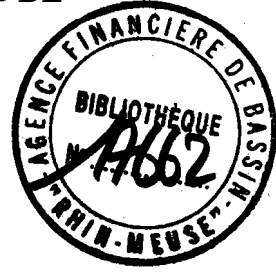


ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES ARTS ET INDUSTRIES DE  
STRASBOURG



# ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES DOMESTIQUES PAR LITS PLANTES DE MACROPHYTES

DISCHLY David  
Section Génie-Civil

Projet de Fin **d'Etudes**  
juin 1993

## Résumé

Le but de ce projet est d'étudier le potentiel épuratoire des lits plantés de macrophytes ainsi que leurs limites d'utilisation.

De bons résultats sont observés sur l'ensemble des sites en fonctionnement quant à l'élimination des matières organiques et des matières en suspension. L'élimination des autres éléments polluants (azote, phosphore, . .) est plus difficile et son rendement est variable.

D'autre part, les faibles coûts d'installation et d'exploitation, la simplicité de l'entretien et l'emprise au sol réduite destinent naturellement ce type de station à l'épuration des eaux usées domestiques dans le milieu rural.

## Summary

The aim of this project is to study the purifying potential of macrophyte beds and their limitations.

Good results are observed on most working sites as regards organic material and suspended solid removals. The removal of the other pollutant materials (nitrogen, phosphorus, etc) is harder to perform and its efficiency is variable.

On the other hand, the low costs of the setting up of the site and its exploitation, the easy maintenance and the reduced surface area occupied mean that this kind of plant is naturally destined for the purification of household waste water in rural country.

# SOMMAIRE

## RESUME

## INTRODUCTION

1

## PARTIE I - PRINCIPES

### Chapitre 1 - EPURATION DES EAUX USEES PAR LE SOL

5

#### 1. Facultés du sol à épurer

5

#### 2. Phénomènes conduisant à l'épuration

5

##### 2.1. Filtration et rétention de l'eau

5

##### 2.2. Elimination des matières organiques par les microorganismes

6

##### 2.3. Elimination des éléments minéraux

7

##### 2.4. Devenir des germes

7

##### 2.5. Techniques utilisant le sol comme système épurateur

7

### Chapitre II - THEORIE DE L'ASSAINISSEMENT PAR LITS PLANTES DE MACROPHYTES

9

#### 1. Introduction

9

#### 2. Description des différents procédés

10

##### 2.1. Le procédé Seidel

10

##### 2.2. Le procédé Kickuth

11

##### 2.3. Autres procédés

12

##### 2.3.1. Système Radoux

12

##### 2.3.2. Les installations comprenant les flowforms

12

##### 2.4. Comparaison des méthodes

14

##### 2.4.1. Méthode Kickuth

14

##### 2.4.2. Méthode Seidel

15

##### 2.4.3. Remarques générales

17

#### 3. Performance du traitement

17

##### 3.1. Les matières en suspension (MES)

18

##### 3.2. Les matières organiques

18

##### 3.3. L'azote (N)

19

##### 3.3.1. Minéralisation des formes organiques de l'azote

20

##### 3.3.2. Nitrification

20

##### 3.3.3. Dénitrification

21

|                                                                                                                       |           |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---|
| 3.4. Le phosphore                                                                                                     | 24        |   |
| 3.5. Les métaux lourds                                                                                                | 26        |   |
| 3.6. Les composés carbonés divers (phénols, ...)                                                                      | 28        |   |
| 3.7. Les germes pathogènes (bactéries, virus et parasites)                                                            | 28        |   |
| <b>4. Influence des différents paramètres sur l'épuration</b>                                                         | <b>30</b> |   |
| 4.1. L'aération du substrat                                                                                           | 30        |   |
| 4.1.1. La convection à travers le substrat                                                                            | 31        |   |
| 4.1.1.1. La bâchée                                                                                                    | 31        |   |
| 4.1.1.2. Mécanisme d'alimentation                                                                                     | 32        |   |
| 4.1.2. La diffusion à travers le substrat                                                                             | 33        | 3 |
| 4.1.3. La diffusion à travers les racines des macrophytes                                                             | 34        |   |
| 4.1.3.1. Quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation totale des matières carbonées solubles et de l'azote Kjeldahl | 34        |   |
| 4.1.3.2. Quantité d'oxygène apportée par les racines                                                                  | 35        |   |
| 4.1.4. Influence de l'activité microbienne sur la composition de l'air et de l'eau                                    | 36        |   |
| 4.1.5. Influence de la température et de la saison                                                                    | 37        |   |
| 4.2. Les macrophytes                                                                                                  | 39        |   |
| 4.2.1. La vie végétative                                                                                              | 39        |   |
| 4.2.2. Plantation et évolution                                                                                        | 41        |   |
| 4.2.3. Facultés épuratrices                                                                                           | 43        |   |
| 4.2.4. Fauchage et entretien                                                                                          | 46        |   |
| 4.3. Le substrat                                                                                                      | 49        |   |
| 4.3.1. Ecoulement à travers le sol                                                                                    | 49        |   |
| 4.3.2. Epuration de la pollution                                                                                      | 50        |   |
| 4.3.3. Influence sur le développement des macrophytes                                                                 | 50        |   |
| 4.3.4. Le colmatage                                                                                                   | 51        |   |
| 4.4. Hydraulique et conception des lits                                                                               | 53        | 3 |
| 4.4.1. L'écoulement superficiel                                                                                       | 53        |   |
| 4.4.2. Les charges                                                                                                    | 54        |   |
| 4.4.3. Le temps de rétention et la conductivité hydraulique                                                           | 56        |   |
| 4.4.4. La pente des lits                                                                                              | 59        |   |
| 4.4.5. La profondeur des lits                                                                                         | 59        |   |
| 4.4.6. systèmes de distribution et collecteurs                                                                        | 60        |   |
| 4.4.7. Dimension des lits                                                                                             | 63        |   |
| 4.4.8. Le prétraitement                                                                                               | 63        |   |
| 4.5. Predimensionnement théorique                                                                                     | 64        |   |

|                                                                                                                       |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Chapitre III - EVOLUTIONS POSSIBLES</b>                                                                            | <b>67</b>     |
| 1. Traitement des eaux usées domestiques de collectivités importantes                                                 | 67            |
| 2. Traitement des eaux pluviales                                                                                      | 68            |
| 3. Autres extensions                                                                                                  | 73            |
| 3.1. Assainissement des eaux usées fortement chargées en matières organiques et en MES                                | 73            |
| 3.2. Extension de ce type de traitement aux pays en voie de développement                                             | 74            |
| <b>Conclusion</b>                                                                                                     | <b>76</b>     |
| <br><b>PARTIE II - ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES DOMESTIQUES DE PETITES COLLECTIVITES</b>                             | <br><b>78</b> |
| <b>Chapitre I - LES EAUX USEES: GENERALITES</b>                                                                       | <b>79</b>     |
| 1. Assainissement individuel et collectif: état des lieux                                                             | 79            |
| 2. Aspect qualitatif et quantitatif des eaux usées                                                                    | 80            |
| 2.1. Caractéristiques                                                                                                 | 80            |
| 2.1.1. Les eaux vannes                                                                                                | 80            |
| 2.1.2. Les eaux ménagères                                                                                             | 80            |
| 2.1.3. Pollution des eaux usées domestiques                                                                           | 81            |
| 2.2. Caractéristiques des eaux rejetées                                                                               | 83            |
| <br><b>Chapitre II - COMPARAISON DES LITS PLANTES DE MACROPHYTES AUX AUTRES FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES</b> | <br><b>86</b> |
| 1. Systèmes d'épuration des petites collectivités                                                                     | 86            |
| 1.1. Le lagunage naturel                                                                                              | 87            |
| 1.2. Le lagunage aéré                                                                                                 | 88            |
| 1.3. L'épandage souterrain                                                                                            | 89            |
| 1.4. Boues activées                                                                                                   | 91            |
| 2. Lits plantes de macrophytes: exemple du site de Pannessières (Jura)                                                | 92            |
| 2.1. Choix du procédé                                                                                                 | 92            |
| 2.2. Conception générale                                                                                              | 92            |
| 2.3. Etude du dispositif                                                                                              | 94            |
| 2.4. Résultats de l'épuration                                                                                         | 96            |
| <br><b>CONCLUSION</b>                                                                                                 | <br><b>98</b> |

## INTRODUCTION

L'assainissement par des lits plantés de macrophytes est un *système d'épuration rustique*. Il en existe actuellement plusieurs modèles. Mais le principe de base reste le même: infiltrer un effluent brut d'origine généralement domestique à travers des lits composés d'un mélange sable/gravier ou de sol en place et plantés de *macrophytes*.

Cette technique a été développée initialement dans les années 60 sous l'autorité de la botaniste allemande Dr Käthe SEIDEL de l'institut Max Planck de Krefeld. Elle avait observé que les Scirpes (*Scirpus Lacustris*) pouvaient absorber et métaboliser aussi bien les sels minéraux que les substances organiques et les substances toxiques difficilement dégradables telles que les phénols.

Elle a ainsi déposé en 1965 son premier brevet (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT). Des Scirpes étaient suspendus afin que leurs racines soient plongées dans des bassins remplis d'eaux usées et soient ainsi forcées d'assimiler un maximum de substances organiques et minérales.

Par la suite, d'autres chercheurs ont commencé à étudier les facultés épuratoires de la *rhizosphère* tels que le professeur Reinhold KICKUTH de l'Université de Göttingen (Allemagne) qui a mis au point un système en 1964 (basé sur les travaux de SEIDEL) et l'a expérimenté pour la première fois sur un site réel en 1974 à Othfresen, puis sur de nombreux sites à travers l'Allemagne, l'Autriche et le Danemark; pour sa part M. RADOUX a mené des travaux expérimentaux en Belgique.

Les résultats obtenus cette dernière décennie, bien que laissant de nombreux points dans l'ombre, ont donné beaucoup d'espoir quant à l'utilisation des lits plantés de macrophytes pour l'assainissement de petites communes rurales ou de certaines industries.

Ainsi, s'est formé en octobre 1986 le groupement européen EHTS (Emergent Hydrophyte Treatment Systems) afin de faciliter les échanges de données entre les différents groupes européens de recherche. Ce groupe a été récemment reconnu par la Communauté Européenne. Au niveau de la collaboration internationale, on trouve un autre groupement au sein de l'IAWQ (International Association on Water Quality).

C'est en 1983 que le premier de ces systèmes d'épuration a été installé en France (St-Bohaire), mais ils sont encore assez rarement utilisés sur l'ensemble du territoire. Ces systèmes sont quasiment tous construits à partir du modèle SEIDEL et ont été, pour la plupart, considérés comme des sites expérimentaux.

Le CEMAGREF (Centre National du Machinisme Agricole et Génie Rural, des Eaux et des Forêts - LYON) étudie le fonctionnement d'une grande partie de ces installations et traite les résultats afin de perfectionner la méthode d'un site à l'autre.

Le peu de maturité des installations, la fluctuation saisonnière des résultats en épuration des eaux polluées ainsi qu'une mauvaise compréhension de certains phénomènes naturels n'a pas pu permettre de fixer de bases solides de dimensionnement pour l'instant.

Cependant, on note généralement un abattement assez bon de la  $DBO_5$  et excellent des  $MES$  pour une surface de 1 à 2 m<sup>2</sup> par *e.h.*, ce qui destine tout naturellement ce type de stations à l'épuration des eaux usées domestiques.

Ce travail est avant tout d'ordre bibliographique. Il a pour but de recenser un maximum d'informations concernant les théories et les réalités de l'assainissement par lits plantés de macrophytes. Etant principalement adapté à l'épuration des eaux usées domestiques, nous le comparerons aux autres moyens utilisés actuellement.

**Nota:** le vocabulaire apparaissant en italique est détaillé dans le lexique en fin de document

## CONCLUSION

L'épuration par lits plantés de macrophytes est un procédé rustique, qui peut répondre à l'attente des petites collectivités en matière de traitement des effluents domestiques. La récente directive CEE du 21 mai 1991 va forcer les petites communes de moins de 2000 habitants à se doter d'un équipement approprié afin de respecter les objectifs qualité retenus.

Les lits plantés de macrophytes peuvent assurer un traitement satisfaisant pour un investissement moyen (entre 1000 et 1500 F/eh), une exploitation simple et peu onéreuse, une bonne intégration dans le paysage et une certaine souplesse d'utilisation.

Les stations installées en France, conçues suivant le principe Seidel, sont dimensionnées entre 1 et 3 m<sup>2</sup>/eh.

Le but de ce projet est, dans un premier temps, d'étudier les potentialités épuratrices des lits plantés de macrophytes. Les résultats obtenus sur le site de Pannessières, en accord avec ceux trouvés dans la littérature, font apparaître que ce type de station peut recevoir des effluents bruts et rejeter une eau aux caractéristiques suivantes (selon la circulaire du 4 novembre 1980):

- niveau "e" régulièrement atteint pour les matières organiques et MES, le niveau "f" étant parfois atteint ;
- niveau NK 1, même pour des eaux fortement chargées à l'entrée ;
- niveau NGL 1 est parfois atteint
- le PTI n'est que très rarement atteint.

L'étude des différents paramètres influençant la qualité de l'épuration, et d'une manière générale le bon fonctionnement de la station, montre à quel point des zones d'ombres subsistent encore quant au déroulement de certaines réactions épuratoires.

Il est par contre certain que l'apport d'oxygène dans le substrat et l'absorption d'éléments polluants par les plantes sont sans rapport avec les besoins épuratoires. Par contre, les comparaisons faites sur certains sites expérimentaux entre lits plantés et non plantés ont mis en évidence un traitement légèrement meilleur, mais surtout un entretien simplifié sur les lits plantés.

Les lits à écoulement horizontal et vertical ont chacun leurs avantages, mais ces derniers posent moins de problèmes (colmatage, écoulement superficiel, ...).

Cette filière de traitement est encore à l'état expérimental, et des progrès sont encore à envisager. Progrès qui passeront certainement par une gestion et un agencement différents des lits.

La demande- croissante en assainissement des petites collectivités, dont de nombreuses n'ont pas les moyens de se connecter à un grand centre d'épuration, va engendrer l'essor des systèmes d'épuration rustiques.

Le principal atout des lits plantés de macrophytes sur les stations conventionnelles est leur rusticité et le fait qu'ils sont facilement extensifs. De plus, ces stations supportent mieux les sous-charges engendrées par le raccordement en tranches des zones d'habitations. Aussi, dans les zones rurales à faible densité, il n'est pas raisonnablement possible d'installer un centre d'épuration et l'assainissement autonome peut être une bonne solution. D'autant que dans ces cas-là, le POS n'émet pas d'opposition à l'implantation de ce type d'installation.

Quant au choix entre les lits plantés de macrophytes et les autres systèmes d'épuration rustique, il est principalement déterminé par la topographie, la géologie et le coût du terrain, ainsi que par la qualité de rejet recherchée.

Ainsi, le dimensionnement de cette filière d'épuration permet d'être compétitif vis-à-vis du lagunage, qui est le procédé rustique le plus employé en France et qui nécessite 10m<sup>2</sup>/eh et une étanchéification du bassin pouvant être coûteuse.

Par contre, l'abattement de l'azote et du phosphore par les lits plantés de macrophytes ne semble pas être suffisant pour un rejet dans les milieux sensibles (définis par la directive CEE du 21 mai 1991). De plus, -le taux d'abattement des germes pathogènes ne permet pas toujours d'atteindre une qualité de rejet niveau "baignade".

En somme, les stations d'assainissement du type lits plantés de macrophytes peuvent être une bonne alternative aux autres filières dans le traitement des eaux usées domestiques des petites collectivités ou des groupes d'habitations. Cependant, avant d'implanter à outrance cette filière, des recherches doivent encore être menées afin d'optimiser le dimensionnement et de mieux comprendre certains phénomènes épuratoires.