



**HAL**  
open science

# Usage des végétaux dans le traitement des eaux usées ou la déshydratation des boues

H. Zowal, Catherine Boutin

► **To cite this version:**

H. Zowal, Catherine Boutin. Usage des végétaux dans le traitement des eaux usées ou la déshydratation des boues. [Rapport de recherche] irstea. 2003, pp.9. hal-02583452

**HAL Id: hal-02583452**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02583452>**

Submitted on 3 Jun 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Groupement de Lyon - **Unité de Recherche**  
**Qualité des Eaux et Prévention des Pollutions**  
3bis Quai Chauveau – CP 220  
69336 Lyon Cedex 09  
☎ 04 72 20 87 34 – Fax 04 78 47 78 75

# Usage des végétaux dans le traitement des eaux usées ou la déshydratation des boues.

*Synthèse intermédiaire*

Août 2003

Hélène ZOWAL, Catherine BOUTIN

## I. INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, les collectivités rurales ont de plus en plus fréquemment recours en épuration aux procédés utilisant des macrophytes.

Ces techniques, dont la conception et la réalisation sont apparemment simples, nécessitent toutefois pour leur mise en œuvre une technicité pointue. De plus, les règles de conception ne sont pas encore figées et subissent des évolutions constantes. Il a donc paru nécessaire au groupe français « macrophytes et eaux usées » de mettre en place une banque de données recensant les ouvrages relatifs au traitement des eaux usées et des boues par macrophytes.

L'exploitation des données récoltées auprès des **SATESE** à l'occasion d'une enquête nationale permet de connaître l'implantation de ces filières, de cerner leurs grandes règles de dimensionnement et niveaux de fonctionnement. A long terme, cette étude permettra de prendre du **recul sur l'évolution des systèmes** et de **corriger les dérives** de dimensionnement et de conception des installations. Les documents édités à l'heure actuelle (FNDAE, RMC) ou en cours de rédaction (ENSAIS) donnent un certain nombre de recommandations sur ces techniques qui seront complétées.

## II. L'ENQUETE

L'ensemble des SATESE a été sollicité pour remplir un questionnaire regroupant par département les caractéristiques des installations selon le type de filière : traitement des eaux usées par les **filtres plantés de roseaux**, séchage des boues issues de boues activées par **lits de déshydratation plantés**, et enfin traitement des eaux et des boues par le **Rhizopur®**, seul procédé mixte existant pour le moment. Cette première synthèse a pour objectifs suivants :

- Localiser les installations de filtres plantés de roseaux en France ;
- Connaître leur évolution au cours du temps ;
- Les caractériser (taille, type de réseau, etc.) ;
- Connaître les différents constructeurs et les techniques qu'ils développent ;
- Cerner les dimensionnements adoptés ;
- Evaluer leurs charges, leur âge, etc. ;
- Identifier les données validées de la base en vue d'un traitement statistique ultérieur.

L'enquête a été lancée en février 2003 auprès des 95 départements métropolitains. Les réponses se sont réparties jusqu'en juillet 2003 et un **taux de réponse de 64%** a été atteint. La base de données a été constituée sur le **logiciel ACCESS**. Les stations traitant les eaux pluviales et les effluents d'origine agricole n'y sont pas incluses.

Outre les réponses aux questionnaires, la base a été remplie grâce aux informations de la base de données SINT remplie en 2002 par l'Université de Savoie, et de l'enquête de l'Agence de l'Eau Seine Normandie de 1999.

Si l'on prend en compte l'ensemble des résultats, on répertorie 298 installations en traitement des eaux et 157 installations en traitement des boues et 16 stations en traitement des eaux et des boues.

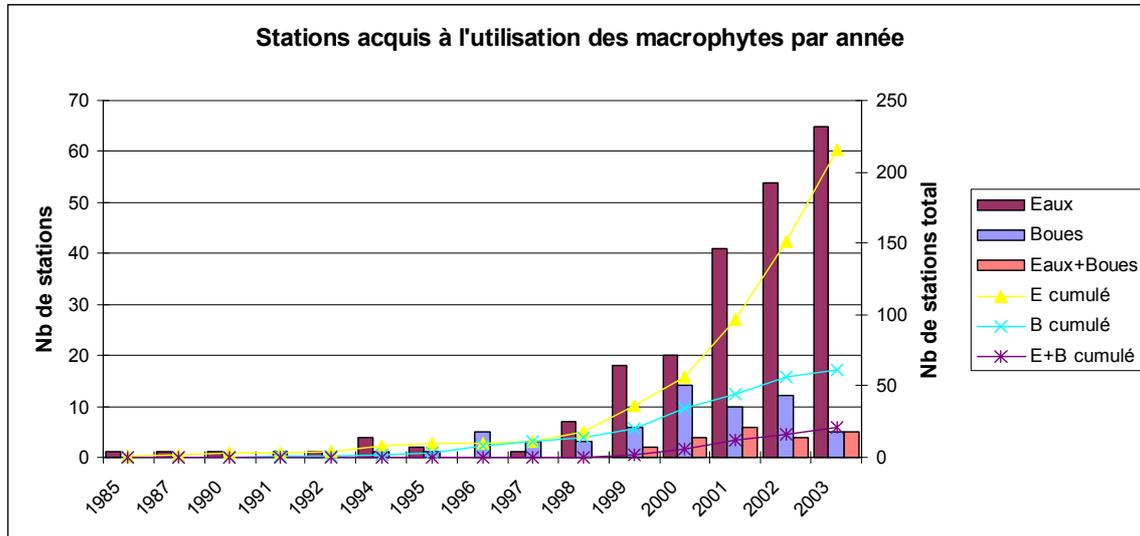
**Tableau 1 : Répartition des départements selon leur réponse à l'enquête**

	Réponse		Non réponse ou réponse incomplète
	Installations	Aucune installation	
ALSACE	68		67
AQUITAINE	24;33;40;47;64		
AUVERGNE	03;43;63		15
BASSE NORMANDIE	14;50		61
BOURGOGNE			21;58;71;89
BRETAGNE	29	35	22;56
CENTRE	37;41	28	18;36;45
CHAMPAGNE ARDENNES	10;52		08;51
CORSE	2A;2B		
FRANCHE COMTE	25;70;90	39	
HAUTE NORMANDIE	76	27	
ILE DE FRANCE	77	75;92;93	94;95
LANGUEDOC ROUSSILLON	34;48 ;66 ;11		<b>30</b>
LIMOUSIN	19;87		23
LORRAINE	54;88		55;57
MIDI PYRENEES	09;12;46;65;81;82		31;32
NORD PAS DE CALAIS		62	59
PAYS DE LOIRE	44		49;53;72;85
PICARDIE	80	60	2
POITOU CHARENTES	16;79		17;86
PACA	5; 84		04; <b>06</b> ;13;83
RHONE ALPES	01;07;26;38;42;73;74		69

**Les résultats énoncés par la suite proviennent uniquement des données confirmées par les SATESE.**

### III. PRESENTATION GENERALE

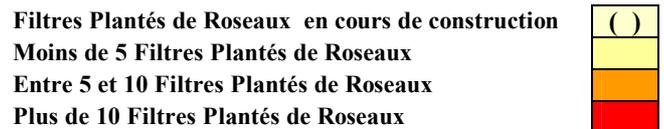
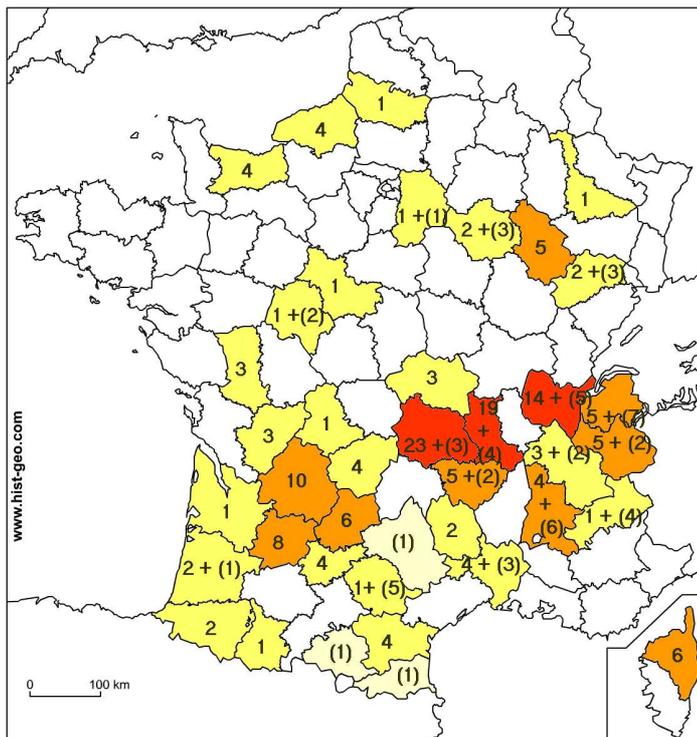
Sur les 61 départements ayant répondu à l'enquête, 47 possèdent des installations à base de filtres plantés de roseaux. La base de données contient **213 stations renseignées en traitement des eaux**, **66 stations renseignées en traitement des boues** et **7 stations renseignées en traitement des eaux et des boues**.



#### 1. Traitement de l'eau

L'analyse statistique porte sur 169 stations. Le manque d'informations disponibles relative à une cinquantaine d'installations, la plupart récentes, n'a pas permis leur exploitation statistique.

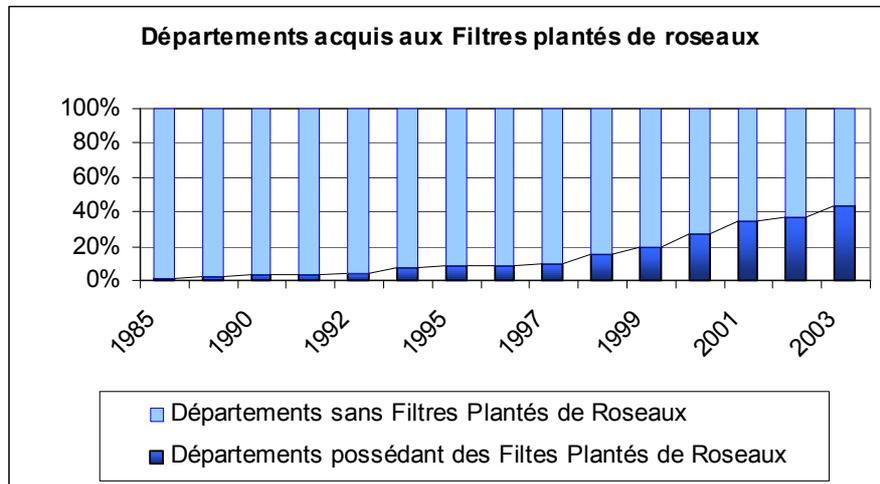
#### a. Répartition géographique des Filtres Plantés de Roseaux



Comme nous l'indique la carte, ce procédé semble s'être plus développé dans le sud de la France. La région Rhône Alpes et l'Auvergne sont les deux régions qui totalisent à elles deux la moitié des stations enregistrées. Le Puy de Dôme et l'Ain possèdent chacun plus de 10 installations et leurs départements avoisinants possèdent souvent plus de 4 stations. Cette situation peut s'expliquer par l'antériorité et l'implantation locale de la SINT, première société à avoir réalisé des filtres plantés de macrophytes et établie à Montromant (69) et Aix les Bains (73).

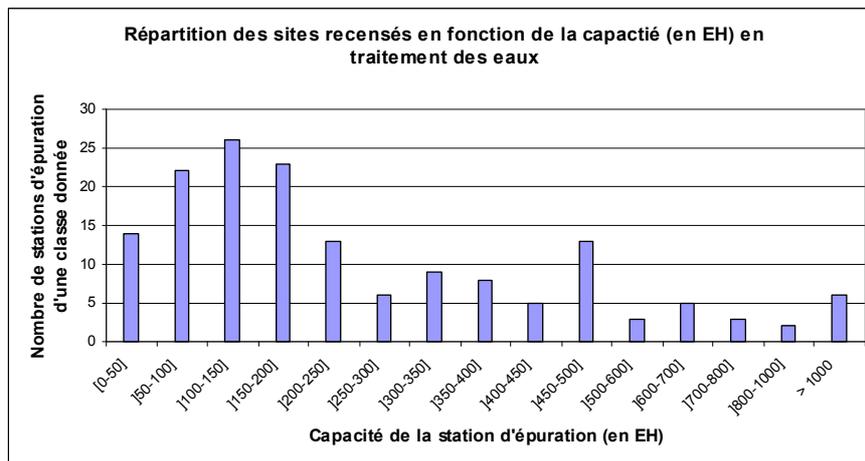
## b. Age des stations

Entre 1985 et 1992, seulement 10 stations ont été mises en service. On observe un réel démarrage de ce procédé de traitement des eaux en **1999**, puisque plus de 15 stations par an sont mises en service à partir de cette année. Depuis, la construction des stations d'épuration de ce type croît de manière "exponentielle" ce qui confirme la demande croissante des petites collectivités pour ce type de traitement. La tendance du "taux de conquête" commence à décroître depuis 2001 car le nombre de départements ne possédant pas encore de filtres plantés de macrophytes diminue.



## c. Type de filière

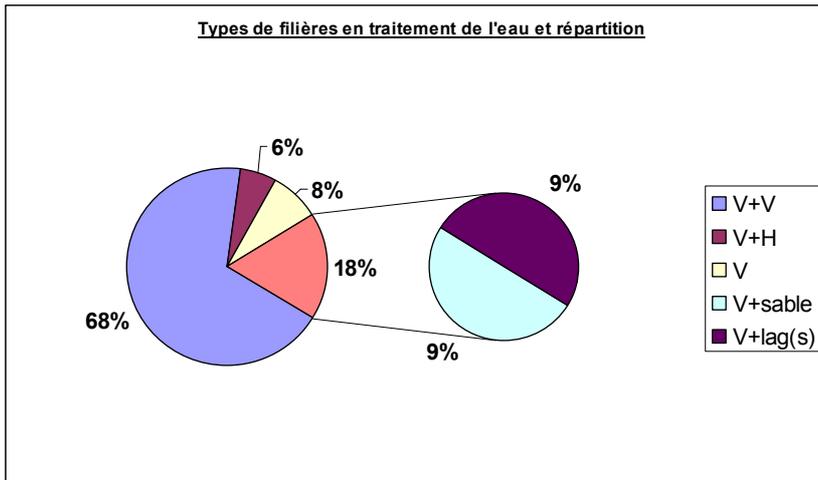
C'est, de loin, la **filière double étage vertical + vertical** qui domine puisque cette filière représente 65% de l'ensemble. L'enquête confirme le fait que, contrairement aux autres pays où se sont développés les filtres plantés de roseaux, on trouve peu de filtres horizontaux et de filières hybrides en France. Un pré-traitement en amont des filtres plantés de roseaux est présent dans tous les cas. Il s'agit très fréquemment d'un simple dégrillage. Une fosse septique toutes eaux, un décanteur digesteur, mais aussi une lagune sont quelquefois employés en traitement primaire.



Les stations recensées équipées de filtres plantés de macrophytes ont des capacités qui varient de moins de 50 EH à 1700 EH. La majorité des lits sont dimensionnés pour des capacités de stations inférieures à 250 EH. La capacité moyenne d'une station est de 301 EH et la médiane se situe à 200 EH.

93% des effluents traités par ces installations sont des eaux usées domestiques. Elles peuvent être mélangées à des eaux blanches issues de salles de traite ou de fromagerie (4%) ou encore à des effluents industriels. Près de 80% des réseaux sont séparatifs.

La majorité des filtres plantés se rejettent directement dans le milieu naturel. Une lagune ou un fossé d'infiltration assurent parfois un complément de traitement.



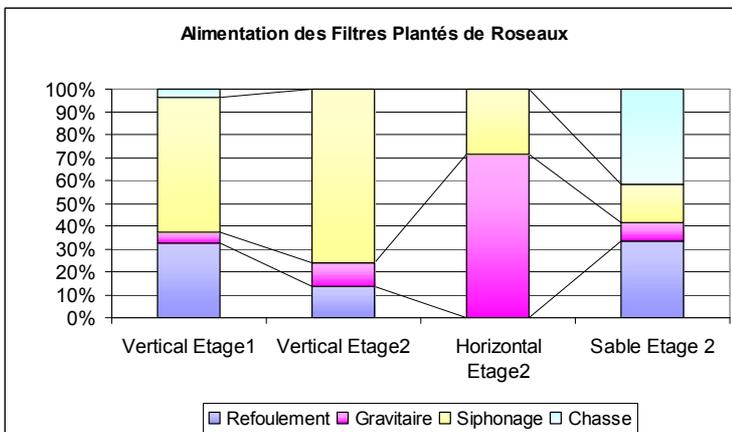
Il existe plusieurs types de filières. Les stations peuvent être constituées d'un seul ou de plusieurs étages, d'écoulement vertical ou horizontal et plantés ou non de roseaux sur le second étage. Selon le type de filière, le type de réseau et le concepteur, les dimensionnements adoptés varient.

Le dimensionnement moyen est proche des valeurs habituellement préconisées soit 1,2 m<sup>2</sup>/EH au premier étage et 0,8 m<sup>2</sup>/EH au deuxième étage et donc 2 m<sup>2</sup>/EH au total pour la filière vertical + vertical planté. Quand le deuxième étage n'est pas planté de roseaux, sa surface moyenne est également de 0,8 m<sup>2</sup>/EH. La surface d'un deuxième étage horizontal est normalement plus grande que celle d'un filtre vertical: 1,4 m<sup>2</sup>/EH. La variabilité des surfaces est élevée même pour la filière vertical + vertical, cela s'explique par l'adaptation des surfaces à la nature du réseau (unitaire ou séparatif) qui est confirmée par une analyse statistique plus précise et non présentée ici.

**Tableau 2 : Surface moyenne des filtres en fonction des filières.**

	1 <sup>er</sup> étage (Nombre de valeurs)		2 <sup>ème</sup> étage (Nombre de valeurs)	
<b>Moyenne (m<sup>2</sup>/EH)</b>	<b>Vertical planté (141)</b>	<b>1,2</b>	<b>Vertical planté (114)</b>	<b>0,8</b>
<i>Ecart type</i>		<i>0,5</i>		<i>0,4</i>
mini - Maxi		0,1 - 4,7		0,1 - 3,6
<b>Moyenne (m<sup>2</sup>/EH)</b>			<b>Horizontal (13)</b>	<b>1,4</b>
<i>Ecart type</i>				<i>0,9</i>
mini - Maxi				0,3 - 3,6
<b>Moyenne (m<sup>2</sup>/EH)</b>			<b>Sable (14)</b>	<b>0,8</b>
<i>Ecart type</i>				<i>0,1</i>
mini - Maxi				0,6 - 1,1

**d.Type d'alimentation**



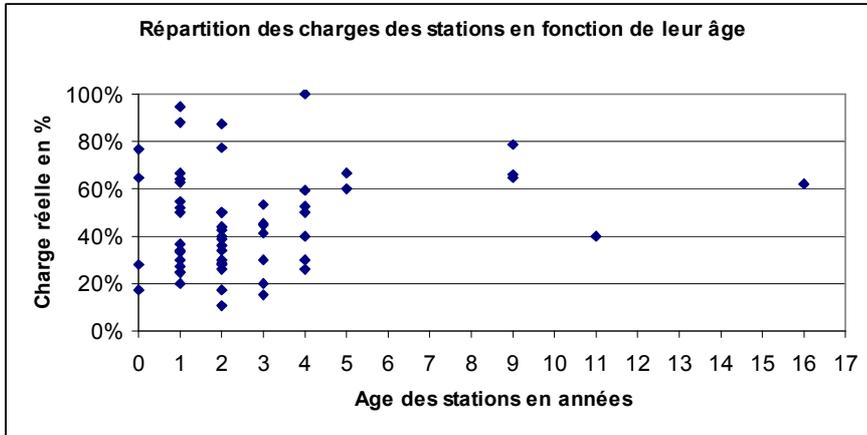
Le type d'alimentation dépend beaucoup du relief mais également du constructeur.

Il en existe quatre types, le refoulement avec une pompe de relevage lorsque la pente est insuffisante, le siphon, la chasse et l'alimentation gravitaire sans ouvrage précis donc sans alimentation par bâchées garantie.

Dans les filières constituées de filtres verticaux, très peu sont alimentés par gravité (et heureusement!) puisque les systèmes d'alimentation sont nécessaires pour assurer une équirépartition de l'effluent en alimentant les massifs à débit constant.

Le siphon reste le principal moyen d'alimentation des étages. Enfin, sur les deuxièmes étages de filtres non plantés réalisés par Jean Voisin, les chasses sont le moyen d'alimentation le plus utilisé. Sur un deuxième étage de filtres horizontaux, l'alimentation par gravité prédomine ce qui est cohérent.

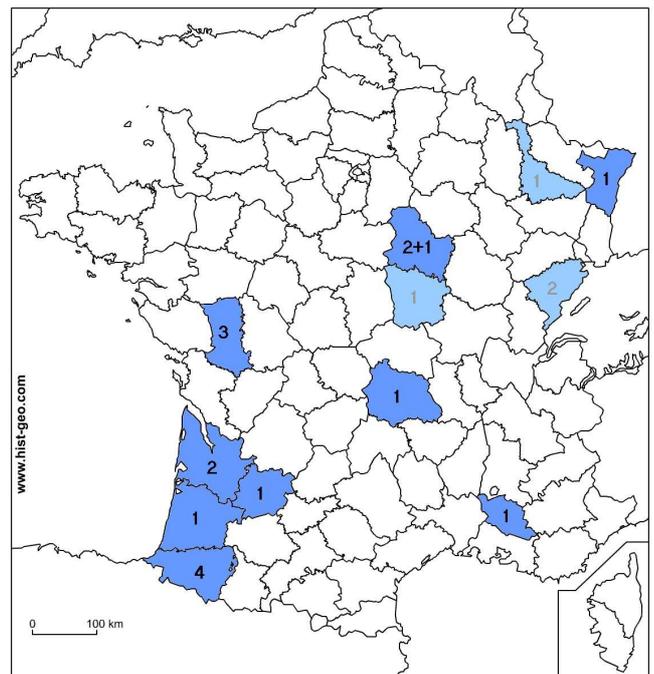
**e.Charges**



Les charges réelles apportées sont évaluées, en première approche, à l'aide du taux de raccordement estimé. On remarque, sans surprise, que peu de stations reçoivent un taux de charge proche de leur capacité nominale. Les plus chargées, d'un taux supérieur à 60% feront en priorité et si possible l'objet d'un suivi.

**2.Traitement des eaux et des boues**

La filière Rhizopur® est une filière récente développée par la Lyonnaise des Eaux. Ce procédé associe un lit bactérien à des filtres plantés de roseaux qui traitent l'intégralité du flux après plusieurs recirculations sur le lit bactérien, stockent et déshydratent les boues envoyées. Les stations ont des capacités qui varient de 150 à 2000 EH, capacité nominale maximale annoncée par la Lyonnaise. La capacité moyenne d'une station est de 1657 EH et la médiane se situe à 1200 EH. Les premiers Rhizopur datent de fin 1999 et environ 5 stations sont réalisées par an depuis 2000. L'Aquitaine et la Bourgogne sont les deux régions qui possèdent le plus de stations, notamment dans les Pyrénées Atlantiques et l'Yonne qui comptent entre 3 et 4 installations chacun.

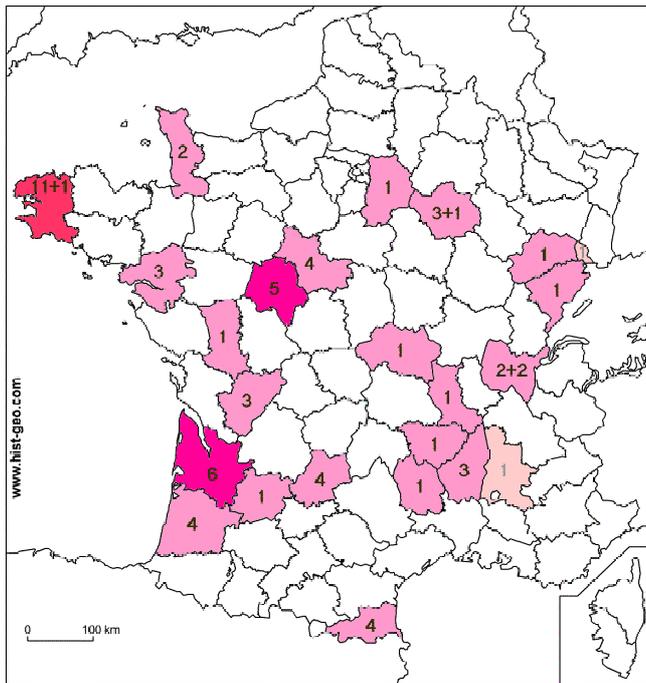


**Rhizopur® en construction** (bleu clair)  
**Rhizopur®** (bleu foncé)

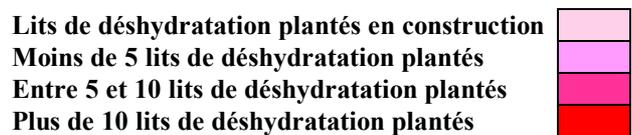
**3.Traitement des boues**

**a.Répartition géographique**

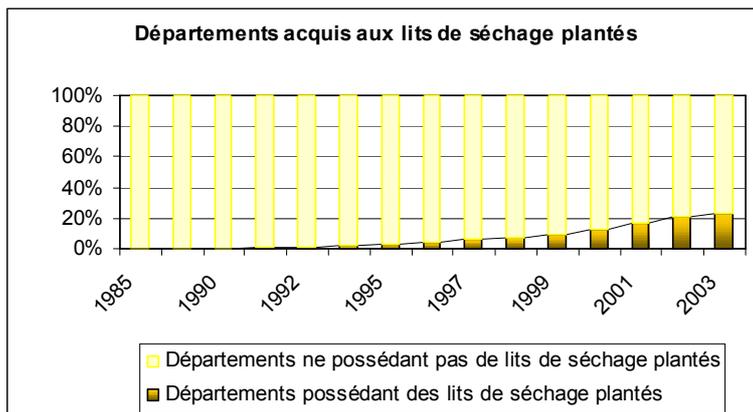
En traitement des boues par les lits de séchage plantés, 63 stations ont été recensées sur 22 départements soit près du tiers du nombre d'installations en traitement de l'eau. Leur répartition est d'ailleurs différente de celle des filtres plantés. C'est plutôt l'Ouest de la France qui possède le plus d'installations, en particulier l'Aquitaine, une partie du Poitou Charente et du Centre.



Il existe quelques départements possédant de lits de séchage de boues mais aucune station par filtres plantés en traitement d'eaux : le Finistère, la Manche, la Loire Atlantique, le Doubs, la Lozère et les Pyrénées Orientales. La moitié de ces départements sont proches ou appartiennent à la pointe de la Bretagne où le Finistère totalise le plus grand nombre de lits de séchage plantés par rapport à l'ensemble des départements français. Il semble donc que cette région soit plus concernée que d'autres par le problème de gestion des boues ou soit mieux informée sur les avantages de ce procédé. 16 départements possédant des filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux ne possèdent pas encore de lits de séchage dont la moitié des départements de la région Rhône Alpes qui possède pourtant le plus grand nombre d'installations en filtres plantés.



### b. Age des stations



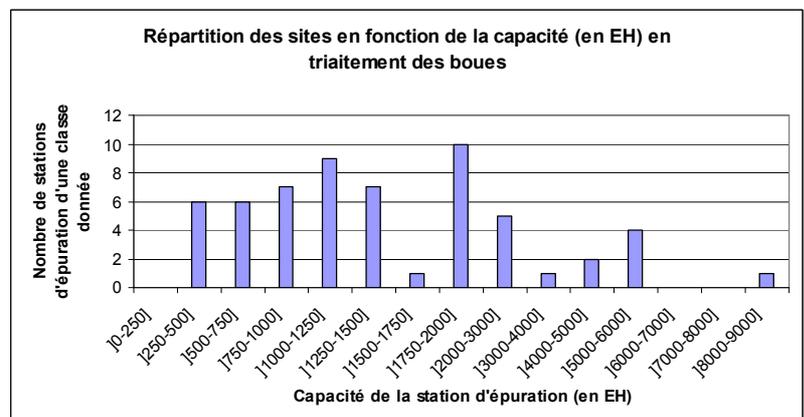
En France, la technique des lits de déshydratation des boues plantés de macrophytes n'a commencé à attirer l'attention qu'en 1990. Le Cemagref associé à la SAUR a mis en place un site expérimental à Bourg-Argental entre 1990 et 1992. Les essais effectués ont débouché en 1994 sur la commercialisation de ce nouveau procédé de traitement des boues d'épuration. Quelques sites s'équipent de lits de séchage de boues plantés entre 1994 et 1997 mais ce n'est qu'à partir de 1998 que le procédé est plus largement diffusé en France. On observe un réel démarrage de ce procédé en 1999. La plupart des lits ont été mis en service après 1998

ce qui explique que peu de vidanges aient été effectuées à l'heure actuelle. Contrairement à l'évolution exponentielle des filtres plantés, le nombre de lits de séchage mis en service par an augmente beaucoup plus progressivement mais de manière régulière. La tendance du "taux de conquête" commence à décroître depuis 2002.

### c. Type de filière

Les lits de déshydratation de boues plantés se trouvent à la suite de boues activées en aération prolongée. Les boues sont extraites directement du bassin d'aération. Rarement, elles peuvent être originaires d'une lagune.

Les stations recensées équipées de lits de séchage plantés ont des capacités qui varient de 300 EH à 9000 EH. La majorité des lits sont dimensionnés pour des capacités de stations inférieures à 2000 EH. La capacité moyenne d'une station est de 1914 EH et la médiane se situe à 1200 EH.



La majorité des percolats des lits de séchage de boues retournent en tête de station. Le réseau est également principalement séparatif.

83% des effluents traités par ces installations sont des eaux usées domestiques. Sur les stations restantes, elles peuvent être mélangées à des effluents industriels (7%) ou agricoles (7%).

En traitement des boues, la surface moyenne par EH est de 0,2 m<sup>2</sup>, surface moyenne préconisée pour ce type d'installation. Les recommandations du Cemagref sont légèrement supérieures : 50 kg de MES par m<sup>2</sup> et par an, ce qui est plus proche de 0,25 m<sup>2</sup> par EH pour une station à boues activées en aération prolongée à sa charge nominale.

## IV. CONCEPTION ET REALISATION DES STATIONS

### 1. Les différents concepteurs

#### **a. Traitement des eaux**

En France, suite aux études conduites sur le procédé étudié initialement par Mme SEIDEL, le Cemagref est à l'origine de ce procédé. La SINT conçoit ensuite les premiers filtres plantés en 1992 en bénéficiant du transfert de savoir-faire du Cemagref. Et Bioepur conçoit également une station en 1994. C'est à partir de 1998 que d'autres concepteurs apparaissent : l'atelier REEB en 1998, et Jean VOISIN alors associé à la SINT en 2000. La SAUR en a réalisé 2 en Corse. La SADE apparaît l'année suivante. La Lyonnaise des Eaux n'arrive sur le marché du traitement des eaux avec des stations à un ou deux étages à flux vertical que tardivement, en 2002.

Aujourd'hui, la conception des stations est majoritairement confiée au bureau d'études SINT. Pour la construction des installations, la SINT s'associe aux différents bureaux d'études et entreprises agréés suivants : SINBIO, BIOREA, AQUARECREA, EPURNATURE, ACN, ETPB Bonnefond, SNC Brunet et Guilleraut, SOGEA Atlantique, SOGEA Nord Ouest, les Chantiers du Barrois, Horizon BTP et Utile Environnement qui a cessé ses activités. Au total, la SINT est intervenue dans la conception des installations à base de filtres plantés sur plus de la moitié des installations (62%).

Vient ensuite la société Jean Voisin, qui a collaboré avec la SINT de 1998 jusqu'en 2000 puis a continué de concevoir des installations mais seule. D'autres cabinets connus se sont mis à la conception comme la SADE/Vivendi, l'atelier REEB, ONDEO/Lyonnaise des Eaux, la SAUR (groupe Bouygues) et ERCTP.

La société SINT est très présente dans le Sud Est de la France : en Rhône Alpes, en Auvergne et dans Midi Pyrénées. La société Jean Voisin s'est vue attribuer la majorité de ses marchés en Aquitaine et la SADE en Auvergne.

#### **b. Traitement des boues**

Les principaux constructeurs identifiés sont : la SAUR, VIVENDI, la SINT, la SOAF et ONDEO. La SAUR, groupe Bouygues, conçoit la majorité des lits de séchage de boues puisqu'elle a réalisé 35 des 66 stations étudiées. Elle est bien implantée sur l'ensemble du territoire et a conçu la première installation en taille réelle de lits de séchage plantés de roseaux en association avec le Cemagref (Lespéron 40 en 1991). On note quelques filières "locales" (Hydrotec, Cegeluc, ...).

#### **c. Traitement des eaux et des boues**

Seule la Lyonnaise des Eaux est pour l'instant présente sur le marché.

### 2. Maîtrise d'œuvre et exploitation

En traitement des eaux, la maîtrise d'œuvre est à plus de la moitié une maîtrise d'œuvre publique, réalisée par les DDAF ou les DDE. L'entreprise SINT reste encore la plus présente par rapport aux autres bureaux d'études et il lui arrive de partager la maîtrise d'œuvre avec les DDAF et DDE.

La situation en traitement des boues est identique puisque la maîtrise d'œuvre reste majoritairement confiée aux DDAF et DDE (82% des cas). L'exploitation est prise en charge par la commune dans 44% des cas. La SAUR et la Lyonnaise, lorsqu'elles réalisent les lits, prennent souvent en charge l'exploitation par la suite.

**V. SUITE POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU...**

La deuxième phase de l'étude est en cours. A partir des données fournies par les Sateses, nous avons défini en mai 2003, un **échantillon de stations** représentatif de la situation **nationale**, environ 2 par départements, sur lesquelles seront réalisés 2 bilans 24H pendant deux périodes bien distinctes de l'année. Ces données physico-chimiques et hydrauliques viendront compléter les bilans déjà enregistrés dans la base ACCESS et ainsi permettre des analyses statistiques plus poussées de fonctionnement. Ces bilans sont réalisés par les SATESE en accord avec les 6 Agences de l'Eau.

Dpt		Dpt	
1	Maillat            Outriaz            Glandieu*	46	Les Arques            Rocamadour
3	Périgny            Isserpent	47	La Croix Blanche    Auriac/Dropt
4	Bevans*	48	Bg St Maurice
5	St Clément*	52	Villiers/Suze            Longchamps
7	St Thomé*            Ardoix*	62	Landrethun
11	Villanière            Montferrand	63	Clémensat            Usson
14	Eraines            Gavrus	64	Bougarber            Bruges Capbis
16	Ars            Claix	65	Aulon
19	Beyssac            Sadroc	69	Montromant*            Azergues *
20	Castrila            Vizzavone	70	Chaux            Valay
24	Razac            Hautefoert	73	Arith            Ste Hélène            Aire Val Gelon*
26	La Motte*            St Avit            Suze	74	Allèves            Vailly*            Le Reposoir
33	Le Pout	76	Morienne            Beautot
34	Aire Gigean	77	Jablins            Beauthel
37	Marigny            Braye/Fayle (en 2004)	79	Saivres            Pamplie
38	Bonnefamille 1    St Paul	81	Peyrole            St Avit
40	Garein            Pomarez	82	Lavilledieu            Nohic
41	Autainville	83	Pourcieux*
42	La Gimond            Champoly	84	Roussillon*
43	Monistrol            Rosières	88	Vittel Sandacourt
44	Corcoué		

\* Bilans non réalisés par les SATESE

L'échantillon retenu compte 72 stations. Chaque type de filière est représenté. La filière double étage vertical + vertical reste la plus présente (60%). Deux tiers des installations ont entre 4 et 6 ans de fonctionnement. 60% des stations ont un réseau théoriquement séparatif. La capacité moyenne des installations retenues est de 410 EH et la médiane se situe à 325 EH. La moitié des stations semble avoir des taux de charge inférieurs à 50%. L'altitude des installations a également fait partie des critères de choix des stations. Les filtres plantés du premier tiers de l'échantillon se situent à une altitude comprise entre 0 et 250 mètres, le deuxième tiers à une altitude comprise entre 250 et 500 mètres, le dernier tiers à une altitude comprise entre 500 et 1000 mètres.

Certains bilans ont déjà été réalisés. La synthèse de la totalité des données recueillies devrait vous parvenir pendant l'été 2004.

Nous remercions les SATESE de nous transmettre toutes les données avant le 31 janvier 2004. Si d'autres installations font l'objet d'un bilan, n'hésitez pas à nous en informer.

Nous sommes bien sûr disponibles pour fournir toutes informations complémentaires et répondre à toutes questions.