Polyphénols | 10 à 24 | 5 |
| Graisses | 0.5 à 1 | 3 à 10 |
| Principaux éléments (mg/l) | | |
| Phosphore : P | 1.100 | 96 |
| Potassium : K | 7.200 | 1.200 |
| Calcium : Ca | 700 | 120 |
| Magnésium : Mg | 400 à 6.000 | 48 |
| Sodium : Na | 900 | 45 |
| Fer / Fe | 70 | 15 |

I.5. Effets des margines sur l'environnement

Au Maroc, mais également dans d'autres pays oléicoles, les margines sont dans la plupart des cas rejetés sans aucun traitement dans le milieu naturel, soit directement soit à travers le réseau d'égouts public. Ces effluents sont responsables de sérieux problèmes de pollution de l'environnement.

Effets sur l'eau

- détérioration de la qualité des eaux de surfaces,
- La coloration des eaux naturelles,
- Perturbation et empêchement de l'autoépuration des eaux,
- Toxicité de la microflore.

Effets sur l'air

Les mauvaises odeurs posent des problèmes de pollution de l'air par le taux élevé d'ammoniaque et d'autres gaz produits lors du traitement de ces effluents.

Effets sur le sol

- Sols obturés et suffoqués,
- Mauvaise odeur,
- Pollution de l'aquifère,
- Effet phytotoxique sur la population microbienne du sol.

II. Filtres plantés

II.1. Généralité

Le traitement de nos eaux végétatives est primordial pour la qualité de l'environnement que nous allons laisser aux générations futures. C'est pourquoi nous nous devons de relever le défi que représente l'épuration des margines, grâce aux diverses technologies mises à notre disposition.

Les filtres plantés de macrophytes (roseaux) représentent une des solutions apparue dans les années 80, cette technologie s'est ensuite fortement développée en France. L'attrait que suscitent les filtres plantés de roseaux s'explique notamment par leurs performances d'épuration, leur fiabilité et leur intégration paysagère.

Cet axe traite en premier lieu le principe de fonctionnement de cette technologie puis de son exploitation. La logique qui a été suivie consiste à expliciter les mécanismes généraux de fonctionnement de ces stations en vue de percevoir par la suite l'intérêt et l'importance des tâches d'exploitation qui en découlent.

II.2. Types des filtres plantés

On distingue deux types de filtres plantés :

II.2.1. Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

L'eau s'écoule depuis la surface du lit vers l'intérieur, de manière verticale.

- *Principe de fonctionnement :*

L'effluent, en traversant le massif, est filtré et débarrassé de ses matières en suspension. Elles s'accumulent alors à la surface et dans la partie inférieure du filtre (dans le système racinaire des roseaux). Commence ensuite la deuxième phase de l'épuration, à savoir la dégradation de la pollution organique par les micro-organismes se développant dans le massif filtrant. Ce processus est proche de celui décrit précédemment : les micro-organismes éliminent les matières organiques en consommant de l'oxygène.

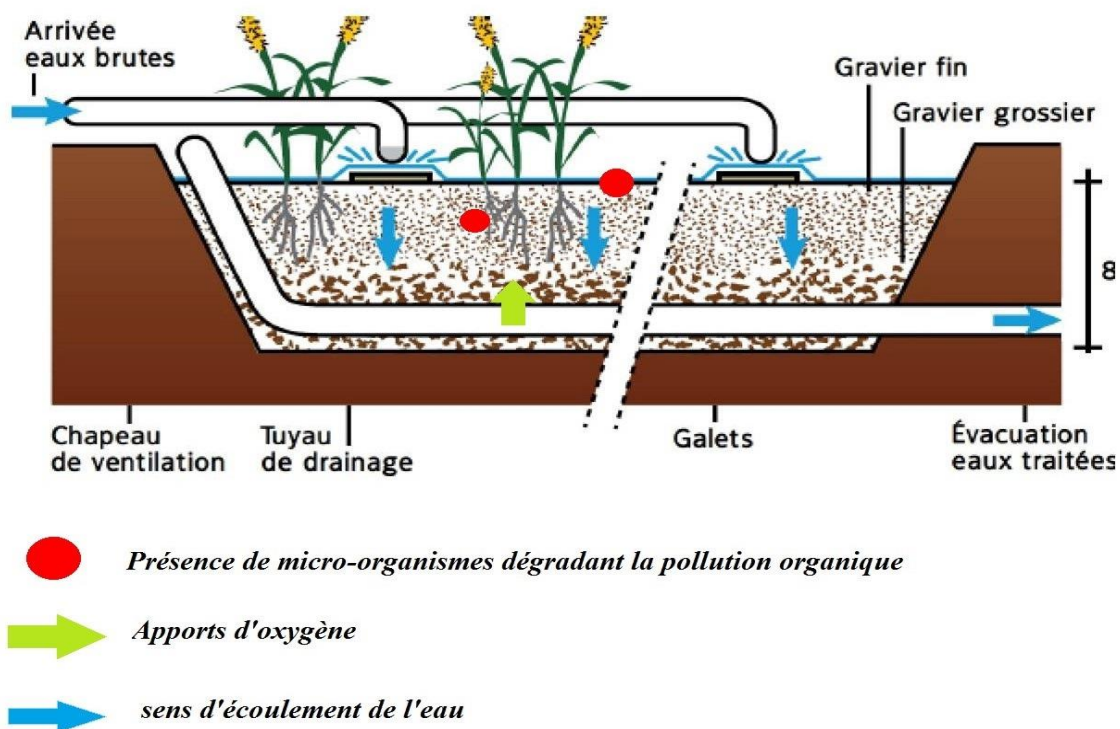
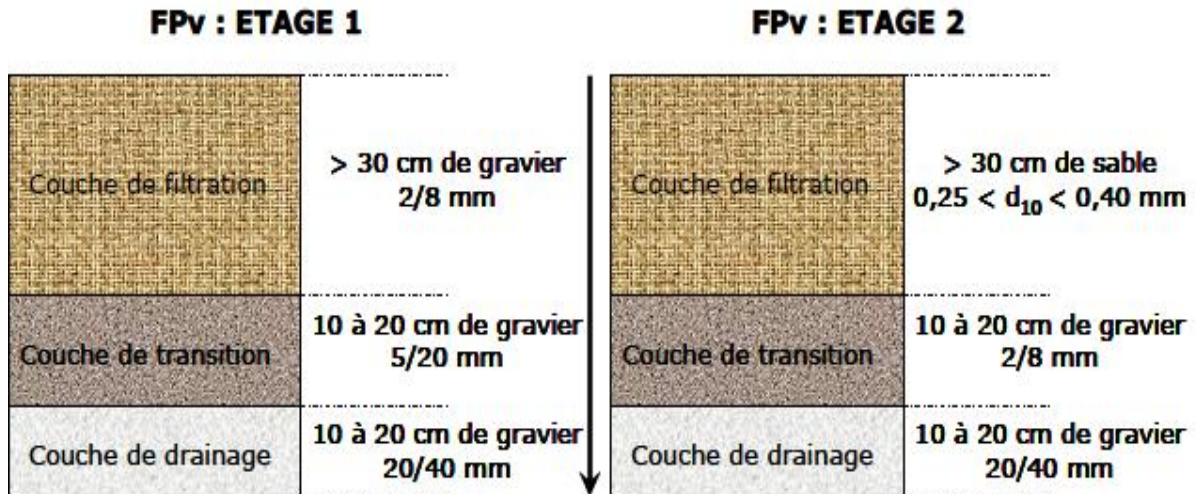


Figure 3 : coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical.

- *Dimensionnement :*

Ce type de filtre planté est constitué de deux étages comme si présenté dans le schéma ci-dessous :



1^{er} étage: 60% de la surface totale

2^{ème} étage : 40% de la surface totale

Figure 4: Matériaux recommandés pour la filière à deux étages de traitement des eaux usées brutes par FPv.

- *Mise en œuvre :*

▪ **Matériaux :**

En général ce filtre est composé de couches de gravier avec une granulométrie différente pour chaque couche :

1^{er} étage :

- ✓ **couche active** : formé de gravier ayant une taille comprise entre 2 à 8 mm pour une épaisseur de 40cm.
- ✓ **Couche drainante** : c'est un ensemble de couches de gravier ayant une granulométrie comprise entre 10 et 20mm.

2^{ème} étage :

- ✓ **Couche à sable** : couche de sable à une épaisseur de 30 cm, cet étage affine le traitement et réduit le colmatage.

- **Alimentation :**

La vitesse d'alimentation en eaux usées brutes doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Les dépôts qui s'accumulent à la surface contribuent à amoindrir la perméabilité intrinsèque du matériau et donc améliorent la répartition de l'effluent. Les végétaux limitent le colmatage de surface, les tiges perçant les dépôts accumulés. Les arrivées d'eau se font en plusieurs points.

- **Evacuation :**

Les drains en tubes synthétiques, rigides et munis d'entailles larges, sont préférentiellement utilisés car ils sont peu sensibles au colmatage. Chaque drain est relié à une cheminée d'aération.

II.2.2. Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal

- **Principe de fonctionnement :**

Les filtres horizontaux sont beaucoup plus sujets au colmatage. Ils sont de ce fait utilisés en majorité après un traitement préalable afin d'éliminer les matières en suspension.

L'oxygénation est beaucoup plus faible que pour les filtres verticaux. L'oxygène est fourni par la partie supérieure non saturée du filtre ainsi que par le système racinaire des roseaux. Cette technologie n'utilise donc que très peu de bactéries aérobies et l'élimination de la pollution carbonée et l'oxydation des matières azotées y sont plus faibles. En revanche, on y observe une dénitrification ce qui diminue les rejets de nitrates. Une partie de la pollution carbonée est tout de même dégradée au niveau des racines (rhizosphère).

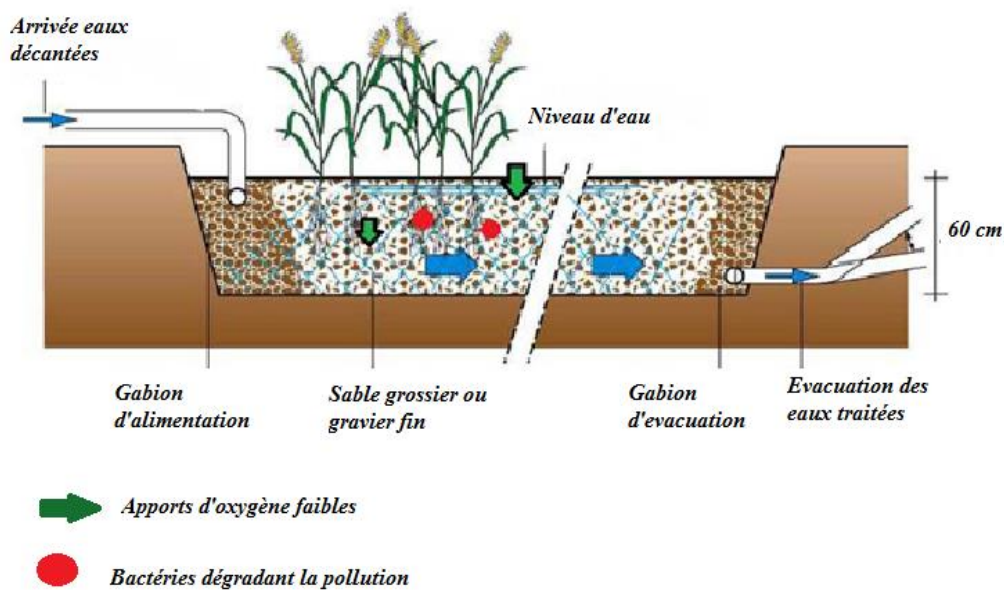


Figure 5 : coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal

- *Mise en œuvre :*

▪ **Compartimentation :**

Pour des tailles supérieures à 500 m², un fractionnement en plusieurs unités de taille réduite facilitera l'entretien et améliorera la répartition hydraulique.

▪ **Pente :**

La pente du fond du lit doit permettre de vidanger complètement le filtre. La pente ne doit cependant pas provoquer l'assèchement des racines au niveau de la sortie.

▪ **Matériaux :**

Suite à de mauvaises expériences, il est désormais préconisé d'utiliser des graviers lavés, de granulométries différentes suivant la qualité des eaux entrantes.

On distingue deux types des filtres horizontaux

- **Filtre planté à écoulement horizontal superficiel**

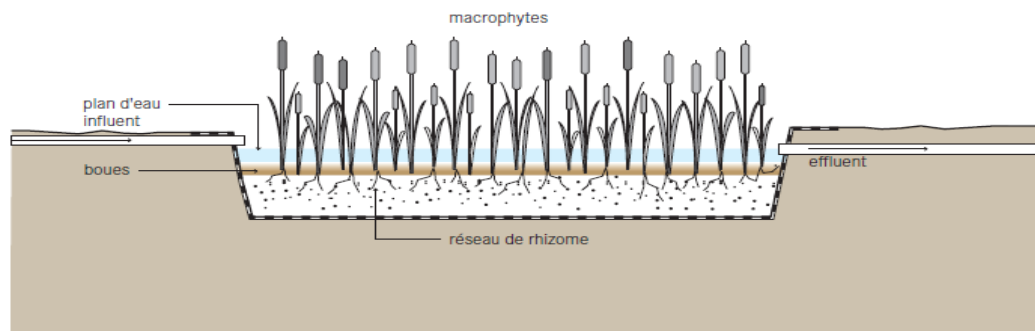


Figure 6 : coupe transversale d'un filtre planté horizontal à écoulement superficiel.

- *L'importance des roseaux*

- **Filtre planté à écoulement horizontal sous-surface**

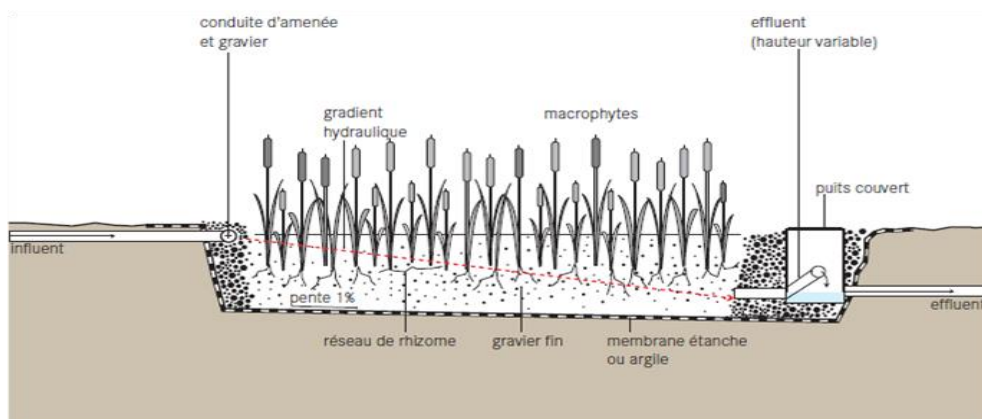


Figure 7 : coupe transversale d'un filtre planté horizontal à écoulement sous-surface.

- **L'importance des roseaux**

Les roseaux ont un système racinaire très développé. Ces racines, spécialisées dans l'absorption de l'eau et des sels minéraux contenus dans le sol, accumulent des réserves et permettent à la plante de se fixer au substrat. Au cours des processus d'absorption, les racines libèrent des glucides, des enzymes et d'autres nutriments, utilisables par les micro-organismes. L'intense réseau racinaire favorise donc la fixation des bactéries épuratrices sur les rhizomes.

Elles abritent donc une flore bactérienne importante, qui se nourrit des effluents et dégrade la matière organique. Toute une population de bactéries, champignons et autres micro-organismes se concentre ainsi autour de la racine : on estime que les bactéries, dans cette zone privilégiée, plus nombreuses que dans un sol nu. Ces micro-organismes vont favoriser la minéralisation de l'azote et du phosphore, qui seront alors disponibles pour la plante. Ainsi se crée une étroite coopération entre plantes et micro-organismes. Cette partie du sol où des organismes vivants sont associés est appelée la rhizosphère. L'activité microbienne au niveau de cette rhizosphère dépend de différents facteurs, comme la teneur en eau et en oxygène.

Les bactéries fixées au niveau de cette rhizosphère sont aérobies : elles ont besoin d'oxygène pour dégrader la matière organique. Outre leur implication, via leur système racinaire, dans la dégradation de la matière organique, les roseaux ont une action mécanique : avec le vent, ils cassent la croûte qui se forme à leurs pieds (dans le cas d'un filtre vertical seulement), ce qui permet de limiter les phénomènes de colmatage et de garantir la perméabilité du filtre en surface. Cette protection est possible grâce au mode de croissance très rapide des racines.

La rhizosphère génère un système décolmatant grâce aux racines tubulaires (rhizomes traçants) et aux nouvelles tiges qui poussent à travers le massif filtrant et les boues accumulées. Les roseaux colonisent la totalité des casiers dès la deuxième année de fonctionnement. L'intense réseau racinaire favorise la fixation des bactéries épuratrices sur les rhizomes.

Enfin, les roseaux offrent également une protection contre les faibles températures et protègent les bactéries contre l'action des rayons ultraviolets du soleil, qui si non les tueraient.

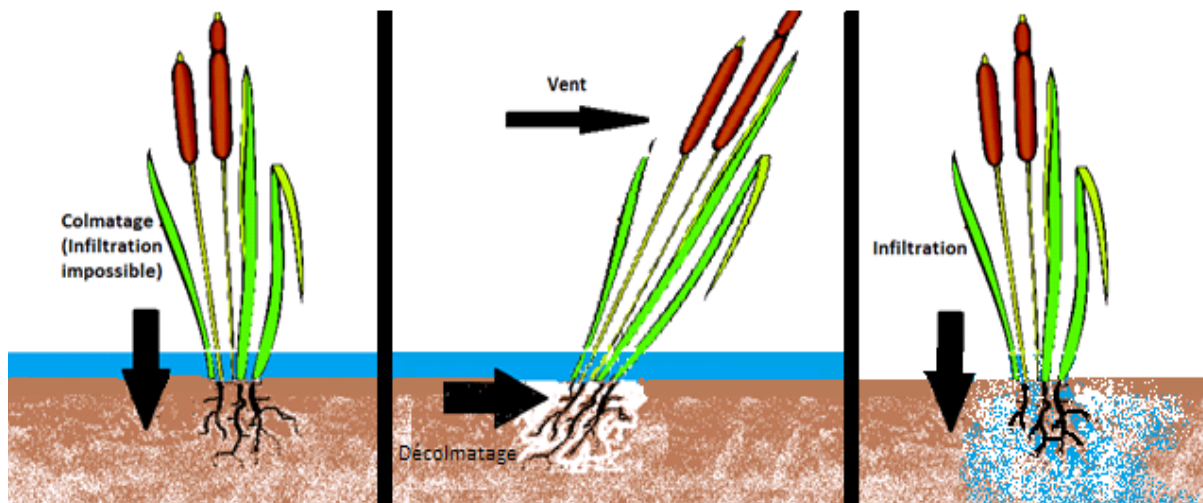


Figure 8 : schéma illustrant l'action des roseaux pour un filtre vertical (élimination de colmatage).

II.3. Rendement épuratoire du filtre planté

L'épuration, grâce aux filtres plantés de roseaux, se réalise selon le principe de l'épuration biologique principalement aérobie en milieux granulaires fins à grossiers, en éliminant le maximum des éléments qui participent dans cette décharge organique à savoir les nitrates, la MES, l'ammonium..., c'est pour quoi le filtre planté fait ce traitement par deux étapes :

- **la filtration superficielle** : les matières sèches en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant et avec elles une partie de la pollution organique (DCO particulaire).
- **l'oxydation** : le milieu granulaire constitue un réacteur biologique servant de support aux bactéries aérobies responsables de l'oxydation de la pollution dissoute (DCO soluble, azote organique et ammoniacal).

Ces deux étapes nous donnent une idée sur la manière dans laquelle se fait le traitement des margines par le filtre planté, mais pour savoir l'efficacité de cette technique, il faut voir quelques résultats de cette opération :

Tableau 2 : Rendement moyen de traitement des margines.

| | Rendement épuratoire par paramètre (%) | | | | | |
|----------------------------|--|-----|-----|----|-----|----|
| | DBO ₅ | DCO | MES | NK | NGL | Pt |
| Valeurs annoncées | - | - | - | - | - | - |
| Valeurs moyennes observées | 90 | 85 | 90 | 85 | 45 | 40 |

Tableau 3 : concentration minimale de l'eau traitée.

| | Concentration minimale de l'eau traitée par paramètre (mg/l) | | | | | |
|----------------------------|---|------------|------------|-----------|------------|-----------|
| | DBO₅ | DCO | MES | NK | NGL | Pt |
| Valeurs annoncées | 25 | 90 | 30 | 10 | - | - |
| Valeurs moyennes observées | 10 | 40 | 10 | 5 | 30 | 4 |

Chapitre 2
MATERIELS ET METHODES

I. Filtre planté

Les essais ont été effectués en utilisant une eau sortie d'un pilote filtre planté installé à la faculté des sciences Semlalia par le **LHEA**, ce filtre traite un mélange Eaux usées urbaines/margines

Ce filtre planté est composé de 3 couches :

- 1- Couche à sable : couche de sable à une épaisseur de 30 cm
- 2 - Couche de gravier à une granulométrie de 2 à 8mm pour une épaisseur de 10cm.
- 3- Couche drainante : c'est une couche de gravier à une granulométrie de 20 à 40mm.



Figure 9: filtre planté installé à la faculté des sciences Semlalia par le LHEA.

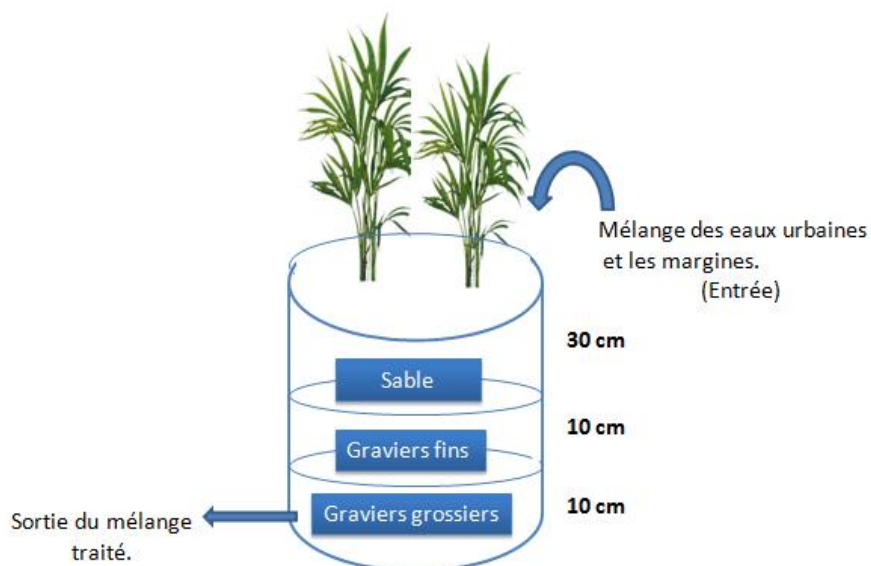


Figure 10 : schéma montre la structure et la composition du filtre planté utilisée

II. Echantillonnages

II.1. Margine

L'échantillon utilisé dans cette étude a été retiré d'une unité d'extraction d'huile d'olive. Cette unité travaille avec un système d'extraction traditionnel (presse). Elle est située à Rass El Ain à 50 km de la ville de Marrakech sur la N8.

L'échantillonnage à été réalisé au cours du mois de février.

II.2. Sol

L'échantillon du sol utilisé dans cet essai a été prélevé dans les 10-20 premiers cm de profondeur au niveau d'un jardin de la faculté des sciences Semlalia.

III. Partie expérimentale

III.1. Analyses physico-chimiques des margines

III.1.1. L'Acidité (pH)

Le pH est mesuré dans une suspension de moulins 'effluents' d'olive à température ambiante. Le pH ou la concentration des ions hydrogène indique le taux d'alcalinité ou d'acidité de l'eau. Il est mesuré par un pH-mètre de type CONSORT C 562.

III.1.2. Matière en suspension (MES)

La détermination de la matière en suspension est basée sur la séparation des matières solubles et celles insolubles par filtration (AFNOR T90-105 1983). Après avoir lavé le disque filtrant (0,45µm) avec l'eau distillée, il est séché à 105°C à la masse constante. Après refroidissement, le filtre est pesé sur une balance analytique dont la sensibilité est d'au moins 0.1 mg et placé dans l'équipement de filtration. 10 ml d'OMW dilués sont filtrés sur Millipore. Après drainage et séchage à 105°C, le filtre est pesé. Le MES est exprimé en g/l.

III.1.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la consommation d'oxygène nécessaire pour compléter l'oxydation des matières organiques de l'OMW. Il est exprimé en grammes d'oxygène par litre d'échantillon. La détermination de la DCO est faite par la méthode du dichromate de potassium selon la norme AFNOR (T 90-101, 1983). Les valeurs de DCO mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre de type –UV marque visible 4201/20 Zuzi.

III.1.4. Extraction et détermination des polyphénols

L'extraction des polyphénols se fait selon le protocole (Macheix *et al.* 1990).

Sur 2 ml des filtres végétaux, on ajoute 2 ml de sulfate d'ammonium (40%) et 0.4 ml d'acide métaphosphorique (20%), puis on procède par 2.2 ml d'éther de pétrole trois fois, puis extrait trois fois avec 4,4 ml d'acétate d'éthyle, l'extrait est évaporé à sec à 35°C et le résidu est recueilli dans 5 ml de méthanol pur.

Après cela, on mélange 50µl du phénol extrait avec 1,35 ml d'eau distillée et 200 µl de réactif Folin-Ciocalteu. Après 3 minutes, on ajoute au mélange 400 µl d'une solution de carbonate de sodium à 20%. L'ensemble est placé dans un bain de soleil pendant 20 min à 40°C. L'absorbance mesurée par le spectrophotomètre à 760 nm.

III.1.5. Phosphore total

L'OMW était minéralisé avec l'acide sulfurique en présence d'une minéralisation au catalyseur K₂SO₄. Après ajustement du pH entre 1.5-2.5 avec NaOH (3N), le dosage est effectué suivant le protocole (AFNOR T90-023 1983).

III.1.6. Azote total de Kjeldahl (NTK)

La détermination du NTK a été effectuée selon la méthode de la norme AFNOR T90-110 (1983) en deux étapes. La première étape est une digestion acide (concentré H₂SO₄) qui convertit tous les composés azotés organiques en ammoniac. Dans la deuxième étape, les ions ammonium ont été transformés par distillation d'ammoniac. Ce dernier, sous l'action du NaOH, était entraîné par la vapeur et récupéré dans le tampon de borate. Le dosage a été effectué par titrage.

III.1.7. Azote ammoniacal (NH₄⁺)

L'azote de l'ammoniac (NH₄-N) est déterminé par une technique colorimétrique selon la norme AFNOR (T90-015), (1983), dont le principe est le suivant: L'ion ammonium (NH₄) se lie à une molécule de phénol en présence de chlore. La réaction est catalysée par le nitroprussiate de sodium. Il forme un complexe de type indophénol qui donne une coloration bleue. La densité optique est mesurée à 630 nm.

III.1.8. Nitrite (NO₂)

Les nitrites sont déterminés selon l'absorption moléculaire par spectrométrie standard de l'AFNOR (T90-013) 1983 à 537 nm; Après la diazotation du "4-amino-benzènesulfonamide (sulfanilamide) et le couplage à pH 1,9 avec le dichlorure de N- (1-naphtyl) 1,2-diaminoéthane (N-1-naphtyléthylènediamine).

III.1.9. sulfates (SO₄²⁻)

La mesure des sulfates s'effectue selon (Rodier, 2009.) Les sulfates sont précipités dans un milieu chlorhydrique en "Sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé en utilisant une solution de Tween 20. Des suspensions homogènes sont mesurées dans le spectromètre.

III.2. Analyses du sol

Plan expérimental de l'essai

Cet essai consiste à faire un épandage sur le sol par les margines. Après le tamisage, on ajoute 200g du sol dans 8 pots. Trois traitements ont été appliqués (2 essai pour chacun) :

- une entrée de 5% (eau usée urbaine/margines).

- une sortie 5%.

- marge brute (100%).

Et un témoin (eau de robinet).

L'épandage a été réalisé chaque jour par 50ml de chaque traitement.

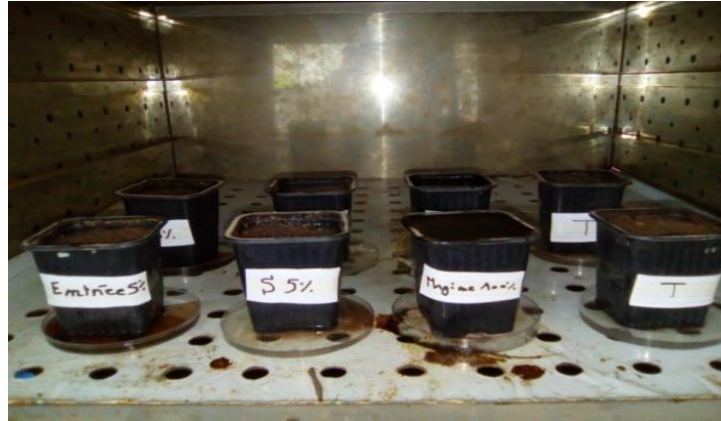


Figure 11 : Essai d'épandage sur le sol par les margines

III.2.1. Analyses microbiologiques du sol

Analyses microbiologique du sol ont porté sur la flore mésophile aérobie totale (FMAT)

Le dénombrement de la FMAT du sol a été déterminé à partir d'une solution du sol, 1 g a été dilué dans 10 mL d'eau distillée stérile. Ainsi une série de 6 dilutions successives a été préparée à partir de la solution mère. Ensuite, se poursuit un ensemencement dans un milieu de culture défini (gélose P.C.A) en boîte de pétri, des diverses dilutions de la suspension mère. Les boîtes, sont ensuite incubées à 25°C durant 10 jours. Le calcul du nombre de microorganismes, se fait à partir du nombre de colonies obtenues dans la ou les boîtes correspondant aux dilutions donnant un résultat significatif en UFC/g de sol. Chaque colonie est considérée comme ayant été engendrée par un microorganisme.

III.2.2. Analyse physico-chimique du sol

Les paramètres physico-chimiques du sol sont mesurés à l'aide d'une Multiparamètre HI 9829 dans une suspension (10g du sol+ 50ml de l'eau distillée)

➤ **L'acidité (pH)**

Le pH ou la concentration des ions hydrogène indique le taux d'alcalinité ou d'acidité de la suspension.

➤ **La conductivité**

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Les résultats obtenus sont exprimés en micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

➤ **Les solides dissous totaux (TDS)**

Les solides totaux dissous représentent une évaluation totale des sels minéraux contenus dans la suspension. Cette valeur traduit une évaluation totale sur le taux de minéraux qui ont été dissous dans la suspension. Les résultats obtenus sont exprimés en mg/l.

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats

1.1. Caractérisation physico-chimique des margines avant et après le traitement

Le tableau 4 présente les caractéristiques physico-chimiques du mélange étudié (eau usée urbaine/margine) avant et après le traitement par le filtre planté (entrée et sortie).

Les résultats obtenus avant le traitement montre que les margines étudiés (1%) ont une acidité de l'ordre 6.23 et une conductivité très élevée (12.12 ms.cm⁻¹) et une salinité (7,01 PSU). Ces valeurs reflètent la teneur élevée en sels présents dans ces effluents. Ces margines sont aussi caractérisés par la prédominance des substances toxiques notamment les composées phénoliques 467,13mg/l et les indicateurs de la pollution (Sulfate : 337,03 mg/l) et (Orthophosphate : 25.96 mg/l)....

Tableau 4 Les caractéristiques des margines (1%) avant et après le traitement par le filtre planté.

| Paramètre | Entrée | Sortie |
|-------------------------|---------------|---------------|
| Ph | 6.23 | 8.36 |
| Conductivité (ms/cm) | 12,12 | 2,12 |
| Température (°C) | 16,35 | 13,75 |
| Oxygène dissous (mg/l) | 9.6 | 10.50 |
| TDS (mg/l) | 6080 | 1064,00 |
| Salinité (PSU) | 7,01 | 1,10 |
| MES (g/l) | 0,51 | 0,00 |
| DCO (g/l) | 13,29 ± 0,69 | 1,13 ± 0,40 |
| Polyphénols (mg/l) | 467,13 ± 5,26 | 23,44 ± 1,99 |
| Orthophosphate (mg/l) | 25,96 ± 1,52 | 1,19 ± 0,13 |
| Phosphore totale (mg/l) | 31,35 ± 1,65 | 0,15 ± 0,04 |
| Amonium (mg) | 2,98 ± 0,53 | 0,13 ± 0,03 |
| Sulfate (mg/l) | 337,03 ± 2,75 | 192,15 ± 2,03 |
| Nitrate (mg/l) | 0,47 ± 0,01 | 2,16 ± 0,35 |
| Nitrite totaux (mg/l) | 6,61 ± 0,34 | 1,37 ± 0,34 |

1.2. Le rendement de filtre planté

Le traitement par le filtre planté a pu éliminer 100% de la MES.

La teneur en polyphénols a diminué considérablement, elle passe de 467,13 g/l avant le traitement à 23,44 g/l après le traitement. Cette diminution peut s'expliquer par la bonne aération et aussi par l'augmentation de pH (l'acidité est diminuée de 6.23 à 8.36) après le passage par le filtre qui favorise la dégradation des composés phénoliques. Les phénols se transforment en phénolates avec formation des C_6HSO qui sont retenus par les colloïdes du sol (Macheix et al,1990).

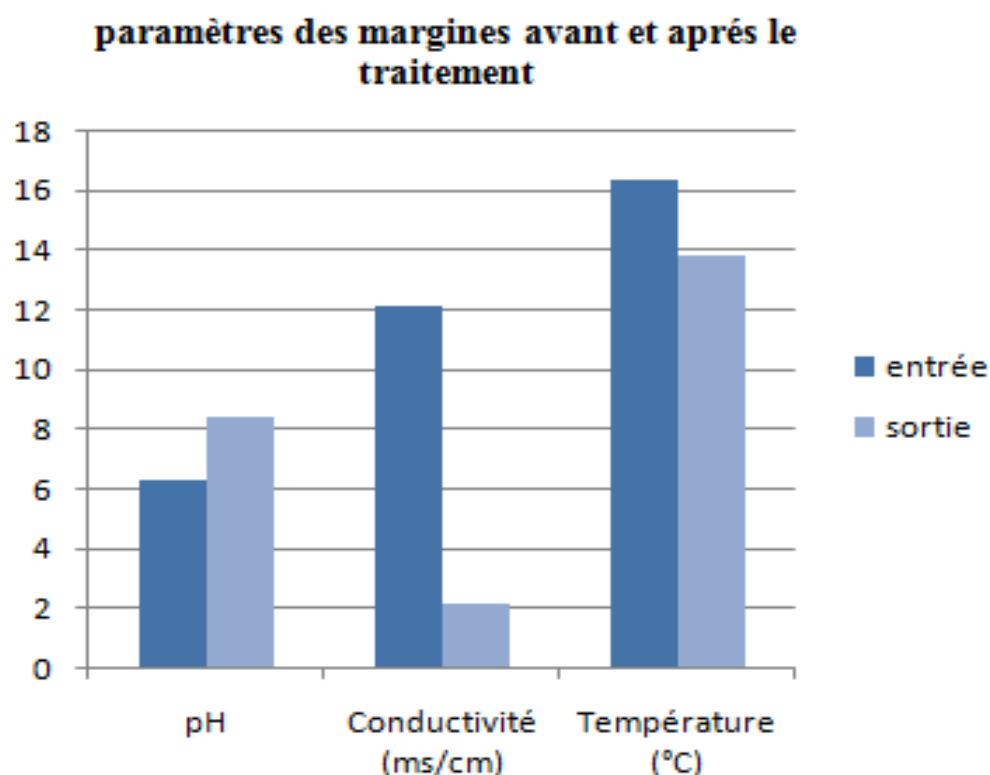


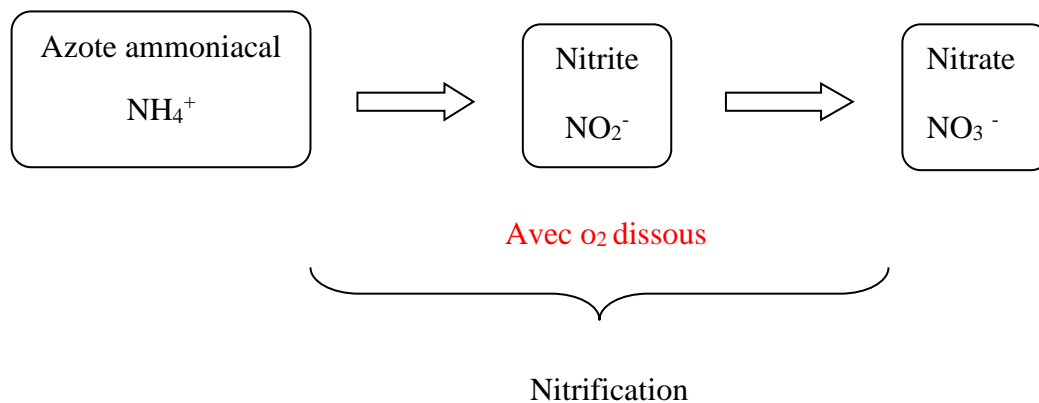
Figure 12 : Graphe montre la diminution de quelques paramètres (Acidité, conductivité et température) des margines étudiés après le traitement.

La DCO est diminuée après le traitement de 13,29 g/l en entrée à 1,13 g/l en sortie (avec un taux d'abattement correspondant à 91,46%). Cette diminution dû à la dégradation de la matière organique dissout par les bactéries hétérotrophes qui consistent un bio-filtre sur les agrégats de gravier. Cette dégradation se fait en présence d'oxygène qui provient de la diffusion, la convection et la fuite des racines des macrophytes.

La teneur en nitrate a été augmentée avec un taux d'abattement nul (Figure 13) après le traitement et on peut expliquer cette augmentation par la nitrification par lequel les nitrates sont produits dans l'environnement. Celle-ci se fait en deux étapes distinctes, chacune sous l'action de micro-organismes différents.

Étape 1 : l'ammoniac est oxydé en nitrite, c'est la nitrification.

Étape 2 : le nitrite est oxydé en nitrate, c'est la nitrification.



On note aussi la diminution de l'orthophosphate avec un taux d'abattement correspondant à 95,41%, cette diminution est due essentiellement aux mécanismes de sédimentation, de précipitation ou l'absorption.

Le taux d'abattement spécifié de chaque paramètre

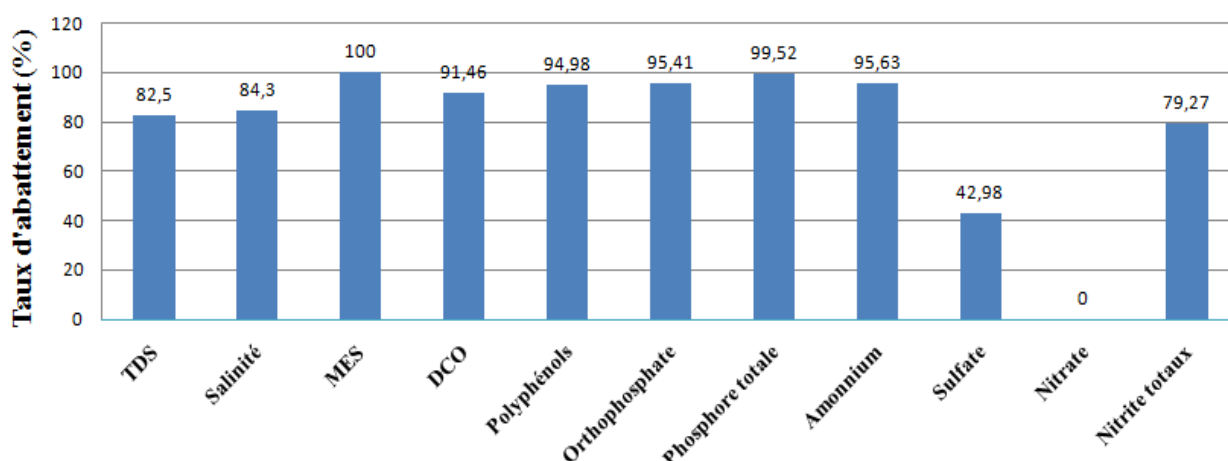


Figure 13 : le taux d'abattement pour chaque paramètre après le traitement.

La TDS est montrée une forte diminution, elle passe de 6080mg/l en entrée à 1064 mg/l en sortie. La conductivité est passée de 12,12 mS/cm à 2,12 mS/cm (Figure 11) puisque la teneur en sels a diminué.

I.3. Les résultats des analyses microbiologiques du sol.

Les résultats des analyses microbiologiques du sol avant et après l'épandage par les différents traitements montrent qu'il y a une diminution de la flore mésophile totale (FMAT) par rapport au témoin et la FMAT initiale (avant l'épandage).

L'entrée 5% permet de diminuer la FMAT du sol de 4.10^6 à 18.10^4 UFC par gramme de sol après 8 jours d'épandage, et de 4.10^6 à 4.10^4 UFC par gramme de sol après 20 jours d'épandage.

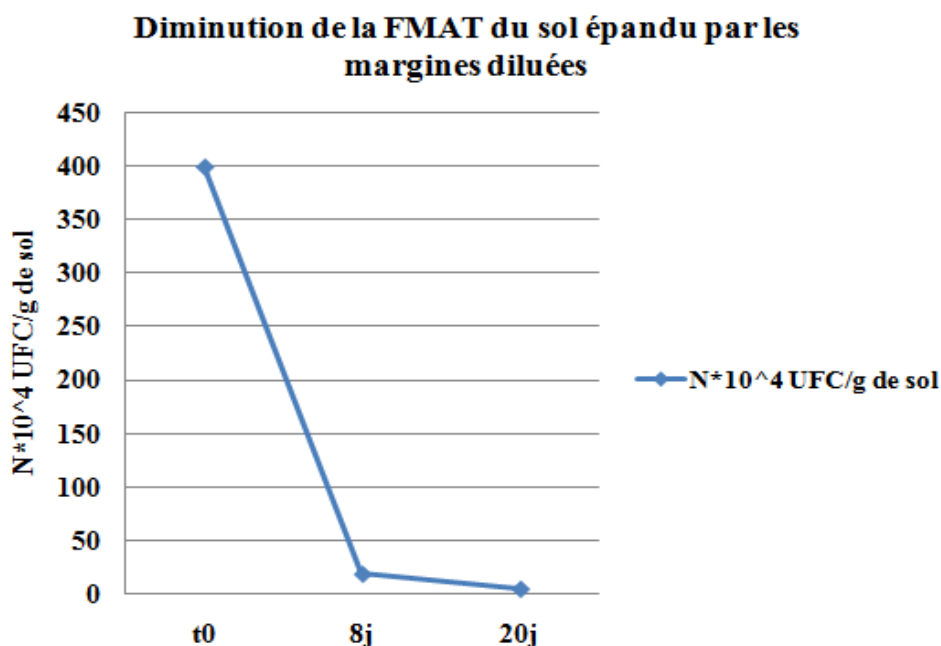


Figure 14 : diminution de la FMAT du sol épandu par les margines diluées.

Tandis que la FMAT du sol traité par la sortie 5% a diminué, elle passe de 4.10^6 à 144.10^4 UFC par gramme du sol après 8 jours d'épandage, et de 4.10^6 à 33.10^4 UFC par gramme du sol après 20 jours d'épandage.

Diminution de la FMAT du sol épandu par les margines taritées

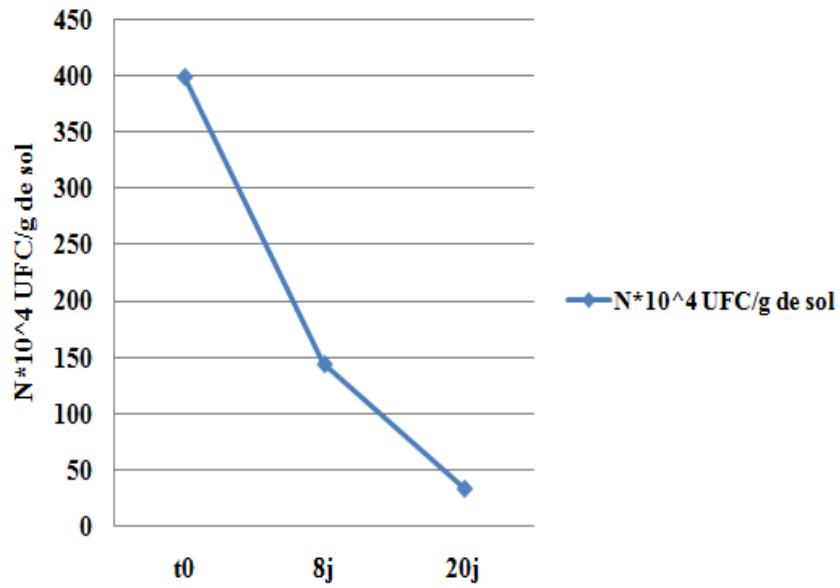


Figure 15 : diminution de la FMAT du sol épandu par les margines traitées

D'autre part la FMAT du sol traité par les margines brutes non traitées montre une diminution jusqu'à 2.10^4 UFC par gramme de sol après 20 jours d'épandage.

Diminution de la FMAT du sol épandu par les margines brutes non traitées

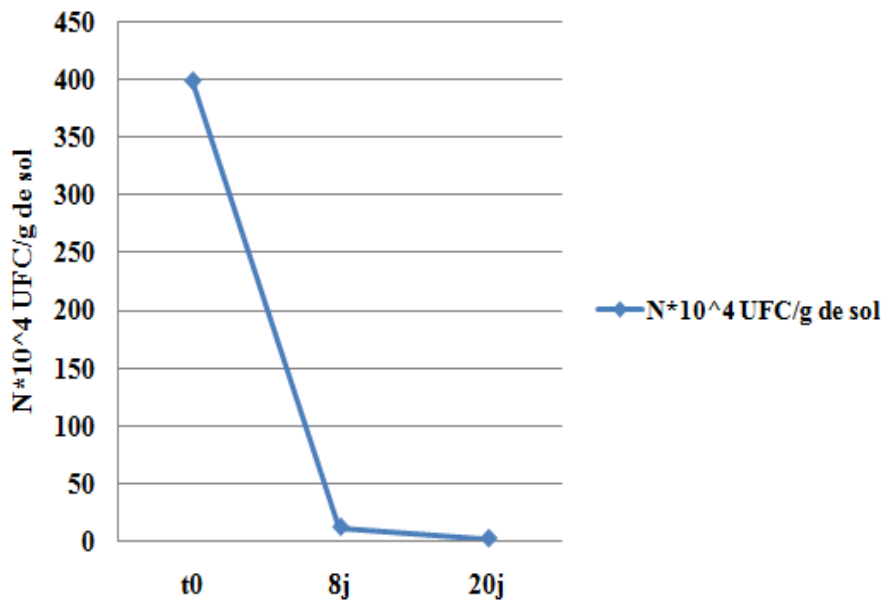


Figure 16 diminution de la FMAT du sol épandu par les margines brutes non traitées

I.1. Les résultats des analyses physico-chimiques du sol avant et après l'épandage

Les paramètres physico-chimiques du sol épandu par les margines brutes a connu un changement remarquable, l'acidité a été augmenté jusqu'à 3,45 après 20 jours d'épandage, la conductivité a été augmenté de 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avant l'épandage à 7895, cette augmentation peut s'expliquée par l'élévation de la teneur en sels provient des margines.

Tandis que le sol épandu par les margines traitées (sortie 5%) a connu un changement moins que le sol épandu par les autres traitements

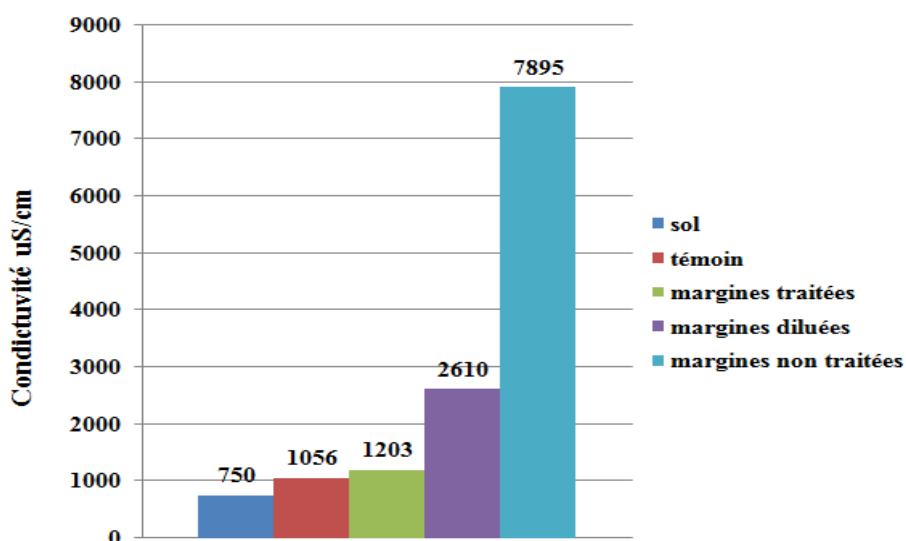


Figure 17 : variation de la conductivité du sol en fonction de traitement appliqué.

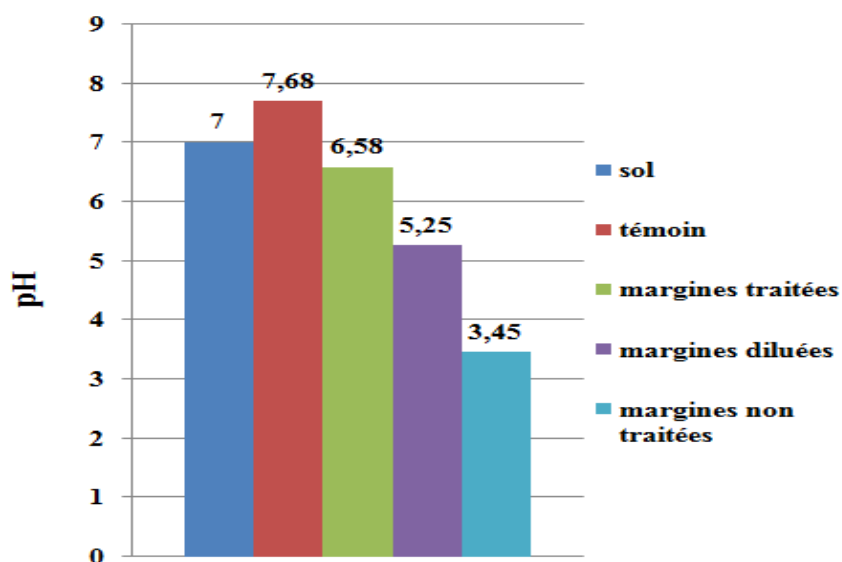


Figure 18 : variation du pH du sol en fonction de traitement appliqué.

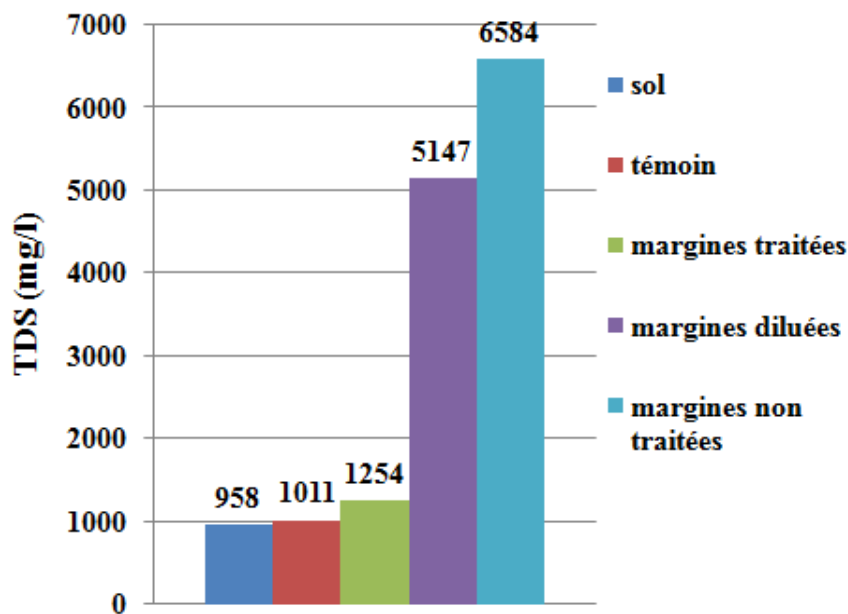


Figure 19 : variation de la TDS du sol en fonction de traitement appliqué.

II. Discussion générale

Les analyses physico-chimiques montrent que les margines sont des effluents dotés d'énorme pouvoir polluant. En effet, elles sont très riches en matière organique. De plus les teneurs en éléments phénoliques.

Les résultats d'épandage du sol ont permis de montrer l'influence des rejets des margines sur les microorganismes du sol. Ces résultats ont révélé que les margines brutes non traitées induisent une grande modification au niveau de l'activité microbienne et au niveau des caractéristiques physico-chimiques du sol.

Alors que les margines traitées induisent une faible modification. Donc on peut dire que le traitement de ces margines par le filtre planté a permis de réduire leur impact sur la flore totale du sol.

Les résultats de cette expérience montrent que l'épandage des margines influence d'une façon remarquable sur la flore mésophile totale après 20 jours, ceci peut s'expliquer par les effets toxiques des compositions phénoliques et la teneur élevée en matières organiques des margines.

Par contre le sol épandu par les margines traitées par le filtre planté installé par LHEA à la Faculté des sciences Semlalia à enregistré un effet sur la FMAT plus ou moins faible.

Par conséquence, on peut conclure que le traitement des margines par le filtre planté avant de les rejeter peut réduire leurs impact négative sur l'environnement et surtout sur le sol agricole.

CONCLUSION

Ce travail a permis dans un premier temps d'étudier les caractéristiques physico-chimiques des margines, et de suivre leur traitement par filtre planté, en observant leur impact sur la flore du sol par un essai d'épandage.

Le filtre planté a une efficacité d'éliminer et diminuer la teneur des margines en composés phénoliques, de la matière organique, et des autres indicateurs de pollution (Nitrates, phosphore total, DCO, etc.) avec un taux d'abattement très élevé (de 42.98% à 99.52%).

L'épandage du sol par différents traitements (entrée 5%, sortie 5%, margines brutes, et le témoin (eau du robinet)), assure une diminution de la flore mésophile totale du sol, cette diminution varie selon le traitement appliqué, les margines traitées ont une modification moins que celle des margines brutes, cet essai montre par conséquent l'importance du traitement des margines avant leur rejet dans l'environnement et les milieux agricoles soit par un filtre planté pour notre cas, soit par une autre méthode en réduisant leur impact sur l'environnement.

Références bibliographiques

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, 1999. Epuration des eaux usées par des filtres plantés de macrophytes

Annaki A., Chaouch M., Rafiq M. 1999b Influence de la durée du stockage des olives sur l'évolution de la composition des margines. *L'eau. L'industrie. Les nuisances*, 218, 24-28

Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., Berker, K. I. & Özyurt, D. 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules* 12, 1496- 1547.

Arda Y., Nazli B. P., Semra Y .T. 2010. Performance evaluation on the treatment of olive mill waste water in vertical subsurface flow constructed wetlands. *Desalination*, 262 : 209–214.

Bambalov G., Israilides C., Tanchev S. 1989 Alcohol Fermentation in olive Oil Extraction Effluents, *Biological Wastes*, 27, 71-75.

De Felice B., Pontecorvo G., Carfagna M. 1997 degradation of waste waters from olive oil mills by *Yarrowia lipolytica* ATCC 20 255 and *pseudomonas pitida*. *Acta Biotechnol.*, 17, 231-239.

Fiestas Ros De Urinos 1981, Vegetation Water used fertilizer, symposium on olive by products valorization, Seville Espana ,p 292.

Fiorentino A., Gentili A., Isidori M., Monaco P., Nardelli A., Parrella A., Temussi F. 2003. Environmental effects caused by olive mill Waste waters : toxicity comparison of low-molecular-weight phenol Components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 : 1005–1009.

Hamdi M., Ellouz P. 1993Treatment of detoxified olive mill wastewater's by anaerobic filter and aerobic fluized bed processes. *Environ. Technol.*, 14, 183-188.

- Karapinar M., Worgan M.J.T. 1983** Bioprotein production from the waste products of olive oil extraction, *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 33, 185-188.
- Laughton, M. J., Halliwell, B., Evans, P. J., Robin, J. & Hoult, S. 1989.** Antioxidant and pro-oxidant actions of the plant phenolics quercetin, gossypol and myricetin. *Biochemical Pharmacology* 38 (17), 2859-286.
- Office International de l'Eau, juin 2008,** Recommandations pour l'exploitation des Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical.
- Macheix J.J., Fleuriot A., Billot U. 1990** Fruit phenolic. CRC press Inc., Boca Raton Florida, 378p.
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A. & Andrade, B. P. 2009.** Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules* 14, 2202-2211.
- Ramos-Cormenzana A. 1986** Physical, chemical, microbiological and biochemical characteristics of vegetation water. In: *Inter. Symp.: On olive by-products valorization.* Sevilla-Spain. 41-60.
- SATESE 56. Etude 2008,** filtres plantés de roseaux réalisation et fonctionnement dans le Morbihan. 2008
- Sayadi S., Allouche N., Jaoua M., Aloui F. 2000.** Detrimental effects of high molecular mass polyphenols on olive mill wastewater biotreatment. *Process Biochemistry.* 35, 725-735.
- Tsao, R. 2010.** Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients* 2, 1231- 1246.
- Tsioulpas A., Dimou D., Iconomou D., Aggelis G. 2002 .**Phenolic removal in olive mill wastewater by strains of *Pleurotus* spp. In respect to their phenol Oxidase (laccase) activity. *Bioresource Technology*, 84, 251-257.
- Zenjari B., Hafidi M., El Hadrami Bailly J.P., Nejmeddine A. 1999.** Traitement aérobie des effluents d'huilerie par les micro-organismes du sol. *Agrochimica*, XLIII, 5-6

Liste des abréviations

- **Ca** : Calcium
- **DBO₅** : Demande Biochimique en Oxygène à cinq jours, concentration exprimée en mg d'O₂/L
- **DCO** : Demande Chimique en Oxygène, concentration exprimée en mg d'O₂/L
- **EH** : Equivalent Habitant
- **Fe** : Fer
- **FPv** : filtre planté vertical
- **K** : potassium
- **LHEAC** : Laboratoire Hydrobiologie, Ecotoxicologie, Assainissement et changements globaux.
- **MES** : Matières en Suspension, concentration exprimée en mg/L
- **Mg** : Magnésium
- **MS** : Matière Sèche
- **MV** : Matières volatiles (mg/L)
- **Na** : Sodium
- **NGL** : Azote Global, concentration exprimée en mg de N/L
- **NK** : Azote Kjeldahl, concentration exprimée en mg de N/L
- **OMW** : Olive Mill Wastewater
- **P** : Phosphore
- **P.M** : Poids Moléculaire
- **Pt** : Phosphore total
- **FMAT** : Flore Mésophyte Aérobie Totale
- **UFC** : unité formant colonie
- **TDS** : Solides Totaux Dissous

Liste des figures

Figure 1 : Extraction de l'huile d'olive par voie discontinue.

Figure 2 : Extraction de l'huile d'olive par voie continue.

Figure 3: coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical.

Figure4 : Matériaux recommandés pour la filière à deux étages de traitement des eaux usées brutes par FPv.

Figure 5 : coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal.

Figure 6 : coupe transversal d'un filtre planté horizontal à écoulement superficiel.

Figure 7 : coupe transversal d'un filtre planté horizontal à écoulement sous-surface.

Figure 8 : schéma illustrant l'action des roseaux pour un filtre vertical (élimination de colmatage).

Figure 9 : filtre planté installé à la faculté des sciences Semlalia par le LHEA.

Figure 10 : schéma montre la structure et la composition du filtre planté utilisée.

Figure 11 : Essai d'épandage sur le sol par les margines.

Figure 12 : le taux d'abattement pour chaque paramètre après le traitement.

Figure 13 : Graphe montre la diminution de quelques paramètres (Acidité, conductivité et température) des margines étudiés après le traitement.

Figure 14 : diminution de la FMAT du sol épandu par les margines diluées.

Figure 15 : diminution de la FMAT du sol épandu par les margines traitées.

Figure 16 : diminution de la FMAT du sol épandu par les margines brutes non traitées.

Figure 17 : variation de la conductivité du sol en fonction de traitement appliqué.

Figure 18 : variation du pH du sol en fonction de traitement appliqué.

Figure 19 : variation de la TDS du sol en fonction de traitement appliqué.

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition des margines.

Tableau 2 : Rendement moyen de traitement des margines.

Tableau 3 : concentration minimale de l'eau traitée.

Annexe 1 :

Taux d'abattement de chaque paramètre après le traitement

| Les paramètres | Le taux d'abattement (%) |
|-------------------------|--------------------------|
| TDS (mg/l) | 82,5 |
| Salinité (PSU) | 84,30 |
| MES (g/l) | 100 |
| DCO (g/l) | 91,46 |
| Polyphénols (mg/l) | 94,98 |
| Orthophosphate (mg/l) | 95,41 |
| Phosphore totale (mg/l) | 99,52 |
| Amonium (mg/) | 95,63 |
| Sulfate (mg/l) | 42,98 |
| Nitrate (mg/l) | 0 |
| Nitrite totaux (mg/l) | 79,27 |

Annexe 2 :

Les résultats des analyses microbiologiques du sol avant (t_0) et après l'épandage

| | Flore mésophile aérobie totale (FMAT) | | |
|--|---------------------------------------|------------|-----------|
| | T ₀ | 8j | 20j |
| Sol traité par la sortie 5% | 4.10^6 | 144.10^4 | 33.10^4 |
| Sol traité par l'entrée 5% | 4.10^6 | 18.10^4 | 4.10^4 |
| Sol traité par la margine brute | 4.10^6 | 12.10^4 | 2.10^4 |
| Témoin | 4.10^6 | 300.10^4 | 56.10^4 |

Annexe 3 :

Les paramètres physico-chimiques du sol avant et après l'épandage.

| Les paramètres | Sol | Témoin | Sol traité par les margines | | |
|--|-------|--------|-----------------------------|-----------|-------------|
| | | | Entrée 5% | Sortie 5% | Marges 100% |
| pH | 7 | 7.68 | 5.25 | 6.58 | 3.45 |
| Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 750 | 1056 | 2610 | 1203 | 7895 |
| TDS (mg/l) | 958 | 1011 | 5147 | 1254 | 6584 |
| La température ($^{\circ}\text{c}$) | 18.35 | 20.32 | 19.61 | 19.54 | 20.20 |