

# La phytoépuration

**Terre vivante** a réalisé en 2010 la première analyse du cycle de vie (ACV) d'un livre en France. Cette étude nous a permis d'identifier les impacts de la fabrication d'un livre sur l'environnement, dans l'objectif de les limiter.

*Fabriquer des livres, quels impacts sur l'environnement?*  
sur [www.terrevivante.org](http://www.terrevivante.org)

Le papier choisi pour cet ouvrage est issu de pâte vierge produite écologiquement en Europe à partir de forêts gérées durablement. Il ne provient pas de pâte à papier fabriquée aux quatre coins du monde!



Ce livre est de plus imprimé en France, par un imprimeur soucieux de préserver l'environnement à travers des actions d'économies d'énergie, de valorisation des déchets, d'utilisation de produits moins nocifs pour la santé des travailleurs...

Depuis 1979, la Scop **Terre vivante** vous fait partager ses expériences en matière d'écologie pratique : jardinage bio, habitat écologique, alimentation saine et bien-être, consommation responsable... à travers :

- l'édition de livres pratiques,
- le magazine *Les 4 Saisons du jardin bio*,
- des Jardins écologiques proposant des stages pratiques,
- un portail internet : [www.terrevivante.org](http://www.terrevivante.org)

Le catalogue des ouvrages publiés par **Terre vivante** est disponible sur simple demande et sur internet.

**Terre vivante**, domaine de Raud, 38710 Mens.

Tél. : 04 76 34 80 80. Fax: 04 76 34 84 02.

Email : [info@terrevivante.org](mailto:info@terrevivante.org)

[www.terrevivante.org](http://www.terrevivante.org)

Direction éditoriale : Brigitte Michaud

Coordination éditoriale : Cécile Baillargeat et Béatrice Gauge

Conception graphique et réalisation : Hugues Volland

Illustrations : Frédéric Claveau

Crédits photographiques : voir p. 208

Photogravure : C'limage

ISBN : 978-2-36098-276-9

ISSN : 2110-1663

© **Terre vivante**, Mens, France, mai 2017.



Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation par tous les moyens, tant actuels que futurs, strictement réservés pour tous pays.

Aymeric  
et Guillaume Lazarin

# La phytoépuration

**Assainissement  
collectif et individuel,  
dépollution...**

# Des mêmes auteurs

## Aymeric Lazarin

- *Étonnantes plantes à cultiver vous-même*, avec François Couplan, éditions du Belvédère, 2016.
- *Mon potager de vivaces, 60 légumes perpétuels à découvrir*, Terre vivante, 2016.
- *Jardiner contre l'érosion*, éditions de Terran, 2015.
- *Les Plantes miracles à cultiver soi-même*, avec François Couplan, Rustica, 2013.
- *Plantes de jardin toxiques*, avec François Couplan, Sang de la Terre, 2011.
- *Plantes d'appartement toxiques*, avec François Couplan, Sang de la Terre, 2010.
- *Lavande, arômes et bienfaits*, avec François Couplan, Sang de la Terre, 2010.
- *Plantes dépolluantes*, Sang de la Terre, 2009.
- *Stévia, le sucre vertueux*, avec François Couplan, Sang de la Terre, 2009.

## Aymeric & Guillaume Lazarin

- *Abeilles et pollinisation en danger*, avec François Couplan, éditions du Belvédère, 2014.
- *Halte au sucre ! Découvrez les plantes au pouvoir sucrant*, Rustica, 2014.
- *Plantes aquatiques, eau pure*, Sang de la Terre, 2011.

# Remerciements

Nous tenons à adresser nos remerciements à toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce livre et à toutes celles qui nous ont encouragés, de près ou de loin. Parmi elles, nous remercions particulièrement Michel Dalmas, société Edanc, expert auprès de l'Afnor et acteur dans le domaine de la phytoépuration, et Julien Tournebise, hydrologue à l'Irstea, pour leur relecture, pour les corrections qu'ils ont su nous apporter et pour leurs précieuses suggestions.

Merci également à Jean-Luc Mangiacotti, de la société Serpol, pour les informations qu'il a accepté de nous communiquer au sujet du projet Roseaulix®.

Nos remerciements s'adressent aussi aux entreprises titulaires des agréments, avec lesquelles nous avons été en contact au cours de l'écriture de cet ouvrage. Ainsi, nous remercions Mélanie Renel, notre interlocutrice chez Aquatiris, Arnaud Alary, représentant de Recycl'eau, et Christian Pietri pour la société Epur Nature.

Enfin, nous souhaitons adresser un dernier remerciement à tous les propriétaires et à tous les élus qui ont accepté de répondre à nos questions au sujet de leur système d'assainissement, de leur piscine écologique ou de leur bassin, et grâce auxquels nous avons pu rendre ce travail plus pratique et plus concret encore, notamment *via* l'ajout de leurs témoignages. Merci donc à Patrick Demangeot, à Erwan Michaudet, à Jean-Raymond Niola, à Octave Matz et à Thierry D'Hulst.

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>9</b>	<b>L'épuration des eaux usées domestiques</b> .....	<b>49</b>
<b>Pourquoi adopter la phytoépuration ?</b> .....	<b>11</b>	<b>Règles d'entretien</b> .....	<b>51</b>
<b>Qu'est-ce que la phytoépuration ?</b> .....	<b>13</b>	<b>Quelques gestes de prévention</b> .....	<b>53</b>
Définition.....	13	Ne jetez pas tout dans l'évier !.....	53
Un peu d'histoire.....	13	Choisissez des produits écologiques.....	53
<b>État des lieux de la gestion de l'eau</b> .....	<b>14</b>	Pourquoi pas des toilettes sèches ?.....	54
Le coût de l'eau.....	14	<b>Les solutions d'assainissement collectif</b> .....	<b>55</b>
La qualité de l'eau.....	14	La réglementation.....	56
Et la phytoépuration ?.....	16	Le filtre planté de macrophytes à écoulement vertical.....	56
<b>Phytoépuration versus dispositifs traditionnels</b> .....	<b>17</b>	Le filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal.....	65
Les dispositifs traditionnels.....	17	Le lagunage naturel.....	68
Les dispositifs de phytoépuration.....	20	<b>Les solutions d'assainissement individuel</b> .....	<b>76</b>
Comparaison entre les dispositifs traditionnels et la phytoépuration.....	21	La réglementation.....	76
<b>Les mécanismes de la phytoépuration</b> .....	<b>27</b>	L'agrément est-il gage de qualité, d'efficacité et de tranquillité ?.....	78
<b>La phytoépuration : des plantes, un substrat et des micro-organismes</b> .....	<b>28</b>	Le dispositif Jardi-Assainissement FV + FH (Aquatiris).....	80
<b>Traiter la pollution organique</b> .....	<b>30</b>	Le dispositif Jardi-Assainissement FV (Aquatiris).....	85
L'épuration de la matière organique carbonée.....	30	Le dispositif AutoEpure® (Epur Nature).....	91
L'épuration de la matière organique azotée.....	31	Le dispositif Ecophyltre® (Opure/Jean Voisin).....	95
L'épuration de la matière organique phosphorée.....	33	Le dispositif Phytostation Recycl'eau (Blueset).....	99
<b>Traiter la pollution chimique</b> .....	<b>34</b>	<b>Comment passer à la phytoépuration en assainissement individuel ?</b> .....	<b>104</b>
Le rôle de la phytoépuration face aux pollutions chimiques.....	35	Quels interlocuteurs ?.....	104
<b>Traiter la pollution microbiologique</b> .....	<b>40</b>	Quel dimensionnement ?.....	104
Les plantes : un support pour les micro-organismes épurateurs.....	40	La conception du projet.....	104
<b>Les autres rôles des végétaux</b> .....	<b>44</b>	La validation du projet.....	105
L'action sur les matières en suspension.....	44	Les travaux.....	105
L'évapotranspiration.....	45	<b>L'épuration des eaux usées agricoles</b> .....	<b>107</b>
L'intégration paysagère.....	47	<b>Lutter contre les transferts de pollution</b> .....	<b>108</b>
Le confinement des odeurs.....	48	<b>Les zones tampons sèches</b> .....	<b>110</b>

<b>Les zones tampons humides</b> .....	<b>113</b>	<b>Cératophylles</b> .....	<b>151</b>
La ripisylve .....	114	<b>Consoude</b> .....	<b>152</b>
<b>Les zones tampons humides artificielles</b> .....	<b>117</b>	<b>Cornouiller sanguin</b> .....	<b>153</b>
<b>Comment créer une zone tampon ?</b> .....	<b>120</b>	<b>Élodée du Canada</b> .....	<b>154</b>
La réglementation .....	120	<b>Épi d'eau</b> .....	<b>155</b>
La conception .....	120	<b>Épilobes</b> .....	<b>156</b>
Les démarches administratives .....	120	<b>Eupatoire chanvrine</b> .....	<b>158</b>
<b>Les autres applications de la phytoépuration</b> .....	<b>121</b>	<b>Gunnère</b> .....	<b>159</b>
<b>Les piscines naturelles</b> .....	<b>122</b>	<b>Iris des marais</b> .....	<b>160</b>
Comment ça marche ? .....	122	<b>Jacinthe d'eau</b> .....	<b>161</b>
L'entretien .....	123	<b>Joncs</b> .....	<b>162</b>
Comment créer une piscine écologique ? .....	127	<b>Laïches</b> .....	<b>163</b>
<b>Les bassins d'ornement</b> .....	<b>128</b>	<b>Laitue d'eau</b> .....	<b>164</b>
Différentes sortes de bassins .....	129	<b>Lentilles d'eau</b> .....	<b>165</b>
La réglementation .....	130	<b>Massette à larges feuilles</b> .....	<b>166</b>
L'implantation .....	130	<b>Menthe aquatique</b> .....	<b>167</b>
La végétalisation .....	131	<b>Nénuphar jaune</b> .....	<b>168</b>
<b>La phytoépuration : de vastes perspectives... et des limites !</b> .....	<b>133</b>	<b>Noisetier commun</b> .....	<b>169</b>
<b>Les eaux usées agricoles</b> .....	<b>134</b>	<b>Nymphéas</b> .....	<b>170</b>
<b>Les eaux usées industrielles</b> .....	<b>135</b>	<b>Pesse d'eau</b> .....	<b>171</b>
<b>De la phytoépuration à la phytoremédiation</b> .....	<b>136</b>	<b>Peuplier noir</b> .....	<b>172</b>
<b>Les limites de la phytoépuration</b> .....	<b>139</b>	<b>Plantain d'eau commun</b> .....	<b>174</b>
Attention à la conception et à la réalisation ! .....	139	<b>Pontédérie à feuilles en cœur</b> .....	<b>175</b>
La phytoépuration craint-elle le froid ? .....	139	<b>Populage des marais</b> .....	<b>176</b>
Faites de la place ! .....	139	<b>Potamots</b> .....	<b>177</b>
<b>Les principales plantes pour les dispositifs de phytoépuration</b> .....	<b>141</b>	<b>Prêles</b> .....	<b>178</b>
<b>Les différentes plantes aquatiques et de berge</b> .....	<b>142</b>	<b>Reine des prés</b> .....	<b>179</b>
Les hydrophytes .....	142	<b>Renoncule en crosse</b> .....	<b>180</b>
Les hélophytes .....	143	<b>Renouée amphibie</b> .....	<b>181</b>
Les rivulaires .....	143	<b>Roseau commun</b> .....	<b>182</b>
<b>Açore odorant</b> .....	<b>144</b>	<b>Rubanié dressé et rubanié simple</b> .....	<b>184</b>
<b>Alpiste faux-roseau</b> .....	<b>145</b>	<b>Sagittaire à feuilles en flèche</b> .....	<b>185</b>
<b>Arum d'Éthiopie</b> .....	<b>146</b>	<b>Salicaire commune</b> .....	<b>186</b>
<b>Aulne glutineux</b> .....	<b>148</b>	<b>Scirpe lacustre</b> .....	<b>187</b>
<b>Bambou pubescent</b> .....	<b>149</b>	<b>Saules</b> .....	<b>188</b>
<b>Butome en ombelle</b> .....	<b>150</b>	<b>Véronique des ruisseaux</b> .....	<b>190</b>
		<b>Conclusion</b> .....	<b>191</b>
		<b>Annexes</b> .....	<b>193</b>
		<b>Glossaire</b> .....	<b>194</b>
		<b>Carnet d'adresses</b> .....	<b>198</b>
		<b>Bibliographie</b> .....	<b>200</b>
		<b>Liste des sigles et abréviations</b> .....	<b>202</b>
		<b>Index</b> .....	<b>204</b>



# Introduction

Qu'est-ce que la phytoépuration et quels sont ses mécanismes ? La phytoépuration est-elle efficace ? Toutes les applications se valent-elles ? Quels sont les avantages et les inconvénients de cette technique ? Quel est le véritable rôle des végétaux ? Cet ouvrage a pour objectif de répondre à toutes ces questions et de percer les secrets de la phytoépuration.

Nous avons souhaité présenter ce livre de façon accessible et pratique. Son plan doit vous permettre de naviguer selon vos attentes et vos problématiques, sans pour autant tout lire de façon linéaire.

Ainsi, vous trouverez dans la première partie une **présentation de la phytoépuration** et de son intérêt vis-à-vis des systèmes traditionnels.

La deuxième partie, certes très technique, vous permettra de **comprendre tous les mécanismes de la phytoépuration** et le véritable rôle des végétaux.

Nous conseillons la lecture de ces deux premières parties à tous : elles sont nécessaires pour mieux comprendre la suite.

La troisième partie est une présentation de tous les dispositifs mettant en œuvre

la phytoépuration pour le **traitement des eaux usées domestiques**. Que vous soyez élu local attiré par la phytoépuration pour épurer les eaux usées de votre collectivité, ou propriétaire concerné par l'assainissement individuel (ou assainissement non collectif) et intéressé par une technique alternative, vous trouverez toutes les informations nécessaires pour vous lancer !

La quatrième partie est consacrée au **traitement des eaux usées agricoles**, grâce aux zones tampons.

La cinquième partie aborde les autres dispositifs de phytoépuration que vous pouvez mettre en place : **piscines naturelles** et **bassins d'ornement**.

La sixième partie présente les **limites** au développement de la phytoépuration, mais aussi ses **perspectives**, à travers les domaines dans lesquels elle s'étendra vraisemblablement dans les années qui viennent.

Enfin, dans la dernière partie, nous présentons les **principales plantes aquatiques et de berge** qui peuvent être utilisées en phytoépuration, ainsi que leurs caractéristiques.



# **Pourquoi adopter la phytoépuration ?**



# Qu'est-ce que la phytoépuration ?

## Définition

Dans le langage courant, le terme de « phytoépuration » désigne l'épuration par les plantes. Mais il s'agit en réalité d'un ensemble de techniques associant des processus naturels issus de la combinaison **végétaux + substrat\*<sup>1</sup> + micro-organismes\*** réunie dans un écosystème artificiel doué d'une capacité d'épuration<sup>2</sup>. L'épuration à proprement parler y est effectuée par les micro-organismes, tandis que les plantes et le substrat jouent un rôle complémentaire.

Par ailleurs, il est important de bien faire la distinction entre la **phytoépuration**, qui désigne l'utilisation des plantes dans l'épuration des eaux, et la **phyto-rémediation**, qui désigne quant à elle la décontamination des sols pollués par les végétaux. Certains spécialistes considèrent que la phytoépuration est une composante de la phyto-rémediation.

<sup>1</sup> Les termes expliqués dans le glossaire sont signalés d'un astérisque lors de leur première apparition dans chaque partie.

<sup>2</sup> Définition inspirée de la thèse de Runying Wang, Docteur en Sciences de l'environnement et en Écologie (*Phytoépuration de boues biologiques provenant de l'industrie agroalimentaire : traitement par un système de marais artificiels à flux vertical en région méditerranéenne française*, 2009, Université de Provence, [www.inspire-institut.org/tribune-libre-la-muse-avril-2011-la-phytoepuration-quest-ce-que-cest.html#.VoUqfbbhDso](http://www.inspire-institut.org/tribune-libre-la-muse-avril-2011-la-phytoepuration-quest-ce-que-cest.html#.VoUqfbbhDso)).

## Un peu d'histoire...

L'idée d'utiliser les plantes pour épurer les eaux usées a germé dans les années **1950-1960 en Allemagne**. Jusque-là, il était répandu de penser que ces dernières ne pouvaient pas se développer de façon normale dans des milieux pollués, qu'il s'agisse de pollution domestique, agricole ou industrielle. Ce sont les travaux d'une biologiste, **Käte Seidel**, qui ont permis de mettre fin à cette idée reçue. En effet, elle a été l'une des premières à mettre en évidence la capacité d'auto-épuration des zones humides\*, c'est-à-dire leur capacité à assimiler, accumuler et même à dégrader certains types de pollutions. C'est suite à ses travaux que différents dispositifs reproduisant artificiellement les zones humides ont été créés pour reproduire les processus naturels d'auto-épuration. La phytoépuration était née.

**En France**, c'est le **Cemagref**, aujourd'hui devenu **Irstea** (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture), qui a été le premier organisme public à travailler sur le sujet dans les années 1970-1980.

# État des lieux de la gestion de l'eau

## Le coût de l'eau

En France, l'eau coûte de plus en plus cher. Excepté dans quelques villes, son prix ne cesse d'augmenter depuis de nombreuses années, pour dépasser aujourd'hui 5 € le mètre cube dans certaines communes. Au-delà des taxes qui s'appliquent au prix de l'eau, ces tarifs peuvent s'expliquer de plusieurs façons. Tout d'abord, en début d'approvisionnement, la **qualité de l'eau**, très disparate selon les régions, et les **contraintes locales** (géologie, impact des activités humaines, etc.) peuvent occasionner des surcoûts. Ensuite, l'état des réseaux et des canalisations nécessite parfois des rénovations et des investissements qui sont répercutés sur la facture des consommateurs. Enfin, à l'autre bout de la chaîne, l'**assainissement** des eaux usées, lorsqu'il est collectif, doit tenir compte du type de rejets dans le réseau (domestiques, industriels, agricoles), et les procédés traditionnels mis en place dans les stations d'épuration sont toujours plus coûteux, et nécessitent de l'entretien. Lorsqu'il est non collectif, c'est-à-dire individuel<sup>3</sup>, l'assainissement des eaux usées doit désormais répondre à une réglemen-

<sup>3</sup> Dans ce livre, nous utiliserons le terme d'assainissement individuel, mais dans la réglementation et l'ensemble des textes officiels, c'est celui d'assainissement non collectif (ou ANC) qui est utilisé.

tation très stricte et la mise aux normes peut parfois être extrêmement coûteuse. À ce contexte économique, il est important d'ajouter l'impact de la **privatisation** des services d'eau potable et d'assainissement qui, il faut bien le reconnaître, fait encore grimper la facture. Mais heureusement, des alternatives existent ! Ainsi, dans certaines communes, et notamment en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, les municipalités ont fait le choix de reprendre les services d'eau et/ou d'assainissement en régie, c'est-à-dire en gestion directe, ce qui a très nettement fait baisser les coûts, comme à Gap (05), à Fréjus (83), à Embrun (05), etc.

## La qualité de l'eau

Par ailleurs, la qualité de l'eau à laquelle nous avons accès est de moins en moins bonne. En effet, les **nitrate**s (issus des engrais utilisés en agriculture conventionnelle) et de nombreux **pesticides** contaminent les masses d'eau.

Par exemple, sur la période 2007-2009, des résidus d'atrazine (un herbicide agricole interdit en France depuis 2003) étaient présents dans 45 % des prélèvements effec-



*En France, de nombreux cours d'eau sont contaminés par les pesticides et les nitrates.*

tués dans les cours d'eau en métropole<sup>4</sup>. En raison des risques que les pesticides représentent pour l'environnement et la santé, leur présence dans les cours d'eau et dans les eaux souterraines fait l'objet de suivis réguliers depuis les années 2000. Ces derniers permettent de cartographier leur présence dans les milieux aquatiques, et de mesurer leurs concentrations. Les résultats des analyses permettent notamment de vérifier le respect des normes, lorsqu'elles existent. Les zones les plus contaminées, c'est-à-dire dans lesquelles une grande diversité de molécules ont été détectées<sup>5</sup> d'une part, et dans lesquelles

les concentrations de pesticides sont les plus importantes d'autre part<sup>6</sup>, correspondent aux grands bassins agricoles, à savoir un large tiers nord de la France, mais aussi en amont du Rhône, et plus ponctuellement en Pays de la Loire. Par ailleurs, malgré les efforts effectués par les pouvoirs publics (campagnes de sensibilisation) et les agriculteurs, les taux de nitrates (issus des engrais azotés utilisés en agriculture) continuent d'augmenter dans la moitié des cours d'eau du pays. L'Institut français de l'environnement<sup>7</sup> avait publié en 2003 et 2004 un rapport relatif à la contamination

<sup>4</sup> « Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau », Ministère chargé de l'environnement, 2011.

<sup>5</sup> [www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/246/211/contamination-globale-cours-deau-pesticides.html](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/246/211/contamination-globale-cours-deau-pesticides.html).

<sup>6</sup> [www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED136.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED136.pdf).

<sup>7</sup> Depuis 2008, l'Institut français de l'environnement a été remplacé par le Service de l'observation et des statistiques (SOES).

des eaux par les pesticides. Les chiffres indiquaient que la moitié des cours d'eau et près d'un tiers des nappes souterraines étaient concernés. Un rapport du ministère de la Santé datant de 2005 allait dans le même sens et indiquait qu'en 2003, 9 % des Français ont bu une eau dépassant les seuils autorisés pour les résidus de pesticides. D'une manière plus générale, un état des lieux de 2004 a révélé que 50 à 75 % des masses d'eau superficielles et souterraines sont gravement dégradées dans notre pays...

En 2013, en France métropolitaine, les plus fortes concentrations de nitrates dans les cours d'eau ont été relevées dans un large quart Nord/Nord-Ouest, en amont de la vallée du Rhône et dans le Sud-Ouest. Ainsi, près de 6 % des points de mesure dépassent en moyenne annuelle le seuil de vigilance (fixé à 40 mg/l) et 1,9 % dépassent les 50 mg/l.



*Dans les grands bassins agricoles, l'eau est de moins bonne qualité qu'ailleurs.*

## Et la phytoépuration ?

Face à cette tension économique des services d'eau et d'assainissement, et aux problèmes de pollution des ressources en eau, les enjeux du développement de la phytoépuration sont donc multiples.

- En assainissement collectif, la phytoépuration permet de proposer aux petites collectivités locales<sup>8</sup> des dispositifs d'épuration des eaux usées domestiques alternatifs aux dispositifs traditionnels, fiables, efficaces, moins coûteux en investissement et en entretien, et dont l'exploitation ne nécessite pas de compétence particulière. Tous ces avantages permettent aux collectivités de reprendre la main sur l'assainissement collectif, tout en limitant

leur recours à des prestataires privés. Cela a pour effet de limiter, voire même de faire baisser les coûts du service.

- En assainissement individuel (ou assainissement non collectif), la phytoépuration permet d'offrir aux propriétaires une alternative aux dispositifs traditionnels, à la fois fiable et efficace.

- En ce qui concerne la prévention des pollutions et la dépollution des cours d'eau, la phytoépuration apporte une solution efficace dans la rétention et la dégradation des pollutions organiques (comme les nitrates) et des pollutions chimiques (comme les pesticides) et constitue une réelle alternative aux dispositifs conventionnels principalement basés sur la réduction d'usage (pression polluante), qui montrent parfois leurs limites en terme de dépollution.

<sup>8</sup> Comme nous le verrons par la suite, en raison de son emprise foncière notamment, en assainissement collectif, la phytoépuration est principalement réservée aux collectivités allant jusqu'à 2000 habitants environ.

# Phytoépuration versus dispositifs traditionnels

## Les dispositifs traditionnels

### En assainissement collectif

La réglementation aujourd'hui applicable en assainissement collectif autorise la mise en œuvre de toutes les techniques, à condition qu'elles permettent d'atteindre des rendements épuratoires minimum (voir p. 55). Il est donc impossible de faire un inventaire exhaustif des techniques utilisées, mais certaines sont plus fréquemment utilisées.

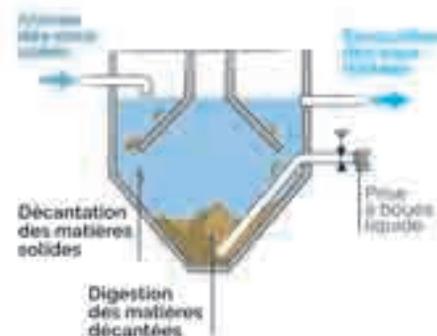
### Le décanteur-digester

Il s'agit d'un ouvrage préfabriqué ou maçonné, qui assure à la fois la décantation des matières en suspension et la digestion anaérobie (sans oxygène) de la fraction organique des boues décantées. La digestion (ou fermentation) est plus ou moins avancée selon le temps de séjour des matières décantées. Le décanteur-digester est généralement utilisé comme un traitement primaire et suivi d'un autre traitement de type filtre bactérien ou épandage, par exemple.

### Le lit bactérien (ou filtre bactérien)

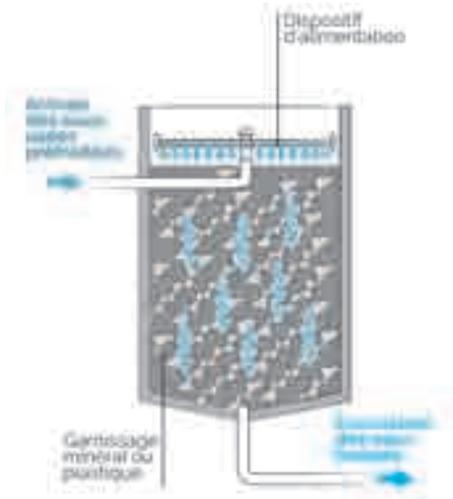
Ce procédé d'épuration, très prisé dans les années 1960-1970, est un ouvrage préfabriqué ou maçonné rempli d'un garnissage minéral (pouzzolane, par exemple) ou plastique servant de support aux micro-organismes épurateurs qui forment un film biologique (appelé biofilm) à sa surface. Celui-ci assure l'assimilation de la pollution dans des conditions aérobies, c'est-à-dire en présence d'oxygène. L'ouvrage doit donc être ventilé naturellement (*via* des ouvertures sur l'air libre, par exemple)

### Le décanteur-digester



ou artificiellement (*via* des aération forcées). Le filtre bactérien est alimenté par sa partie supérieure avec des eaux usées préalablement décantées, pour être débarrassées des matières solides (*via* un décanteur\*-digesteur, par exemple). Les eaux usées traversent le garnissage verticalement avant d'être collectées et évacuées dans la partie basse du filtre bactérien.

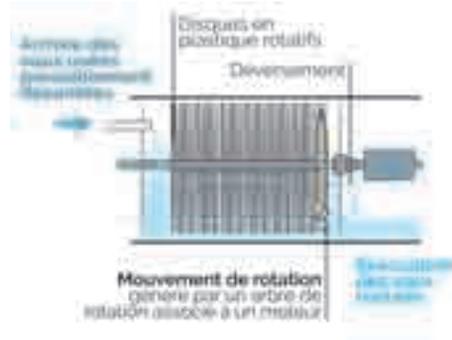
**Le lit bactérien**



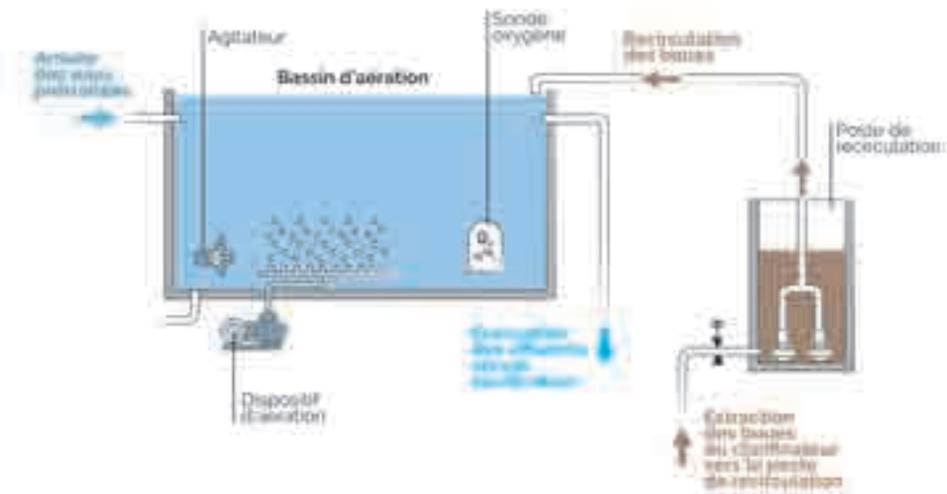
**Les disques biologiques**

Le procédé d'épuration des disques biologiques repose sur la rotation de disques en plastique dans des cuves préfabriquées remplies à mi-hauteur d'eaux usées préalablement décantées (*via* un décanteur\*-digesteur, par exemple). Les disques servent alors de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un « biofilm ». Le mouvement de rotation des disques, impulsé par un arbre de rotation sur lequel ils sont fixés, permet d'alterner les phases d'immersion dans les eaux usées et les phases d'émersion. L'alternance de phases de contact avec l'air et avec l'ef-

**Les disques biologiques**



**Les boues activées**



fluent à traiter permet l'oxygénation du système et le développement de la culture bactérienne.

### Les boues activées

Ce procédé d'épuration repose sur une dégradation aérobie (en présence d'oxygène) de la pollution, par mélange de micro-organismes épurateurs et des eaux usées, suivie d'une séparation des eaux usées épurées et des boues activées. Généralement mise en œuvre dans un ouvrage maçonné, cette technique consiste à oxygéner artificiellement de façon prolongée des eaux usées préalablement prétraitées (*via* un décanteur-digester, par exemple), puis de les laisser reposer pour décantation\* dans un clarificateur\*. Le traitement préalable des effluents, l'important temps de séjour et l'aération artificielle prolongée, permettent de placer les micro-organismes épurateurs dans une situation de « disette » (forte concentration de micro-organismes pour une charge de pollution faible), améliorant ainsi les performances du dispositif. Afin de maintenir une concentration importante en micro-organismes épurateurs, des boues très chargées sont régulièrement injectées dans l'ouvrage à partir du clarificateur, c'est ce que l'on appelle la recirculation.

## À noter

Les dispositifs d'assainissement collectif traditionnels sont généralement constitués d'ouvrages de génie civil, consommateurs d'énergie, et dont l'exploitation fait souvent appel à des connaissances et à des compétences très particulières.

## En assainissement individuel

Certaines installations existent et sont autorisées par la réglementation depuis très longtemps : les fosses toutes eaux. Il s'agit de ce fait des dispositifs les plus fréquents.

Par ailleurs, depuis 2009, de nouveaux dispositifs, dits « agréés », ont été autorisés : les filtres compacts et les microstations.

### Les fosses toutes eaux (ou fosses septiques)

Le traitement des eaux usées se fait en deux étapes : une phase de « prétraitement », ou « traitement primaire » et une phase de « traitement secondaire » par le sol.

Le **traitement primaire** (ou fosse septique selon le vocable anciennement utilisé) est assuré par une fosse toutes eaux, une cuve étanche qui reçoit l'ensemble des eaux usées brutes. Son rôle est de retenir les matières solides et les déchets flottants, par décantation, et de liquéfier les matières polluantes sous l'action de micro-organismes anaérobies\*.

Le **traitement secondaire** diffère selon la nature du sol :

- **épandage en sol naturel** : lorsque c'est possible, les eaux sont ensuite épandues sous terre dans le sol en place. Grâce à ses propriétés, ce dernier est utilisé comme support épurateur du fait des micro-organismes aérobies\* naturellement présents et comme moyen d'évacuation des eaux usées traitées ;
- **filtre à sable** : lorsque le sol naturel ne peut être utilisé comme support épurateur, il est remplacé par un massif de sable siliceux lavé. Les eaux usées sont alors traitées par les micro-organismes fixés aux grains de sable. Les eaux traitées peuvent ensuite directement s'infiltrer en fond de filtre à sable (on parle alors de filtre à sable non drainé) ou, si les conditions du terrain l'interdisent (sol trop imperméable, présence d'une nappe phréatique trop proche, etc.), les eaux traitées sont drainées en fond de filtre pour être évacuées selon une autre solution (évaпотranspiration/irrigation, etc.). On parle alors d'un filtre à sable drainé.

### Les filtres compacts

Dans ces dispositifs, une phase de « prétraitement » est assurée par une fosse

**toutes eaux** (de la même façon que précédemment).

Un « traitement secondaire » est ensuite effectué par un **massif filtrant compact**. Dans ces derniers, le matériau de filtration – appelé média épurateur – (zéolithe, copeaux de coco, laine de roche, sable, etc.) accompagné de son système de distribution et de récupération des eaux usées traitées est placé dans une boîte qui l'isole du sol environnant. Le traitement des effluents s'y fait grâce à la percolation\* de l'eau dans le massif filtrant. Les eaux traitées sont ensuite récupérées en fond de massif filtrant pour être évacuées selon différentes méthodes en fonction du contexte (infiltration, rejet, évapotranspiration/irrigation, etc.).

### Les microstations

Ces dispositifs permettent d'assurer le traitement des eaux usées selon le principe de la dégradation aérobie (avec oxygène) de la pollution par des micro-organismes en culture libre ou en culture fixée. Les microstations fonctionnent grâce à une oxygénation forcée qui permet un fort développement de bactéries aérobies lesquelles dégradent les matières polluantes. Un système d'aération permet l'oxygénation et la mise en suspension de la biomasse dans les eaux à traiter. Dans la plupart des cas, le traitement se fait en trois étapes.

- Le **traitement primaire** ou « prétraitement » est assuré dans une cuve indépendante ou un compartiment pour les dispositifs à monocuve et repose sur les mêmes principes que la fosse toutes eaux.
- Le **traitement secondaire** se déroule dans un second compartiment (ou une seconde cuve) appelé « réacteur biologique ». Les eaux usées prétraitées sont aérées artificiellement. La mise en contact des micro-organismes épurateurs, de l'oxygène dissous apporté et de l'effluent à traiter permet la dégradation de la pollution. Les micro-organismes peuvent être en simple suspension dans l'eau, sans support de fixation : on parle alors de **mi-**

**crostation** à « culture libre ». Dans d'autres cas, cette cuve ou ce compartiment peut être garnis d'un support qui sert de fixation aux micro-organismes : on parle alors de **microstation** à « cultures fixées ».

- Les eaux sont ensuite débarrassées des dernières boues par décantation dans une nouvelle cuve ou un nouveau compartiment, appelé **clarificateur\***.

Les eaux traitées sont évacuées selon différentes méthodes en fonction du contexte (infiltration, rejet, évapotranspiration/irrigation, etc.).

## Les dispositifs de phytoépuration

En **assainissement collectif**, les procédés de phytoépuration sont autorisés au même titre que tous les autres dispositifs, à condition d'atteindre des rendements épuratoires minimum. On utilise différents systèmes : le filtre planté à écoulement vertical ou horizontal, ainsi que le lagunage.

En **assainissement individuel**, des dispositifs agréés de phytoépuration ont été autorisés depuis 2009, au même titre que les filtres compacts et les microstations : les systèmes mis en œuvre sont des filtres plantés, à écoulement vertical et/ou horizontal.

### Les filtres plantés

Les filtres plantés sont des massifs filtrants constitués d'un ou de plusieurs étages contenant un **substrat** filtrant sur lequel des **macrophytes\*** (végétaux de grande taille) sont plantés. Le substrat sert de support de fixation aux micro-organismes épurateurs. Le végétal n'a pas de rôle épurateur en tant que tel, mais permet la bonne aération du massif filtrant et joue différents rôles indirects, comme la stimulation des **micro-organismes** épurateurs. Le filtre planté reçoit des eaux usées brutes, ou préalablement prétraitées,

via une fosse toutes eaux par exemple. On distingue deux types de filtres plantés :

- **le filtre planté à écoulement vertical**, constitué d'un ou plusieurs casiers appelés « lits », dans lequel se produit une filtration mécanique des particules sur le support filtrant avec une dégradation biologique de la pollution par les micro-organismes aérobies qui s'y développent. On parle d'écoulement vertical car les effluents traversent verticalement le massif filtrant avant d'être drainés en fond de filtre ;
- **le filtre planté à écoulement horizontal**, l'épuration est assurée avec des mécanismes aérobies (avec oxygène) et anaérobies (sans oxygène). L'écoulement des effluents se fait horizontalement dans le massif filtrant.

### Le lagunage naturel

Ce procédé d'épuration est constitué d'une succession de plusieurs bassins artificiels et fait intervenir des micro-organismes aérobies et anaérobies (voir p.68).

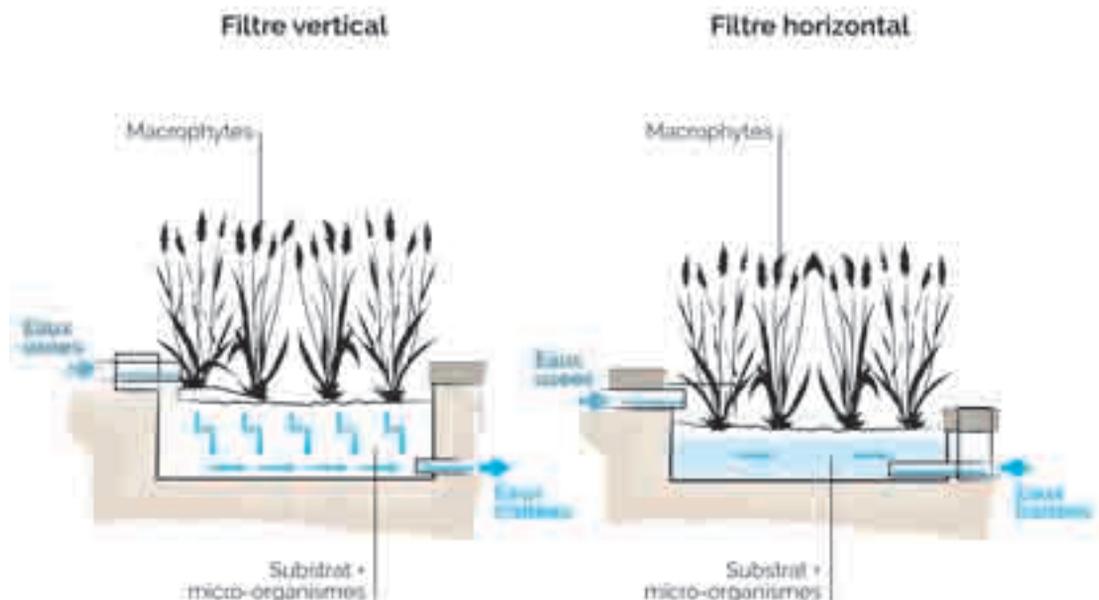
## Comparaison entre les dispositifs traditionnels et la phytoépuration

### La phytoépuration est-elle plus écologique ?

- En phytoépuration comme en assainissement traditionnel, l'épuration à proprement parler est assurée par des **micro-organismes épurateurs**. Le procédé d'épuration est donc identique.
- Pour évaluer le critère écologique de la phytoépuration, il est également important de prendre en compte et de comparer les **matériaux utilisés**, les ouvrages mis en œuvre, leur **consommation énergétique**, etc.

En **assainissement collectif**, les dispositifs traditionnels font souvent appel à des

### Principe de fonctionnement des filtres plantés



## Comparatif des différents systèmes d'assainissement individuel

(hors zone d'infiltration ou d'évapotranspiration/infiltration lorsqu'elle est nécessaire)

	SYSTÈMES TRADITIONNELS		SYSTÈMES AGRÉÉS		PHYTOÉPURATION
	Fosses toutes eaux (épandage en sol naturel)	Fosses toutes eaux (suivies d'un filtre à sable)	Filtres compacts	Microstations	Filtres plantés agréés
<b>Surface nécessaire</b>	Importante	Moyenne	Faible	Faible	Variable (selon modèle)
<b>Vidange des boues ou curage</b>	Tous les 4 à 6 ans	Tous les 4 à 6 ans	Tous les 4 à 6 ans	Tous les 3 mois à tous les 3 ans (selon modèle)	Variable (selon modèle)
<b>Mise en œuvre dépendante des caractéristiques du sol</b>	Oui	Non	Non	Non	Non
<b>Consommation électrique*</b>	Aucune	Aucune	Aucune	Oui	Variable (selon modèle)
<b>Difficulté d'exploitation</b>	Simple	Simple	Simple	Difficile	Simple
<b>Remplacement du matériau filtrant</b>	Non	Oui	Oui	Non	Non
<b>Coût de mise en œuvre</b>	Variable	Élevé	Élevé	Variable	Variable (selon modèle)
<b>Coût d'entretien</b>	Faible	Faible	Variable	Élevé	Variable (selon modèle)
<b>Alimentation intermittente</b> (ex. : résidence secondaire)	Oui	Oui	Oui	Non	Oui

\* Hors refoulement si écoulement non gravitaire.

techniques de génie civil et nécessitent une consommation énergétique. Sur ce point, on peut considérer que la phytoépuration est plus écologique car elle ne nécessite généralement que des travaux de terrassement et n'est pas particulièrement gourmande en énergie. Ceci étant dit, les techniques de phytoépuration sont des techniques dites « extensives », c'est-à-dire

qu'elles nécessitent un dimensionnement important, donc une forte emprise foncière, pour atteindre des rendements épuratoires équivalents à des techniques dites « intensives ». Cette caractéristique est donc à prendre en considération, d'autant plus si les terrains d'implantation concernés sont des terrains naturels ou agricoles.

## Comparatif des différents systèmes d'assainissement collectif

	SYSTÈMES TRADITIONNELS				PHYTOÉPURATION	
	Décanteur-digesteur	Lit bactérien	Disques biologiques	Boues activées	Filtres plantés	Lagunage naturel
<b>Surface nécessaire</b>	Élevée	Moyenne	Moyenne	Faible	Élevée	Élevée
<b>Vidange des boues ou curage</b>	1 à 2 fois par an	1 à 2 fois par an**	1 à 2 fois par an**	1 à 2 fois par an**	Tous les 10 ans environ	Tous les 10 ans environ
<b>Contraintes liées au génie civil</b>	Oui	Oui**	Oui**	Oui**	Non	Non
<b>Consommation électrique*</b>	Non	Variable	Faible	Oui	Non	Non
<b>Difficulté d'exploitation</b>	Simple	Simple	Difficile	Difficile	Simple	Simple
<b>Intégration paysagère</b>	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise**	Bonne	Bonne
<b>Coût de mise en œuvre</b>	Faible	Élevé	Élevé	Élevé	Élevé	Élevé
<b>Coût d'entretien</b>	Faible	Moyen	Moyen	Élevé	Faible	Faible
<b>Nuisances olfactives</b>	Importantes	Importantes**	Importantes**	Importantes**	Faibles	Aucune
<b>Nuisances sonores</b>	Faibles	Faibles	Faibles	Élevées	Aucune	Aucune

\* Hors refoulement si écoulement non gravitaire.

\*\* Pour ces dispositifs, les contraintes liées à la vidange des boues et au génie civil, ainsi que les nuisances olfactives proviennent de la présence d'un décanteur-digesteur.

En assainissement individuel, on ne peut pas être aussi catégorique et prétendre que la phytoépuration est plus écologique que les autres procédés. En effet, les dispositifs de phytoépuration aujourd'hui agréés font généralement appel à des matériaux et à des techniques similaires à ceux employés dans les dispositifs traditionnels. Ils nécessitent également, pour la plupart,

la mise en place de pompes, consommatrices d'énergie électrique, alors que les dispositifs traditionnels ne consomment en général aucune électricité. De ce point de vue, la phytoépuration n'est donc pas forcément plus écologique que l'assainissement traditionnel...

- C'est peut-être lorsque l'on parle d'entretien que la phytoépuration prend un

net avantage, à une condition toutefois. Comme nous le verrons par la suite, seuls les dispositifs de phytoépuration dépourvus de fosse sont avantageux. En effet, ces derniers ne nécessitent pas de vidange des boues mais simplement un curage tous les 10 ans – ou plus – en moyenne, alors qu’une fosse toutes eaux classique nécessite une vidange tous les 4 à 6 ans environ. Le bénéfice écologique n’est donc pas négligeable ! Malgré tout, il faut savoir que peu de dispositifs de phytoépuration agréés sont aujourd’hui conçus sans fosse...

- Enfin, l’**impact sur la biodiversité** de la phytoépuration présente un avantage incontestable. En effet, les roselières\* et autres plantations de terrains humides favorisent l’apparition et l’installation d’une faune nouvelle, inféodée aux zones humides, souvent menacée par la disparition de son habitat naturel. Cet intérêt de la phytoépuration est d’autant plus important que les espèces végétales sont diversifiées.

## La phytoépuration est-elle moins coûteuse ?

- En **assainissement collectif**, la phytoépuration est incontestablement plus économique, et c’est sans doute l’un de ses principaux arguments. En effet, de nombreuses études comparatives placent la phytoépuration comme l’une des techniques les moins onéreuses lors de l’investissement et comme la technique la moins coûteuse au niveau de l’exploitation. C’est d’ailleurs, à notre sens, la facilité et le faible coût d’exploitation qui font de la phytoépuration une des techniques les plus adaptées aux petites collectivités. Ces chiffres doivent cependant être pris avec précaution, car les coûts peuvent varier selon les régions et surtout selon le dimensionnement de l’installation. En effet, pour de trop grandes capacités (plus de 1 000 équivalents-habitants\*), la phytoépuration n’est plus aussi intéres-

sante, compte tenu principalement de son emprise foncière.

- En revanche, dans le domaine de l’**assainissement individuel**, il est beaucoup plus délicat de répondre de manière précise, tant les coûts varient de façon importante dans l’espace (selon les régions, par exemple) et dans le temps. Néanmoins, il est tout de même possible de donner des indications générales.

Lors de l’**investissement**, la phytoépuration est souvent plus coûteuse que l’assainissement traditionnel. Au-delà du coût direct des fournitures et des travaux, c’est aussi la réglementation applicable qui engendre ce surcoût. En n’autorisant que les dispositifs de phytoépuration bénéficiant d’un agrément, la réglementation crée un déséquilibre du marché. En effet, les dispositifs de phytoépuration ont le vent en poupe et de plus en plus de propriétaires s’orientent vers cette solution. Mais le nombre limité de dispositifs actuellement autorisés et de sociétés compétentes pour réaliser les études de conception et les travaux provoque une hausse mécanique des coûts. Ce phénomène est encore plus important pour les dispositifs dont la réalisation ne peut être assurée que par une entreprise elle-même agréée par le fabricant dudit dispositif<sup>9</sup>. Mais en y regardant de plus près, on s’aperçoit que le surcoût observé lors de l’investissement peut être compensé par le coût réduit de l’**exploitation**<sup>10</sup>, qui est généralement inférieur à celui de l’assainissement conventionnel. Le curage, par exemple, est nécessaire tous les 10 ans ou plus en phytoépuration, alors qu’une vidange s’impose tous les 4 à 6 ans en assainissement conventionnel. À noter qu’en phytoépuration comme en assainissement

<sup>9</sup> En fait, même si elle peut avoir des effets pervers en termes de coût, cette réglementation s’explique par une volonté de n’autoriser que des dispositifs de qualité, qui ont démontré leur efficacité épuratoire, et dont la mise en œuvre est assurée par des professionnels compétents.

<sup>10</sup> L’exploitation comprend l’entretien (taille des roseaux, curage, etc.), les contrôles de bon fonctionnement qui doivent être réguliers, et les coûts annexes (électricité, frais d’analyses, etc.).

conventionnel, l'exploitation quotidienne de l'installation peut être assurée par le propriétaire lui-même, alors que les autres dispositifs d'assainissement agréés (microstations notamment) nécessitent souvent des compétences techniques qui ne sont pas à la portée de tous. C'est d'ailleurs pour cela que les fabricants proposent quasiment systématiquement un contrat d'entretien.

## La phytoépuration est-elle plus efficace ?

Comme nous l'avons déjà précisé, en phytoépuration comme en assainissement conventionnel, l'épuration proprement dite est assurée par des **micro-organismes** épurateurs. L'efficacité de l'épuration serait donc similaire... Cela dit, bien que les spécialistes estiment que ce phénomène est négligeable, les **végétaux** peuvent compléter la rétention et la dégradation de certains polluants, pouvant améliorer l'efficacité de la phytoépuration.

Quoi qu'il en soit, la qualité de la **conception** et de l'**entretien** joue un rôle majeur. Comme pour tout autre procédé d'épuration, les rendements épuratoires peuvent en effet devenir très médiocres en cas de mauvaise conception, de mauvaise mise en œuvre, ou d'un entretien et d'une exploitation inadaptés. Sur ce critère, en raison d'une exploitation aisée et d'un faible entretien, on peut considérer que les risques de dysfonctionnement – et par conséquent de mauvais rendements épuratoires – sont plus faibles que pour d'autres dispositifs, et ainsi conclure que la phytoépuration est plus efficace.

Par ailleurs, comme nous le découvrirons avec les zones tampons notamment (voir p. 108), la phytoépuration permet également de mettre en œuvre des techniques de **lutte contre les transferts de pollution**, qui permettent d'éviter que les polluants n'atteignent les nappes et les cours d'eau.

## Pourquoi choisir la phytoépuration ?

### En assainissement collectif

En assainissement collectif, la phytoépuration a fait ses preuves depuis plusieurs décennies et son efficacité n'a rien à envier aux dispositifs classiques. Dans ce domaine, son véritable et principal atout est, à notre sens, son exploitation simple et peu onéreuse. Celle-ci, ne nécessitant pas forcément de compétences techniques ni de connaissances très pointues, permet aux collectivités locales de reprendre la main sur leur service d'assainissement et d'en maîtriser les coûts.

### En assainissement individuel

Au-delà de ses avantages en terme de **coût** et d'**entretien**, en assainissement individuel, s'orienter vers la mise en place d'un dispositif de phytoépuration pour remplacer sa vieille fosse septique, c'est aussi souvent faire un **choix militant** !

Si l'on adhère à l'idée de qualifier les procédés de phytoépuration de procédés alternatifs, c'est avant tout pour la place qu'ils réservent à l'épuration des eaux usées et aux végétaux dans nos jardins. En fait, pour nous, si la phytoépuration est réellement intéressante en assainissement individuel, c'est surtout, pour **l'intérêt qu'elle redonne à la gestion de nos eaux usées**. Avec la phytoépuration, l'installation d'assainissement n'est plus un dispositif enterré au fond du jardin, indésirable, dont on ne s'occupe pas, mais elle devient un dispositif visible, apparent, faisant partie intégrante d'un aménagement paysager, traduisant souvent la sensibilité des propriétaires aux problématiques liées à la pollution. Par ailleurs, nous considérons que la phytoépuration est intéressante pour **l'importance qu'elle (re)donne aux plantes** dans nos sociétés qui se sont pendant longtemps coupées de la nature. Ces végétaux, en évoluant au rythme des saisons, rappellent aux propriétaires qu'un dispositif d'assainissement, quel qu'il soit, est vivant et

nécessite une attention permanente. De plus, les dispositifs de phytoépuration, *via* les plantes qu'ils mettent en œuvre, peuvent avoir de réels impacts esthétiques et paysagers sur le terrain où ils sont installés. Comme nous le verrons par la suite, de nombreuses espèces possèdent des

vertus ornementales. En outre, la diversité qu'elles apportent peut également favoriser l'apparition d'une faune variée, comme des libellules ou des oiseaux inféodés aux roselières, lesquels ne seraient peut-être jamais venus sinon...

*Les dispositifs de phytoépuration permettent de favoriser la biodiversité !*



# **Les mécanismes de la phytoépuration**

# La phytoépuration : des plantes, un substrat et des micro-organismes

La phytoépuration repose sur l'action combinée de **végétaux**, d'un **substrat\*** et de **micro-organismes\***. Contrairement à ce qu'il est d'usage de penser, ce ne sont pas les plantes, mais les micro-organismes, qui assurent l'épuration proprement dite. L'action des végétaux sur la pollution est en réalité très limitée, et les experts considèrent même que leur rôle épuratoire est négligeable. Ceci étant dit, ce sont

les végétaux qui permettent d'optimiser le développement de micro-organismes capables de s'attaquer aux polluants. En se développant pendant leur phase végétative, les végétaux (en particulier le roseau commun, *Phragmites communis*, qui est le plus couramment utilisé) jouent différents rôles de stimulation des micro-organismes épurateurs. En premier lieu, et au même titre que le substrat, ils leur



servent de **support de fixation**. Mais leur action ne s'arrête pas là. Grâce à leur activité métabolique, les plantes créent des **conditions de vie favorables** aux micro-organismes épurateurs (oxygénation, production d'exsudats\*, etc.), sur lesquelles nous reviendrons.

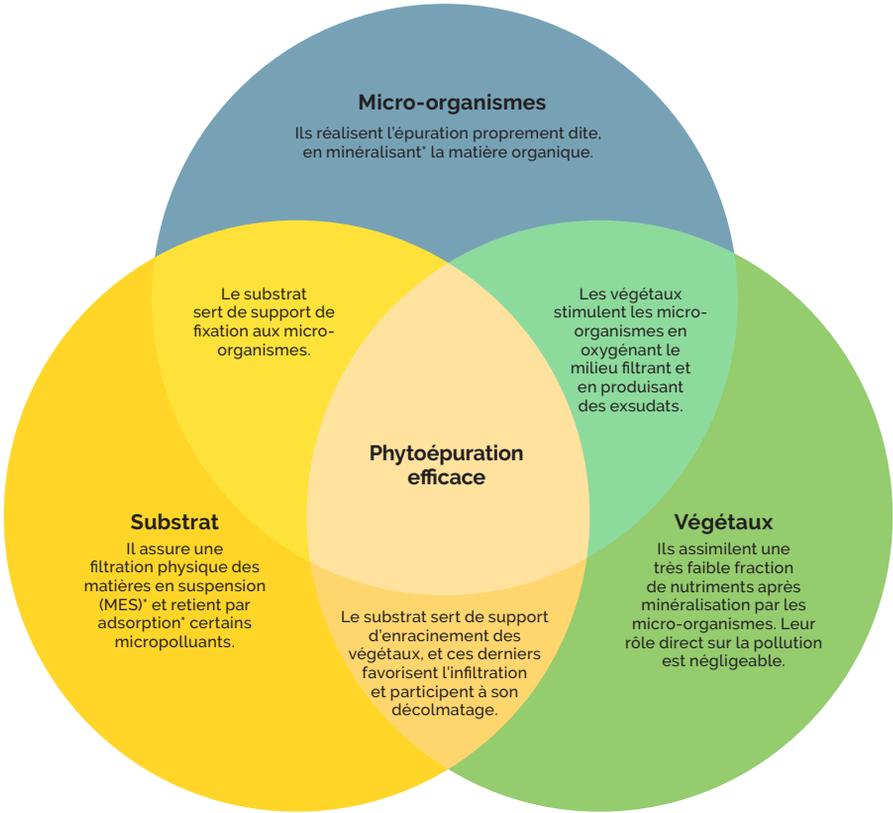
Par ailleurs, le substrat joue un rôle primordial. Au-delà d'un simple support pour les micro-organismes épurateurs, il intervient dans l'**adsorption** (phénomène par lequel des molécules se fixent sur une surface solide selon divers processus) et la

**rétenion** de nombreux polluants, *via* des réactions chimiques complexes.

Le triptyque *plantes + micro-organismes + substrat* ainsi obtenu est à la base de tous les dispositifs de phytoépuration mis au point aujourd'hui.

Cela étant dit, les dispositifs de phytoépuration doivent répondre à **plusieurs sortes de pollutions** (organique\*, chimique\* et microbiologique\*), face auxquelles les plantes pourront parfois jouer un rôle différent.

### Le fonctionnement d'une phytoépuration efficace



# Traiter la pollution organique

De façon simplifiée, la pollution organique désigne l'ensemble des substances d'origine biologique contenues dans les eaux usées (principalement **excréments, urines, fumiers, lisiers**). Ce sont des molécules composées essentiellement de **carbone, d'azote et de phosphore**, qui présentent la particularité d'être oxydables. Cela signifie qu'en conditions aérobies (en présence d'oxygène), les micro-organismes sont capables de les dégrader, puis de les transformer en composés minéraux, *via* la consommation de l'oxygène présent dans le milieu.

D'ailleurs, si l'on mesure la quantité théorique d'oxygène dont les micro-organismes ont besoin pour oxyder la pollution organique, il est possible d'évaluer le taux de pollution des effluents par les matières organiques. C'est ainsi qu'est définie, pour chaque effluent, la **demande biochimique en oxygène** (ou DBO). Ce paramètre correspond à la concentration en oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder la matière organique pendant 5 jours à 20 °C (on parle alors de DBO<sub>5</sub>). Il est particulièrement important, car il révèle la quantité d'oxygène nécessaire pour assurer une bonne épuration, et plus la DBO<sub>5</sub> est élevée, plus le milieu est pollué... Or l'oxygène ainsi consommé est alors indisponible pour les autres êtres vivants présents dans le même milieu aquatique (poissons et insectes, par exemple). C'est pour cette raison qu'en cas de pollution importante ou prolongée par des matières organiques, le milieu naturel peut véritablement se retrouver asphyxié.

## L'épuration de la matière organique carbonée

La **photosynthèse**, qui désigne l'ensemble des processus utilisant l'énergie lumineuse pour transformer le dioxyde de carbone de l'air (CO<sub>2</sub>) et l'eau puisée dans le sol (H<sub>2</sub>O) en matière organique, est le propre des végétaux. Cette transformation essentielle pour la vie sur Terre met en jeu une série de réactions enzymatiques qui se déroulent dans des organites\* spécialisés : les chloroplastes\*. Certaines membranes qui les constituent contiennent des pigments permettant de capter l'énergie lumineuse, laquelle est ensuite transformée en énergie chimique nécessaire à la synthèse de la matière organique.

De façon simplifiée, la photosynthèse se déroule en **trois étapes** :

- l'énergie solaire est fixée par les feuilles des végétaux, *via* des pigments ;
- cette énergie est utilisée pour produire des molécules de transition (énergie chimique) ;
- ces molécules de transition sont utilisées pour synthétiser des molécules organiques à partir du CO<sub>2</sub> de l'air et de l'eau du sol. Cette étape repose sur un cycle appelé « cycle de Calvin », qui est une série assez complexe de réactions enzymatiques permettant la transformation de CO<sub>2</sub> (carbone minéral) en carbone organique sous forme de sucres.

Dans la matière organique, le carbone est présent sous forme organique. Or les

végétaux ne sont capables d'absorber que le carbone minéral. Les micro-organismes sont donc les seuls à pouvoir dégrader la matière organique car ils s'en nourrissent. Le substrat\* joue le rôle de support et de milieu de vie pour toute cette vie microbienne

## L'épuration de la matière organique azotée

Les végétaux ont besoin de nombreux minéraux pour se développer. Ces derniers sont généralement absorbés sous forme ionique\* directement dans le sol, *via* les poils absorbants des racines. Cependant, dans les eaux usées, l'azote peut être présent sous une multitude de formes chimiques que les végétaux ne sont pas toujours capables d'assimiler. En effet, les végétaux ne sont capables d'assimiler l'azote que sous forme de **nitrites** et de **nitrates**. Or ces deux formes sont plutôt rares dans les eaux usées (elles sont davantage présentes dans les eaux de ruissellement ou de lessivage des terres agricoles). Par ailleurs, même s'il est incontestable que les végétaux ont besoin d'azote pour se développer, les quantités qu'ils absorbent pendant leur phase végétative sont négligeables comparées aux quantités présentes dans les eaux usées ou dans les eaux de lessivage des terres agricoles. En effet, alors qu'on estime que les rejets annuels d'un habitant représentent 4 000 à 5 000 g d'azote sous diverses formes, les études scientifiques indiquent que les végétaux ne peuvent en assimiler qu'environ 250 g par mètre carré et par an<sup>11</sup>. Le rôle des végétaux sur la pollution azotée est donc à relativiser...

11 J. Vymazal, H. Brix, P.F. Cooper, M.B. Green, et R. Haberl, *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*, Backhuys Publishers, Pays-Bas, 1998.

Dans les systèmes de phytoépuration, ce sont donc les **micro-organismes** qui font le plus gros du travail en assurant les réactions suivantes : ammonification\*, nitrification\* et dénitrification\*.

### Comment mesure-t-on le taux de pollution azotée ?

L'azote présent dans l'eau peut apparaître sous **différentes formes chimiques**, qui ne présentent pas toutes la même toxicité pour les milieux aquatiques. Il est donc important de bien identifier la forme présente lorsque l'on évalue le taux de pollution d'un effluent par l'azote. C'est pour cela que plusieurs paramètres de mesure existent :

- **le paramètre NTK**, qui représente la concentration d'azote présente sous forme organique ou ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) ;
- **le paramètre NGL**, qui représente, quant à lui, la concentration totale d'azote présent sous toutes ses formes, c'est-à-dire organique, ammoniacale et oxydée (nitrites et nitrates).

Ces paramètres permettent notamment de mesurer les rendements épuratoires des dispositifs de phytoépuration.

### L'ammonification

Généralement présent dans les eaux usées sous une forme organique, l'azote est très rapidement transformé en ions ammonium – dite forme ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) – sous l'action de micro-organismes.



Cette forme peut aussi être directement présente dans certains rejets, ceux contenant des urines notamment.

### La nitrification

La forme ammoniacale de l'azote ( $\text{NH}_4^+$ ) est ensuite transformée (par oxydation\*)

## L'eutrophisation

Dans les milieux aquatiques, le développement de la végétation est directement lié à la quantité d'**azote** et de **phosphore** disponible. On dit que ce sont des facteurs limitants. L'observation de la végétation aquatique permet donc d'évaluer la quantité d'éléments nutritifs présents dans le milieu et d'en apprécier le « niveau trophique », c'est-à-dire le niveau d'alimentation.

On distingue ainsi trois types de milieux :

- **les milieux oligotrophes** (du grec *oligo*, « peu », et *trophein*, « nourrir ») : les éléments nutritifs, azote et phosphore principalement, sont présents en faible quantité. La matière organique est peu abondante. Il s'agit de milieux très bien oxygénés, car ils comportent peu d'êtres vivants (ce qui réduit la consommation d'oxygène) ;
- **les milieux mésotrophes** (du grec *meso*, « moyen », et *trophein*, « nourrir ») : les éléments minéraux sont présents en quantité raisonnable. La production de matière organique y est importante, mais il n'y a aucun risque d'asphyxie du milieu, qui reste bien oxygéné. L'important développement bactérien assure une bonne décomposition de la matière organique ;
- **les milieux eutrophes** (du grec *eu*, « bien », et *trophein*, « nourrir ») : les éléments nutritifs sont présents en abondance. La production importante de matière organique profite à une chaîne alimentaire bien développée. L'oxygène peut s'avérer un facteur limitant (c'est-à-dire qu'il risque de manquer) dans le cas d'une importante dégradation de la matière organique. Le milieu est donc vulnérable et peut rapidement basculer dans la crise de **dystrophie\*** (du grec *dus*, « mauvais », et *trophein*, « nourrir »), entraînant la mort du milieu aquatique. L'excès d'apports nutritifs conduit alors à une dégénérescence du milieu (les quantités sont trop importantes pour être dégradées et les besoins en oxygène sont très importants également, ce qui conduit à une asphyxie).  
En effet, les **activités humaines** et les **pollutions** qu'elles provoquent peuvent induire

un déséquilibre dans l'apport de nutriments et conduire à un **excès d'azote et de phosphore**. De cette manière, un milieu oligotrophe peut devenir eutrophe et un milieu eutrophe peut dégénérer en crise de dystrophie. Le lessivage des sols agricoles et le rejet d'eaux usées peuvent libérer dans le milieu aquatique des éléments nutritifs (azote et phosphore) qui sont habituellement des paramètres limitants, mais dont l'excès va provoquer un développement très important des végétaux. La production de matière organique s'accroît donc rapidement, notamment par le biais de l'apparition massive d'algues. Or sa décomposition par les micro-organismes nécessite de l'oxygène, ce qui épuise les ressources en cet élément majeur et provoque la mort des animaux par asphyxie. La quantité d'oxygène étant de plus en plus faible, la décomposition n'est plus possible. Le milieu devient **anoxique** (c'est-à-dire qu'il n'y a plus d'oxygène). De ce fait, les micro-organismes aérobies disparaissent, et laissent la place à d'autres formes de vie qui colonisent le milieu et qui assurent la dégradation de la matière organique par fermentation. Cette fermentation produit du sulfure d'hydrogène et du méthane, qui détruisent à leur tour les végétaux et les animaux qui avaient survécu jusque-là. Mais en réalité, ce scénario catastrophique conduisant à la mort du milieu aquatique se produit rarement. En effet, il s'agit là d'un **processus réversible** : à tout moment, en stoppant ou en limitant les apports en azote et en phosphore, et en réoxygénant le milieu, ce processus peut être interrompu. De plus, les écosystèmes ont une capacité de résilience, c'est-à-dire qu'ils sont capables de retrouver un équilibre normal et sain après chaque pollution. Néanmoins, la résilience d'un milieu dépend de la gravité de la pollution, de l'état de santé de l'écosystème avant la pollution et de la durée de la pollution.

en ions nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), puis en ions nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). Cette réaction est assurée par des bactéries aérobies\*. Elle nécessite donc la présence d'oxygène dans le milieu.

Les ions nitrites et les ions nitrates sont assimilables par les végétaux (dans une certaine mesure, voir plus haut), mais ils peuvent également s'avérer toxiques pour l'environnement et pour l'homme, en provoquant l'eutrophisation\* des milieux aquatiques (voir p. 32).



## La dénitrification

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), issus des réactions précédentes, sont enfin transformés en protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ), puis en diazote ( $\text{N}_2$ ), une forme gazeuse de l'azote qui se volatilise aussitôt. Ce dernier est inoffensif pour l'environnement et pour la santé humaine. Il constitue d'ailleurs près de 80 % de l'air que nous respirons.



## L'épuration de la matière organique phosphorée

La présence de phosphore dans les eaux usées et les milieux aquatiques est issue des rejets humains, agricoles et industriels, à quantités équivalentes pour ces trois sources d'émission. Avec plusieurs millions de tonnes répandues chaque année dans les champs, généralement sous sa forme dite « superphosphate » ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ), on a longtemps considéré que l'agriculture intensive apportait trois fois plus de phosphates aux cultures que leurs besoins réels. Par effet de lessivage des terres agricoles, ce surplus de phosphates se retrouve massivement dans les

cours d'eau, provoquant d'importantes pollutions comme par exemple l'eutrophisation (voir p. 32).

Le phosphore a en commun avec l'azote d'être un élément indispensable au développement végétal, mais aussi de se retrouver sous une **multitude de formes chimiques** dans les eaux usées, que les **végétaux** ne sont pas toujours capables d'assimiler (polyphosphates, orthophosphates, phosphore organique, superphosphates, etc.). Par ailleurs, même s'il est incontestable que les végétaux ont besoin de phosphore pour se développer, les quantités qu'ils absorbent sont négligeables comparées aux quantités présentes dans les eaux usées ou dans les eaux de lessivage des terres agricoles. En effet, alors qu'on estime que les rejets annuels d'un habitant représentent 800 à 900 g de phosphore (toutes formes confondues), les études scientifiques indiquent que les végétaux ne peuvent en assimiler que 25 g par mètre carré et par an environ<sup>12</sup>.

Par ailleurs, contrairement à la pollution azotée, même les **micro-organismes** ont du mal à venir à bout du phosphore présent dans les eaux usées. Leur action se résume généralement à l'**hydrolyse**, c'est-à-dire à la dégradation de molécules permise par l'eau, des différentes formes de phosphates en ortho-phosphates ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Ces derniers peuvent alors être retenus et stockés dans les dispositifs d'épuration par adsorption\* physico-chimique, c'est-à-dire par fixation sur le substrat (notamment grâce aux composés calciques\* et aux oxydes de fer). L'efficacité de la rétention dépend alors de la **composition du substrat** en oxydes de fer et en composés calciques. Ainsi, de nombreux procédés faisant appel à des **substrats spécifiques** ont été mis au point pour le traitement du phosphore dans les dispositifs d'épuration.

<sup>12</sup> J. Vymazal, H. Brix, P.F. Cooper, M.B. Green et R. Haberl, *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*, Backhuys Publishers, Pays-Bas, 1998.

# Traiter la pollution chimique

Sous le terme de « pollution chimique » se cache en réalité une **grande diversité de molécules**, toutes plus nocives les unes que les autres, telles que les hydrocarbures, les produits phytopharmaceutiques, les résidus médicamenteux, les métaux et les métaux lourds, les tensioactifs, etc. Leurs origines peuvent également être très variées : elles peuvent en effet être issues de **l'industrie**, des **transports** (résidus de pneumatiques, gaz d'échappement, etc.), de **l'agriculture** (pesticides notamment) ou de notre propre **consommation** (résidus médicamenteux, produits de bricolage, etc.). On retrouve toutes ces substances dans les **eaux usées**, qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, dans les **eaux de ruissellement et de lessivage** des routes et des terres agricoles, etc. Elles polluent durablement l'environnement et en particulier les milieux aquatiques.

## Les perturbateurs endocriniens

Un perturbateur endocrinien est, selon l'Union européenne, une substance ou un mélange de substances altérant les fonctions du système endocrinien, c'est-à-dire du système hormonal, et induisant des effets nocifs sur la santé d'un être vivant et celle de ses descendants.

Le système endocrinien joue en effet un rôle primordial dans l'organisme : il intervient par exemple dans le développement des organes lors de la croissance, et il agit sur notre capacité à nous reproduire. Les perturbateurs endocriniens peuvent donc avoir des effets catastrophiques sur les organismes : ils peuvent par exemple

Si la plupart de ces molécules chimiques sont dangereuses pour l'environnement, c'est en raison de leur toxicité directe, mais aussi de la toxicité de leurs métabolites\*, et de leur faible biodégradabilité (voir p. 37).

interférer dans la synthèse des hormones, être à l'origine d'atteintes de la fertilité ou du développement de certains cancers, etc.

De nombreux polluants que nous rejetons dans nos eaux usées, notamment ceux d'origine chimique, peuvent potentiellement se comporter comme des perturbateurs endocriniens. C'est le cas par exemple de certains antibiotiques, de certains médicaments, des hormones de synthèse, des détergents, mais aussi et surtout de la plupart des pesticides, que nos dispositifs d'assainissement ne savent toujours pas (bien) traiter actuellement... Aujourd'hui, il est prouvé scientifiquement que certains polluants rejetés dans nos eaux usées entraînent des perturbations, sexuelles notamment, sur la faune aquatique. En effet, il a été démontré que des populations de poissons pouvaient présenter une « féminisation », c'est-à-dire un développement anormal des caractères sexuels femelles chez des individus mâles, en cas d'exposition à des hormones de synthèse (semblables à celles contenues dans les pilules contraceptives féminines et rejetées *via* les urines). Néanmoins, et malgré ces premiers résultats pour le moins préoccupants, nous manquons de données scientifiques au sujet des effets des perturbateurs endocriniens sur la santé humaine. De nombreux programmes de recherche ont récemment été lancés. Affaire à suivre...

En assainissement, les dispositifs d'épuration dits « traditionnels » sont généralement peu efficaces sur ces pollutions chimiques, sauf peut-être certains équipements très modernes et plus performants... c'est-à-dire aussi plus coûteux. Le recours à ces techniques est donc rare. Et en ce qui concerne les eaux de ruissellement et de lessivage des routes et des terres agricoles, aucune mesure n'est prise pour en assurer l'épuration avant qu'elles ne rejoignent les milieux aquatiques.

## Le rôle de la phytoépuration face aux pollutions chimiques

Face à cet état de fait, les enjeux sont énormes et la question est donc légitime : la phytoépuration est-elle efficace contre la pollution chimique ?

Bien entendu, d'un point de vue nutritionnel, les végétaux n'ont pas besoin d'assimiler des molécules chimiques... c'est évident. Bien au contraire, celles-ci présentent, dans la plupart des cas, une nocivité certaine pour les organismes vivants, y compris les végétaux.

Cela dit, de nombreuses études ont permis de mettre en évidence la faculté de certaines espèces végétales à capter, assimiler, stocker et parfois même dégrader des polluants chimiques aux effets habituellement toxiques pour l'environnement. Bien que peu exploitée en phytoépuration, notamment dans les dispositifs de traitement des eaux usées domestiques, cette capacité est étudiée de près par les chercheurs, qui expérimentent d'ores et déjà des applications concrètes. Ainsi, des essais sont aujourd'hui en cours sur différents types d'effluents industriels et sur des sols contaminés. Des applications concrètes ont même été brevetées.

Les modes d'action des végétaux face aux polluants chimiques sont de trois ordres : ils peuvent **dégrader** ou **accumuler** certains polluants, mais aussi permettre leur **volatilisation**, en général sous une forme moins toxique.

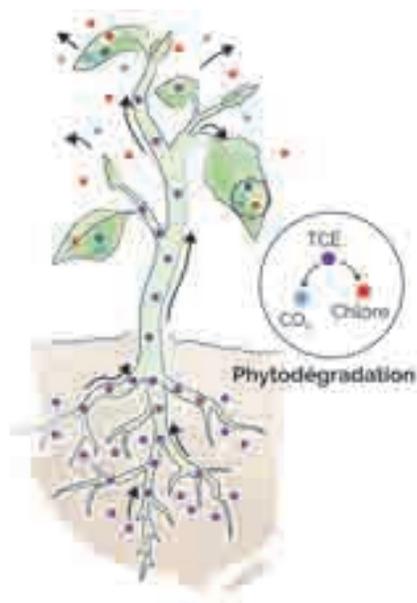
### La phytodégradation

Il s'agit d'un processus relevant d'un métabolisme particulier de certaines plantes, qui leur permet de **détruire les polluants en éléments non phytotoxiques\***, et parfois même de les assimiler.

La phytodégradation\* est efficace contre les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène), certains pesticides, les HPT (hydrocarbures pétroliers totaux),

#### Phytodégradation du trichloréthylène (TCE) en chlore et en CO<sub>2</sub>

*Le TCE est un solvant qui a été utilisé pour éliminer les taches dans l'industrie du lavage à sec, pour dégraisser les turbines, comme composant de peintures et de cosmétiques... Il peut être absorbé par les plantes et décomposé en CO<sub>2</sub> et en chlore, qui sont ensuite libérés dans l'atmosphère.*



et repose sur l'activité de végétaux comme le saule noir (*Salix nigra*) ou les peupliers (*Populus spp.*).

Bien que cette faculté des plantes ne soit pas exploitée en phytoépuration, elle ouvre de larges perspectives dans le domaine de la décontamination des sols. Par ailleurs, elle peut être mise en application *via* la création de zones tampons pour limiter les transferts de pollution (voir p. 108).

## La phytoaccumulation et la rhizofiltration

Le principe de la phytoaccumulation\*, aussi appelée phytoextraction\*, est relativement simple : *via* ses racines, la plante absorbe divers éléments présents dans le sol pour se nourrir, auxquels sont mêlés certains polluants chimiques, qu'elle est parfois capable de stocker dans ses parties aériennes.

On emploie le terme de « plante hyper accumulatrice » lorsque celle-ci est capable d'absorber de grandes quantités

*La menthe aquatique est capable d'absorber de grandes quantités de nickel.*



de polluants dans son environnement. La menthe aquatique, par exemple, est une plante hyper accumulatrice de nickel.

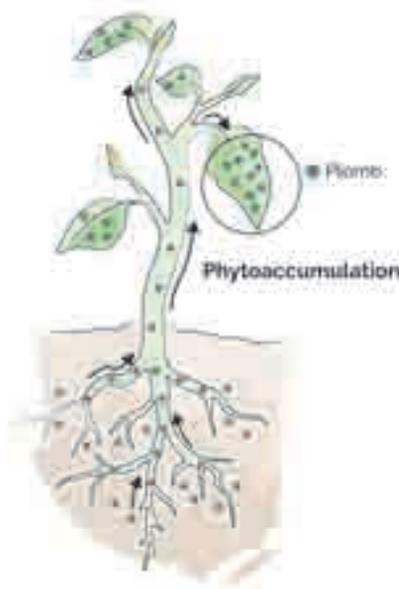
Cette double faculté de phytoextraction et d'hyper accumulation est principalement efficace sur les métaux lourds, comme le plomb (voir dessin). Ces deux facultés semblent être le fruit d'une adaptation particulière de certains végétaux soumis à des polluants. En effet, il semblerait que cette stratégie d'extraction, puis de séquestration du polluant dans les parties aériennes, vise à réduire la nocivité de leur environnement immédiat pour les plantes qui la développent.

### Attention !

Le principe de phytoaccumulation n'est pas un procédé de dépollution à proprement parler. Il s'agit d'un phénomène de stockage, mais pas de dégradation des polluants.

### La phytoaccumulation du plomb

Certaines plantes, comme l'iris des marais et le roseau commun, sont capables d'accumuler dans leurs racines et/ou leurs parties aériennes le plomb présent dans leur environnement.



## La bioaccumulation

Certains polluants présentent la particularité d'être « lipophiles » (du grec *lipo*, « graisse », et *philein*, « aimer » : qui aime les graisses). Cette propriété peut avoir un effet très pervers... c'est la bioaccumulation.

Les molécules lipophiles polluantes (et donc liposolubles) transitent dans le milieu naturel, puis s'accumulent dans les graisses animales. Une fois qu'elles ont été intégrées dans la chaîne alimentaire, on remarque que les animaux de chaque échelon accumulent les molécules des échelons inférieurs qu'ils consomment. Les quantités concentrées par chaque individu augmentent donc au fur et à mesure de ses consommations et croissent en remontant la chaîne alimentaire. Chez les prédateurs carnassiers, les substances accumulées sont telles qu'elles intoxiquent les organismes à petit feu...

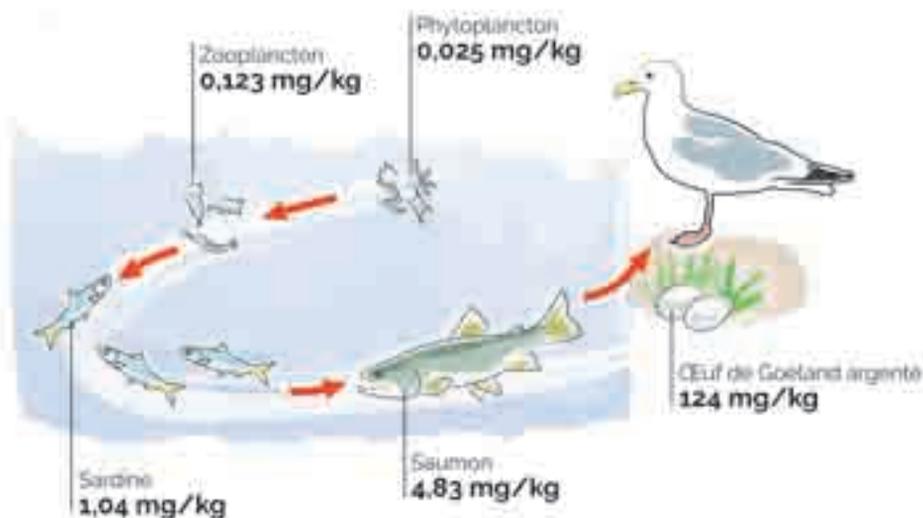
La bioaccumulation est donc l'accumulation progressive de substances nocives

dans les organismes en montant dans la chaîne alimentaire. Dans le milieu aquatique, ce sont les carnivores (saumons, truites, etc.) qui, étant au sommet de la chaîne, concentrent le plus ces substances. De cette manière, les quantités d'herbicides présents dans l'organisme des poissons prédateurs peuvent être jusqu'à 75 000 fois plus élevées que dans l'eau.

Lorsque le polluant est fixé et stocké uniquement dans les racines, on parle de **rhizofiltration\***. Cette immobilisation permet de rallonger significativement le temps de séjour des polluants dans le milieu et d'améliorer ainsi les possibilités de leur dégradation par les micro-organismes.

Néanmoins, une fois captées et stockées dans la plante, de nombreuses molécules ne peuvent pas être détruites. Pour elles, la phytoaccumulation et la rhizofiltration permettent simplement d'éviter leur migration vers des milieux dans lesquels leur présence et leur concentration auraient

### La bioaccumulation du chlordécone (insecticide) dans le milieu aquatique



des effets encore plus néfastes, en particulier sur la biodiversité et sur la santé humaine : on parle alors de **phytostabilisation\***.

Les différentes parties des plantes (les racines dans le cas de la rhizofiltration ou les parties aériennes dans le cas de la phytoaccumulation), une fois très concentrées en polluants, sont ensuite récoltées, puis **détruites** : elles sont incinérées, et leurs cendres (qui contiennent les molécules extraites par les plantes) sont mêlées à des bétons utilisés dans le bâtiment. Par ailleurs, de plus en plus de recherches sont menées pour tenter d'extraire les métaux de ces cendres et ainsi de les valoriser. Mais attention toutefois ! Les plantes contaminées de cette façon peuvent aussi être consommées par des animaux herbivores, entraînant alors la contamination de l'ensemble des maillons de la chaîne alimentaire (niveaux trophiques).

## La phytovolatilisation

La phytovolatilisation\* consiste à utiliser des plantes pour **mettre en phase gazeuse** (volatiliser) certains **polluants** présents dans l'eau, les sols, les boues ou les sédiments contaminés. Les peupliers (*Populus spp.*) constituent le genre le plus efficace en terme de dépollution des eaux par volatilisation, en raison de leur grande capacité à évapotranspirer.

Bien sûr, pour que la phytovolatilisation soit intéressante, il faut que la molécule gazeuse rejetée soit moins toxique que le polluant initial. Cela sous-entend donc une métabolisation intermédiaire par la plante, c'est-à-dire une transformation du polluant en une autre substance. Mais pour cela, il faut que la phytovolatilisation soit associée à une phytodégradation du polluant.

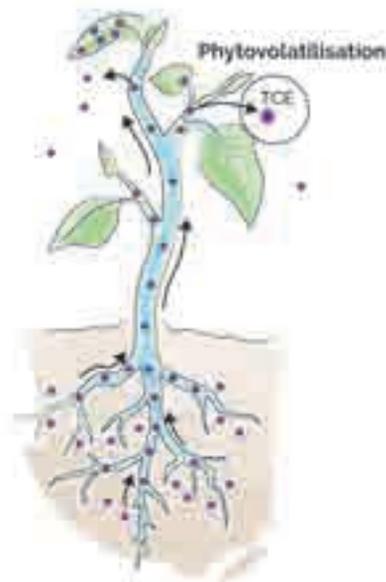
Les végétaux ont donc de réelles facultés à capter, stocker, assimiler et même dégrader certains polluants chimiques. D'ailleurs, aujourd'hui, ces mécanismes sont de plus en plus utilisés pour dépolluer

les sols des anciens sites industriels.

En revanche, en ce qui concerne la pollution chimique des eaux usées, force est de reconnaître que les dispositifs d'assainissement actuels (tant les systèmes traditionnels que la phytoépuration) sont encore peu efficaces... Plusieurs explications peuvent être avancées :

- les teneurs en polluants chimiques des eaux usées « classiques » sont trop faibles pour être traitées par les systèmes d'épuration existants ;
- les eaux usées domestiques contiennent une trop grande diversité de molécules (toutes en très faible quantité) pour adapter le traitement (la dépollution des sites industriels cible généralement une à trois molécules).

## La phytovolatilisation du trichloréthylène





*Le peuplier noir est très utilisé dans la dépollution des sols pour sa grande capacité à évapotranspirer.*

# Traiter la pollution microbiologique

Les eaux usées domestiques sont principalement composées de nos excréments et de nos urines. De ce fait, elles sont très riches en micro-organismes en tout genre : **virus, bactéries, parasites, protozoaires...** Ceux-ci sont potentiellement pathogènes et, une fois rejetés dans l'environnement, risquent de contaminer les êtres vivants, y compris les populations humaines.

Sans traitement de la pollution microbiologique, l'eau du robinet peut être contaminée par le virus de l'hépatite, les eaux de baignade par des salmonelles ou des *Escherichia coli* (bactéries issues des matières fécales et responsables – entre autres – des gastro-entérites)... Certes, dans nos pays dits « développés » les risques sont limités, et n'ont rien de comparable à ceux auxquels sont exposées les populations des régions tropicales. Mais ils sont bien réels !

L'un des enjeux de l'assainissement des eaux usées est donc la **destruction de ces germes pathogènes**. Pour les combattre, les dispositifs d'épuration doivent leur fournir des conditions défavorables en modifiant les conditions de température, de pH, de quantité d'oxygène disponible... ou encore grâce à la concurrence avec d'autres micro-organismes non pathogènes. Les dispositifs dits « traditionnels » sont très performants dans ce domaine. Qu'en est-il de la phytoépuration ?

## Les plantes : un support pour les micro-organismes épurateurs

Bien que des études semblent suggérer que certaines plantes (*Phragmites communis*, notamment) soient capables de produire des molécules bactéricides détruisant certains germes<sup>13</sup>, on considère de manière générale que les végétaux ne détruisent pas directement les micro-organismes pathogènes : ils y participent. En effet, en créant des conditions de vie (et de travail !) plus favorables à d'autres micro-organismes, non pathogènes ceux-là, ils participent à la concurrence entre micro-organismes, ce qui favorise la destruction de tous ces mauvais germes. Tout comme le substrat minéral, les plantes, *via* leurs racines, accroissent les surfaces de fixation des micro-organismes

<sup>13</sup> G. Vincent, S. Dallaire, D. Lauzer, *Antimicrobial properties of roots exudate of three macrophytes: Mentha aquatic L., Phragmites australis (Cav.) Trin. and Scirpus lacustris L.*, Proceedings of the 4th International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control, Guangzhou, China, 1994.

épurateurs. En effet, il a été démontré que la densité de ces micro-organismes est plus importante dans la zone de développement des racines, appelée rhizosphère, que dans un simple substrat minéral. Ce phénomène s'expliquerait par plusieurs mécanismes : la production d'exsudats, l'oxygénation et l'ombrage.

Pourtant très étudiée dans le domaine de la pédologie\*, où son importance est reconnue, la production d'exsudats racinaires par les plantes a fait l'objet de peu de recherches en phytoépuration, et c'est bien dommage. Mais on peut espérer que les choses vont évoluer rapidement tant les enjeux sont importants. Affaire à suivre...

## La production d'exsudats

Bien que les données scientifiques manquent cruellement à ce sujet, il semblerait que les végétaux excrètent des molécules (glucides, enzymes, sels minéraux, etc.) qui stimuleraient l'activité de certains micro-organismes épurateurs et prédateurs de germes pathogènes.

### La rhizostimulation

*Les plantes, via leurs racines, accroissent les surfaces de fixation des micro-organismes.*



## Les relations symbiotiques entre les végétaux et les micro-organismes

Lorsque deux êtres vivants entretiennent une relation à bénéfice réciproque et qui leur est vitale, on dit qu'ils sont en symbiose.

L'une des symbioses les plus connues en agronomie est l'association des **Fabacées** (ou légumineuses) avec des **bactéries fixatrices d'azote**. Le principe est le suivant : pour les végétaux, la principale source d'approvisionnement en azote est l'atmosphère, où cet élément est présent sous forme de diazote ( $N_2$ ). Or les végétaux peuvent l'assimiler uniquement sous forme de nitrates ( $NO_3^-$ ) ou sous forme de nitrites ( $NO_2^-$ ). Heureusement, certaines bactéries présentes en surface du sol possèdent des enzymes qui leur permettent d'assimiler l'azote sous sa forme atmosphérique... Les Fabacées (et quelques autres familles de plantes) ont mis au point une stratégie qui leur permet de s'associer à ces bactéries : ces dernières convertissent le diazote atmosphérique en azote assimilable par les plantes, et les végétaux apportent de l'oxygène et des composés organiques aux bactéries. Ces composés organiques, synthétisés par la plante, sont appelés des **exsudats**. Ils sont libérés *via* les racines et peuvent bénéficier aux micro-organismes.

Cependant, les associations symbiotiques entre des plantes et des bactéries fixatrices d'azote sont relativement rares (elles ne concernent que quelques familles de végétaux).

En revanche, près de 90 % des plantes (à l'exception des mousses, des hépatiques\* et des algues) développent une relation symbiotique avec des **champignons mycorhiziens**. Ces derniers fonctionnent alors comme des extensions du système racinaire de la plante. Les associations mycorhiziennes permettent aux végétaux de s'alimenter en divers nutriments tels que le phosphore, le fer, le cuivre, etc. De leur côté, les champignons bénéficient quant à

eux des composés organiques synthétisés par la plante.

Les végétaux développent donc de nombreuses associations avec des micro-organismes *via* leurs racines. De ce fait, la zone de développement racinaire – appelée rhizosphère – est très riche en micro-organismes, qui attirent à leur tour des êtres vivants de taille plus importante, tels que des insectes ou des lombrics. Ainsi, c'est un véritable écosystème à l'échelle microscopique qui se développe au sein de la rhizosphère.

## L'oxygénation

La plupart des plantes aquatiques ou de berge (notamment le roseau commun, *Phragmites communis*) possèdent un tissu particulier appelé « **aérenchyme\*** ». Bien qu'il existe chez de très nombreux végétaux, y compris chez les plantes terrestres, ce tissu est particulièrement développé chez les plantes aquatiques. Or l'aérenchyme est un réseau de tissus aérifères\* qui joue plusieurs rôles majeurs : réserves gazeuses, squelette hydrodynamique et structure de flottaison. Il constitue de véritables « vaisseaux » qui permettent de canaliser les gaz des feuilles jusqu'aux racines – souvent immergées chez les plantes aquatiques. Il permet également de « porter » la plante et de la maintenir « dressée » verticalement dans l'eau, où la pesanteur est partiellement compensée par la poussée d'Archimède. Grâce à lui, les végétaux assurent une oxygénation du massif filtrant, favorisant ainsi l'activité des micro-organismes aérobies qui assurent la minéralisation de la pollution organique, c'est-à-dire la transformation de molécules organiques en molécules minérales. Néanmoins, la quantité d'oxygène apportée par cette voie est considérée comme négligeable par de nombreux chercheurs qui estiment que les apports par diffusion et par convection, c'est-à-dire la libre circulation de l'oxygène

atmosphérique dans le massif filtrant depuis sa surface, sont bien plus importants.

Par ailleurs, le rôle d'oxygénation, ou plus précisément de maintien de conditions aérobies, que jouent les végétaux est amplifié par leur faculté à favoriser l'infiltration (voir p. 45). En effet, en créant des « trous » dans la croûte de surface *via* leurs tiges, et en se développant horizontalement dans le substrat *via* leurs rhizomes traçants, les plantes favorisent l'infiltration des effluents, mais aussi la circulation de l'oxygène dans l'ensemble du substrat.

## L'ombrage

Enfin, les végétaux apportent une ombre précieuse aux dispositifs d'épuration. En effet, lorsqu'ils sont bien développés, leur feuillage joue un rôle d'écran qui protège les micro-organismes présents à la surface du substrat des rayonnements solaires, et en particulier de leurs ultraviolets destructeurs. Par ailleurs, cette couverture végétale permet de réduire les amplitudes de température et d'hygrométrie liées à la météo et de maintenir ainsi des conditions idéales pour l'activité biologique.

*Les végétaux protègent les micro-organismes des rayonnements solaires.*



# Les autres rôles des végétaux

## L'action sur les matières en suspension

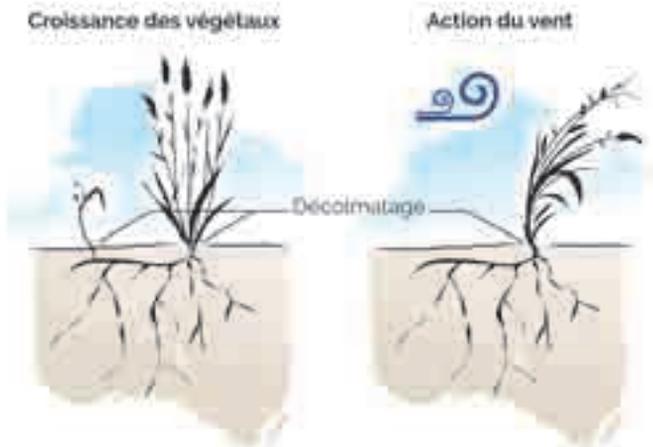
La notion de matières en suspension (MES) désigne l'ensemble des particules organiques et minérales présentes dans l'eau qui, du fait de leur insolubilité, sont incapables de se dissoudre. En raison de cette propriété, les MES se retrouvent en suspension dans l'eau et elles en accentuent la turbidité (caractère trouble). Ces matières en suspension présentent un risque majeur pour les écosystèmes aquatiques et pour les dispositifs d'épuration, car elles sont très **colmatantes** dès qu'elles décantent et qu'elles se déposent

sur un substrat. Dans les cours d'eau, elles peuvent par exemple colmater les frayères à truites. Dans les dispositifs d'assainissement, elles sont souvent à l'origine d'un colmatage des supports de filtration, provoquant ainsi des dysfonctionnements, et des besoins coûteux en entretien.

Pour éviter d'en arriver là, les matières en suspension sont généralement séparées de l'effluent en amont de l'épuration proprement dite, soit par décantation\* (dessableur, fosse toutes eaux, décanteur\*, etc.), soit retenues par filtration physique en surface d'un massif filtrant.

En phytoépuration, l'un des principaux rôles des végétaux est précisément de lutter contre le colmatage, notamment dans les filtres plantés de macrophytes\* à écoulement vertical (voir p. 56). Deux mécanismes différents entrent en jeu :

### Le décolmatage des matières en suspension



- la **croissance naturelle des végétaux**, et notamment celle du roseau commun (*Phragmites communis*), l'espèce la plus fréquemment utilisée en phytoépuration, permet de fragmenter le substrat en créant des galeries. Grâce à ses rhizomes, le roseau est capable de développer un système racinaire très important et de générer de nombreuses nouvelles pousses. Celles-ci, en grandissant, percent la croûte formée en surface du filtre par le dépôt des matières en suspension, et permet ainsi le décolmatage du filtre ;

- sous l'**action du vent**, les tiges des roseaux oscillent, créant à leur base (c'est-à-dire en surface du filtre) un anneau de décolmatage.

Ce rôle de favorisation de l'infiltration et de maintien de la perméabilité de la couche de dépôt des végétaux concerne principalement les filtres plantés de macrophytes à écoulement vertical (voir p. 56). En effet, dans le cas des filtres plantés de macrophytes à écoulement horizontal (voir p. 65), un traitement primaire retenant les matières en suspension est généralement installé en amont : ils ne sont donc pas sujets au colmatage.

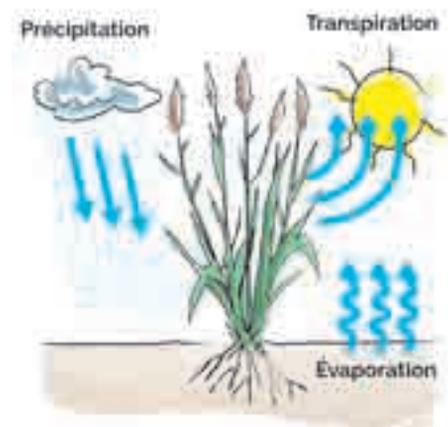
## L'évapotranspiration

De manière simplifiée, l'évapotranspiration est un **transfert d'eau depuis le sol vers l'atmosphère**. Ce phénomène est le fruit de deux mécanismes distincts : l'évaporation directe de l'humidité du sol sous l'effet de la chaleur (c'est donc un processus physique), et la transpiration des végétaux (processus biologique). L'évapotranspiration peut varier en fonction du choix des espèces végétales mises en œuvre, des conditions météorologiques, mais aussi de la saison. Bien qu'elle puisse paraître anecdotique, l'évapotranspiration peut jouer un rôle essentiel en phytoépuration, et ce, aussi bien en assainissement des eaux usées, dans des zones tampons (voir p. 108) que

dans la gestion des eaux pluviales (voir p. 112). Elle peut permettre d'une part de **réduire les quantités d'effluents à rejeter dans le milieu** (lorsqu'il s'agit d'assainissement des eaux usées), et d'autre part de **réduire les quantités d'eaux pluviales à stocker** (lorsqu'il s'agit de gestion des eaux pluviales).

Bien qu'elle soit un argument supplémentaire en faveur de la phytoépuration, l'évapotranspiration est extrêmement difficile à appréhender dans les études comparatives ou dans les études de dimensionnement en raison de son caractère irrégulier et non permanent. La prudence est donc de rigueur lorsqu'elle est envisagée comme technique d'évacuation. Par exemple, un peuplier peut tantôt évapotranspirer plusieurs centaines de litres d'eau par jour<sup>14</sup> en période estivale (forte chaleur + période de développement végétatif), tantôt ne pas évapotranspirer du tout (période hivernale avec de fortes précipitations + repos végétatif).

### L'évapotranspiration



<sup>14</sup> Selon une étude réalisée par Étienne Muller et Luc Lambs (CNRS), parue dans la revue technique *Forêt-Entreprise* en décembre 2004, le peuplier consommerait en moyenne 3 litres d'eau par jour et par centimètre de diamètre du tronc à hauteur d'homme.

## Le bambou en phytoépuration

Certaines espèces de bambou adaptées au climat de nos régions peuvent être utilisées en phytoépuration. Leur forte capacité à évapotranspirer permet de réduire les volumes des effluents traités rejetés. En effet, bien que ces derniers soient traités, leur rejet peut poser problème : absence de point de rejet dans le milieu naturel (ou exutoire) adapté, sensibilité de l'exutoire (cours d'eau sensible à l'eutrophisation par exemple), etc. Il est donc parfois intéressant d'évacuer les effluents par un autre moyen, et notamment *via* l'évapotranspiration.

On effectue alors des plantations denses de bambous, au sein desquelles sont intégrées des dispositifs d'irrigation alimentés par les stations d'épuration<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Voir *Fosse septique, roseaux, bambous ? Traiter écologiquement ses eaux usées*, Sandrine Cabrit-Leclerc, Terre vivante, 2008.

D'autres espèces peuvent également être utilisées aux mêmes fins, comme les peupliers et les saules.

En plus de « pomper » les eaux, ces végétaux assurent un traitement tertiaire, c'est-à-dire qu'ils participent à affiner l'épuration, à l'image de ce qui est pratiqué dans les zones de rejet intermédiaire (voir p. 119). Attention toutefois, l'évacuation des effluents traités par évapotranspiration n'est pas une technique très répandue en raison de l'importante emprise foncière qu'elle nécessite et des difficultés de conception (impact du climat local, prise en compte de la pluviométrie, repos végétatif hivernal, etc.). Toutefois, on notera que de nombreux systèmes brevetés faisant intervenir des bambous en épuration existent ou sont en cours d'essais.

*L'implantation de bambous en sortie de dispositifs de phytoépuration permet de réduire les volumes d'eau rejetés.*



## L'intégration paysagère

La présence de végétaux sur les dispositifs de phytoépuration participe à leur intégration paysagère et peut même parfois leur

conférer un intérêt esthétique. En effet, certaines plantes efficaces en assainissement possèdent des qualités ornementales incontestables. C'est le cas par exemple de l'iris des marais (*Iris pseudacorus*) et sa floraison dorée très lumineuse, du butome en ombelle (*Butomus umbellatus*) facilement reconnaissable à son ombelle rose et

*Certaines plantes, comme la salicaire, apportent une touche esthétique aux dispositifs de phytoépuration.*



pleine de légèreté, ou encore de la salicaria commune (*Lythrum salicaria*), des nymphéas (*Nymphaea spp.*), et bien d'autres. Bien que cela puisse paraître anecdotique, l'intégration paysagère est généralement un critère de poids dans le choix d'un dispositif de phytoépuration, en particulier dans le domaine de l'assainissement des eaux usées.

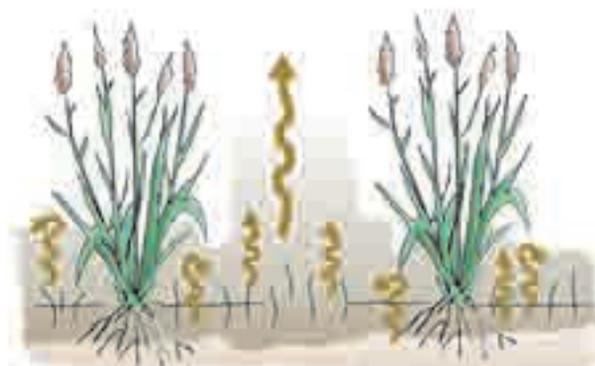
## Le confinement des odeurs

Avant tout, il est important de préciser qu'un filtre planté de roseau bien conçu et bien réalisé ne produit pas de gaz de fermentation (sulfure d'hydrogène, méthane, par exemple), responsables des mauvaises

odeurs. Cependant, grâce à l'écran qu'ils forment avec leur feuillage, les végétaux utilisés en phytoépuration permettent de retenir et de confiner les éventuelles mauvaises odeurs au sol, en surface du dispositif d'épuration.

Comme nous venons de le voir, les dispositifs de phytoépuration sont tout aussi – voire plus – performants que les dispositifs traditionnels. Bien que leur rôle soit bien souvent indirect, les végétaux sont essentiels. Ainsi, la phytoépuration est efficace sur tous les types de pollutions, qu'elles soient d'origine organique, micro-biologique ou chimique. Les applications mettant en œuvre ces processus sont donc multiples, à commencer par l'épuration des eaux usées domestiques, domaine dans lequel la phytoépuration ne cesse de gagner du terrain...

### Le confinement des odeurs par les macrophytes



#### Mauvaises odeurs

Les filtres plantés bien conçus et bien réalisés ne produisent pas de mauvaises odeurs.

# **L'épuration des eaux usées domestiques**



# Règles d'entretien

Qu'ils soient collectifs ou individuels, il est important de garder à l'esprit que les dispositifs présentés dans ce livre sont des procédés vivants, faisant intervenir des micro-organismes\* épurateurs. De ce fait, il est interdit d'y déverser toute **substance pouvant polluer le milieu naturel** ou nuire à l'état ou au bon fonctionnement de l'installation, comme des huiles usagées, des hydrocarbures, des liquides corrosifs, des acides, des médicaments, des peintures, des matières inflammables, etc.

Par ailleurs, comme il s'agit de dispositifs de phytoépuration – c'est-à-dire qui font intervenir des végétaux vivants – leur entretien consiste, pour une partie, à des **interventions de jardinage**. Il convient

en effet de **désherber** manuellement les filtres afin de favoriser leur colonisation par les macrophytes (surtout au moment de leur démarrage). Le désherbage manuel n'est généralement nécessaire que les deux premières années après la mise en service de l'installation. Une fois qu'ils sont bien installés, cette intervention n'est en principe plus nécessaire. En revanche, lorsque les macrophytes atteignent leur taille adulte, il convient également de les **faucarder** avant l'hiver, c'est-à-dire de tailler leurs parties aériennes afin de favoriser la repousse du printemps.

Ces modalités d'entretien ne doivent pas être négligées. En effet, appliquées ponctuellement et dans de bonnes conditions,

*Après la mise en service de l'installation, un désherbage manuel sera nécessaire pendant 2 ans.*





*Une fois les macrophytes arrivés à taille adulte, fauquez-les en début d'hiver.*

elles relèvent du jardinage, avec les plaisirs et les vertus qui lui sont associés. Mais ces gestes peuvent parfois devenir contraignants et pénibles lorsqu'ils doivent être renouvelés régulièrement, ou par exemple en cas d'invasion du filtre par des adventices\*.

## **Les plantes indésirables : attention à la tomate !**

Lors des premières années de fonctionnement d'un dispositif de phytoépuration, et lorsque les roseaux (ou autres) sont encore peu développés, vous risquez d'être confronté à la prolifération de végétaux indésirables qui entrent directement en concurrence avec les macrophytes épurateurs. Parmi ces adventices, la tomate est sans doute l'une des plus redoutables. Véritable bête noire pour les exploitants de stations d'épuration, la tomate, ou plutôt ses graines, pose un réel problème. Issues

de notre consommation, celles-ci ne sont ni assimilées ni dégradées lors de la digestion, et se retrouvent dans nos déjections puis dans les eaux usées. Une fois déposées à la surface des filtres à macrophytes, elles trouvent un terrain riche et favorable à la germination sur lequel elles vont prospérer. Le rôle de l'exploitant de station d'épuration – ou du propriétaire s'il s'agit d'un système individuel – est alors crucial. En effet, celui-ci doit impérativement veiller durant les premières années au bon fonctionnement du dispositif, notamment *via* un bon désherbage manuel de ces végétaux indésirables. Sans cela, il arrive que le développement des roseaux (ou des autres macrophytes) soit compromis et que le dispositif n'atteigne pas les objectifs d'épuration.

En principe, au-delà de la seconde année de fonctionnement de l'installation, les macrophytes sont suffisamment développés pour ne plus craindre l'apparition d'éventuelles adventices.

# Quelques gestes de prévention

Si les systèmes de phytoépuration permettent d'épurer efficacement les eaux usées domestiques, il ne s'agit pas là d'une excuse pour continuer à polluer l'eau et pour utiliser cette dernière de manière déraisonnée. En effet, l'eau est une ressource précieuse, et moins de polluants elle contiendra, mieux votre dispositif de phytoépuration et la planète se porteront ! D'autant plus que de nombreuses alternatives à nos pratiques conventionnelles et polluantes existent. L'objectif est double : réduire les quantités d'eau à traiter, mais aussi et surtout limiter au maximum (en diversité et en concentration) la présence de polluants dans l'eau. Pour ce faire, voici trois propositions.

## Ne jetez pas tout dans l'évier !

Avant tout, il nous semble important de rappeler que l'évier ne doit pas être l'exutoire\* « facile » pour les produits dont vous souhaitez vous débarrasser. Cette consigne concerne notamment les **huiles usagées**, les **hydrocarbures**, les **liquides corrosifs**, les **acides**, les **médicaments**, les **peintures**, les **matières inflammables**, etc. Ces produits présentent potentiellement des risques pour l'environnement et pour votre dispositif d'assainissement. Ils doivent donc être pris en charge spécifiquement. Il convient donc de les apporter dans votre déchetterie habituelle.

## Choisissez des produits écologiques

Il existe aujourd'hui toute une gamme de produits d'entretien écologiques qui rendent les tâches ménagères plus respectueuses de l'environnement. Ainsi, certains produits vaisselle sont aujourd'hui moins riches en molécules de synthèse, remplacées par des extraits végétaux, les lessives sont désormais dépourvues de phosphates (interdits depuis 2007), etc.

Mais on peut aller plus loin ! Les lessives, encore riches en composés chimiques, peuvent parfaitement être remplacées par des **produits faits « maison »**, éventuellement parfumés avec des huiles essentielles, ou par l'utilisation de **noix de lavage**, dont le résultat est tout aussi satisfaisant. Originaires d'Inde et du Népal, elles sont les fruits d'un arbre local, le *Sapindus mukorossi*, dont la particularité est leur teneur importante en saponine, une molécule présente dans les savons, qui est soluble dans l'eau chaude. Dans la machine à laver, elles se dissolvent et agissent comme un détergent, qui dégraisse, nettoie et assainit le linge. Durant le cycle de rinçage à l'eau froide, les agents actifs ne se dissolvent plus. À la sortie de la machine, le linge dégage un parfum de fraîcheur séduisant (qui n'est cependant pas aussi puissant que celui des lessives classiques). Autre avantage : le

nombre d'utilisations des noix de lavage est multiple. Elles doivent être changées lorsqu'elles ne contiennent plus de saponine (quand elles sont décolorées et ne moussent plus). Les noix de lavage sont aujourd'hui disponibles dans la plupart des magasins bio, mais aussi parfois dans les grandes surfaces.

## Pourquoi pas des toilettes sèches ?

Comme nous l'avons vu, se tourner vers la phytoépuration en assainissement, c'est faire le choix d'un dispositif alternatif, rustique et tout aussi efficace qu'une fosse traditionnelle. Mais on le constate aussi souvent auprès des propriétaires, c'est aussi un acte militant, par lequel ils démontrent et concrétisent leur engagement écologique. Il est également possible d'aller plus loin, en utilisant par exemple des toilettes dites « sèches ».

Ces toilettes ne nécessitent pas d'apport d'eau de dilution ou de transport. Il en existe différents systèmes : séparation des urines et des fèces, puis séchage des matières fécales ; traitement en commun des urines et des fèces par compostage grâce à l'ajout d'un matériau organique (sciure, cendre ou, mieux, herbe coupée) ; lombricompostage, etc. Les toilettes sèches sont clairement autorisées pour les sites non raccordés au tout-à-l'égout\*, depuis un arrêté interministériel de septembre 2009. Les déchets sont récupérés *via* un collecteur, puis dégradés pour faire du compost, grâce, encore une fois, à la biodiversité et aux êtres vivants du sol. Pour les propriétaires qui se tournent vers les toilettes sèches, la phytoépuration vient souvent en complément, pour épurer les eaux usées dites « ménagères », c'est-à-dire issues des activités liées à la cuisine et à la salle d'eau (douche, etc.), qui, elles, ne peuvent pas être supprimées...



# Les solutions d'assainissement collectif

L'assainissement collectif désigne les dispositifs de collecte et d'épuration mis en œuvre par les **collectivités locales** pour le traitement des **eaux usées domestiques** sur leur territoire. Bien entendu, dans ce domaine, le choix du procédé d'épuration revient aux décideurs publics locaux : les élus.

Cela dit, nous présentons en détail les dispositifs de phytoépuration mis en œuvre en assainissement collectif pour deux raisons :

- si vous êtes raccordé au tout-à-l'égout (c'est-à-dire concerné par l'assainissement

collectif), rien ne vous empêche de vous renseigner auprès de votre collectivité, voire même de vous investir et de prendre part aux débats et discussions autour de la gestion et des projets d'assainissement de votre collectivité ;

- si vous n'êtes pas raccordé au tout-à-l'égout et intéressé par l'assainissement autonome, il est important de bien comprendre le fonctionnement des dispositifs de phytoépuration utilisés en assainissement collectif, car ils ont très largement inspiré les dispositifs mis en œuvre en assainissement individuel.

## Performances minimales de traitement attendues en assainissement collectif

Paramètres	Charge brute de pollution organique reçue (en kg/j de DBO <sub>5</sub> )	Concentration maximale*	Rendement minimum*	Concentration rédbitoire*
Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	< 120	35 mg (O <sub>2</sub> )/l	60 %	70 mg (O <sub>2</sub> )/l
	≥ 120	25 mg (O <sub>2</sub> )/l	80 %	50 mg (O <sub>2</sub> )/l
Demande chimique en oxygène (DCO)	< 120	200 mg (O <sub>2</sub> )/l	60 %	400 mg (O <sub>2</sub> )/l
	≥ 120	125 mg (O <sub>2</sub> )/l	75 %	250 mg (O <sub>2</sub> )/l
Matières en suspension (MES)	< 120	/	50 %	85 mg/l
	≥ 120	35 mg/l	90 %	85 mg/l

\* Moyenne journalière.

Pour juger de la conformité du rejet d'une station, le respect des objectifs concernant les matières en suspension (MES) est facultatif.

Les valeurs se réfèrent aux méthodes normalisées, sur échantillon homogénéisé, non filtré, ni décanté. Toutefois, les analyses effectuées en sortie des installations de lagunage sont effectuées sur des échantillons filtrés, sauf pour l'analyse des MES. La concentration rédbitoire des MES dans les échantillons d'eau non filtrée est alors de 150 mg/l en moyenne journalière, quelle que soit la charge de pollution brute organique (CPBO) traitée.

Source : Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/jour de DBO<sub>5</sub>.

# La réglementation

L'assainissement collectif est régi par l'**arrêté interministériel du 21 juillet 2015** relatif aux systèmes d'assainissement collectif, fixant notamment les prescriptions techniques applicables. Cet arrêté fait l'objet d'une révision qui devrait paraître au *JO* en 2017. Cette révision ne devrait cependant pas apporter de modifications concernant la phytoépuration. Contrairement à la réglementation applicable à l'assainissement individuel (voir p. 76), cet arrêté ne fixe pas d'obligation de moyens mais des **obligations de rendements épuratoires** : on parle d'une obligation de résultats. Cela signifie que la réglementation applicable en assainissement collectif **autorise la mise en œuvre de toutes les techniques**, y compris les procédés de phytoépuration, à condition qu'elles permettent d'atteindre des rendements épuratoires minimum. Ces rendements épuratoires sont présentés dans le tableau page précédente.

Compte tenu de cette réglementation, tout type de filière d'épuration est autorisé, avec comme seule exigence le respect des rendements. La phytoépuration ne fait pas exception à cette règle et s'est massivement développée, notamment grâce aux travaux du Cemagref, à partir des années 1970-1980.

C'est d'ailleurs à cette période que les premières stations d'épuration mettant en œuvre des procédés de phytoépuration ont été installées en France. Mais à cette époque, la phytoépuration en était à ses balbutiements, et elle se résumait à deux dispositifs :

- le filtre planté de macrophytes à écoulement vertical (voir ci-contre) ;
- le filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal (voir p. 65).

# Le filtre planté de macrophytes à écoulement vertical

## Principe de fonctionnement

Cette technique d'épuration repose sur la combinaison de deux mécanismes :

- la **filtration** : les matières en suspension (MES) sont retenues en surface du massif filtrant ;
- l'**oxydation\*** : le substrat\* du massif filtrant sert de support de fixation aux micro-organismes (bactéries) qui assurent l'oxydation (minéralisation\*) des polluants organiques dissous ; les végétaux jouent un rôle de stimulation de ces micro-organismes (oxygénation et exsudats\*).

Ici, l'épuration à proprement parler repose sur la minéralisation de la pollution par des **micro-organismes aérobies\*** : l'oxygène constitue donc l'un des facteurs limitants. Il est apporté par simple diffusion à l'interface air/substrat et sa circulation est facilitée par le rôle décolmatant des végétaux et par leurs tissus aérifères, l'aérenchyme\*.

Le filtre planté de macrophytes à écoulement vertical est étanche, et il est alimenté en surface. Il est généralement constitué de plusieurs unités (lits\*/filtres) alimentées en alternance, ce qui permet à chacune d'elles, pendant sa phase de repos (phase de non alimentation) d'assimiler la pollution reçue pendant les phases d'alimentation. Généralement, plusieurs niveaux (ou plusieurs étages) se succèdent pour assurer une meilleure épuration. En France, la forme la plus répandue se compose de **deux étages** : le premier étant composé de trois filtres en parallèle, et le second étant composé de deux filtres en parallèle.



*Filtre vertical à trois étages planté de roseaux de la station d'épuration d'une commune du Var.*

## À noter

Dans les faits, plusieurs étages de filtres plantés de macrophytes à écoulement vertical peuvent se succéder, mais ils peuvent aussi être suivis de filtres plantés de macrophytes à écoulement horizontal afin d'affiner l'épuration.

Sur le premier étage, les effluents s'infiltrent par simple gravité à travers le substrat de granulométrie soigneusement prédéfinie (graviers grossiers, graviers ou sable). Ce massif est généralement planté de roseaux communs (*Phragmites communis*). Après percolation (phénomène par lequel les effluents traversent verticalement le massif filtrant), les effluents

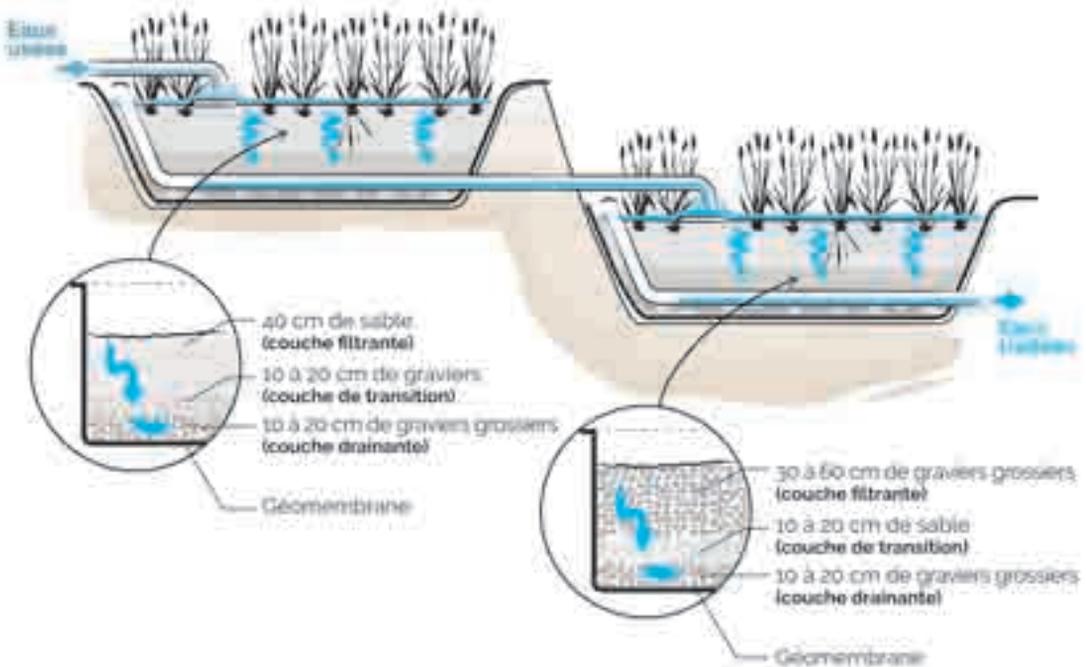
sont drainés en fond de filtre, puis ils sont généralement orientés vers un second filtre à macrophytes à écoulement vertical (suivant les exigences et les caractéristiques des effluents à traiter).

## Au fil de l'eau

Les effluents arrivent bruts sur le **premier étage**, c'est-à-dire qu'ils n'ont subi aucun traitement préalable (aucune décantation\*, par exemple). Dans la majeure partie des cas, ils ont transité dans un **dégrilleur\*** afin de les débarrasser des macrodéchets qu'ils transportaient (plastiques, lingettes, etc.).

L'**alimentation** du premier étage se fait le plus souvent **par bâchées**, c'est-à-dire par apport de gros volumes par à-coups, *via*

## Filtre à écoulement vertical



une chasse automatique ou une pompe. Le volume des bâchées est généralement calculé pour permettre une inondation totale d'un filtre du premier étage par une lame d'eau de 1 à 3 cm de hauteur.

Les effluents sont ensuite répartis à la surface d'un filtre du premier étage *via* des tuyaux d'alimentation. Le nombre de points d'alimentation du filtre doit permettre une répartition homogène des effluents. Chacun d'eux est équipé d'une plaque anti-affouillement, un dispositif placé sous le tuyau d'arrivée (carreau, dalle de béton...) qui empêche que les eaux creusent (affouillent), ce qui prévient le phénomène d'érosion, permettant ainsi d'éviter la dégradation des couches supérieures du massif.

Les effluents percolent alors à travers ce massif filtrant et subissent une première épuration. Arrivés en fond de filtre, ils sont ensuite drainés par des tuyaux pour être évacués vers un filtre du **second étage**. L'alimentation des filtres du second étage se fait selon le même principe que celle du premier étage. Si l'écoulement entre les deux étages se fait de façon gravitaire, un dénivelé suffisant doit être prévu et une chasse à auget\* reste nécessaire pour assurer une bonne répartition sur le second étage.

En **sortie du second étage**, les eaux traitées sont soit dirigées vers une nouvelle étape de l'épuration (filtre planté de roseaux à écoulement horizontal, par exemple), soit rejetées dans le milieu naturel *via* une canalisation, soit rejetées dans une zone de rejet intermédiaire (voir p. 119). Le choix se fait en fonction de la sensibilité du milieu récepteur à la pollution, ou des exigences épuratoires.

## Dimensionnement

Le dimensionnement des filtres de chaque étage doit être adapté en fonction de divers paramètres, tels que la charge hydraulique à traiter, la qualité souhaitée du rejet, le climat, etc. Il convient donc de faire appel

à un cabinet d'études spécialisé dans le domaine pour calculer des dimensionnements. De façon simplifiée, on estime qu'il faut environ **1,5 m<sup>2</sup> par équivalent-habitant\*** (EH) pour les filtres du premier étage et **1 m<sup>2</sup> par EH** pour les filtres du second étage.

## Le calcul des équivalents-habitants (EH)

Lorsqu'on parle d'assainissement, qu'il soit collectif ou non, l'unité de dimensionnement des installations est identique : c'est l'équivalent-habitant (ou EH). En théorie, cette unité correspond à la quantité moyenne d'eaux usées et de pollution produite par habitant et par jour.

Type de rejet	Quantité d'eaux usées et de pollution produite par 1 EH par jour
Volume d'eaux usées	150 l
Pollution organique	60 g de DBO <sub>5</sub>
Matières en suspension	90 g
Azote total	15 g
Phosphore total	4 g

La capacité de traitement de tout dispositif de phytoépuration doit donc être évaluée avec cette unité. Afin de déterminer le dimensionnement minimal d'un dispositif d'assainissement, il est donc impératif de calculer le nombre d'EH qui viendront l'alimenter.

• Pour une **station d'épuration municipale** : on compte le nombre de maisons raccordées au tout-à-l'égout et on multiplie ce chiffre par le nombre moyen d'habitants par maison.

• Pour une **maison individuelle** : au lieu de compter le nombre d'habitants dans la maison (lequel est susceptible de fortement varier (naissances, décès, changement de propriétaires, etc.), on détermine le nombre d'EH en fonction de la capacité d'accueil de la maison. Celle-ci n'est donc pas déterminée en fonction du nombre

d'habitants, mais selon le nombre de pièces principales qui constituent la maison – une pièce principale étant définie comme une pièce destinée au sommeil ou au séjour. Ainsi, si la maison est composée de 3 chambres, d'une cuisine-salle à manger et d'un séjour (soit 5 pièces principales), alors l'installation d'assainissement devra avoir une capacité de traitement minimale de 5 EH, quel que soit le nombre d'habitants de la maison.

• Pour les **autres bâtiments**, comme ceux destinés aux activités commerciales par exemple (hôtels, usines, centres commerciaux, etc.), on évalue le nombre d'EH par application d'un coefficient correcteur des principaux paramètres de fréquentation (nombre de couverts pour un restaurant, nombre de chambres pour un hôtel, nombre de clients pour un centre commercial, etc.).

Quoi qu'il en soit, avant tout projet de travaux, il convient de faire appel au service compétent de la collectivité locale, lequel vous conseillera et vous orientera vers un technicien compétent pour réaliser un calcul précis des équivalents-habitants.

## Substrats utilisés

Premier étage		
Couches	Épaisseur	Granulométrie
Couche filtrante	Environ 40 cm	Sable (2 à 8 mm)
Couche de transition	10 à 20 cm	Graviers (3 à 20 mm)
Couche drainante	10 à 20 cm	Graviers grossiers (20 à 40 mm)

Deuxième étage		
Couches	Épaisseur	Granulométrie
Couche filtrante	30 à 60 cm	Sable (0,25 à 0,40 mm)
Couche de transition	10 à 20 cm	Sable (3 à 20 mm)
Couche drainante	10 à 20 cm	Graviers grossiers (20 à 40 mm)

## Types de végétaux

En ce qui concerne la végétalisation des filtres, le **roseau commun** (*Phragmites communis*) est le plus adapté compte tenu de sa capacité de résistance aux conditions dans les filtres, à savoir : l'alternance des phases d'inondation et de repos, le contact avec un effluent chargé en matières organiques, etc. Il est généralement préconisé d'en planter 4 à 6 plants par mètre carré.

## Rendements épuratoires

Selon les retours d'expérience obtenus sur les stations d'épuration de ce type, les analyses d'eau usée réalisées en entrée de station d'épuration et d'eau traitée en sortie, qui permettent de mesurer l'efficacité épuratoire (appelée « abattements »), donnent les résultats ci-contre.

## Avantages

- Excellente intégration paysagère.
- Absence de nuisances sonores.
- Très bonne efficacité épuratoire sur la pollution carbonée, sur les matières en suspension et la pollution azotée (azote total organique et ammoniacal).
- Ne nécessite aucune compétence particulière pour l'exploitation.
- Très faible production de boues nécessitant un curage des dépôts de surface seulement tous les 10 ans environ (on notera tout de même que la plupart des stations d'épuration par filtre planté de macrophytes datant de plus de 10 ans n'ont toujours pas nécessité de curage des dépôts de surface).
- Les matières extraites des dépôts de surface sont partiellement humifiées\* et ne présentent pas les inconvénients des boues septiques extraites de fosses (mauvaises odeurs, risques sanitaires, etc.) ou des lagunages. Elles peuvent faire l'objet de compostage par exemple.
- Coût d'investissement comparable aux



Filtre vertical planté de roseaux de la station d'épuration d'une commune des Alpes-de-Haute-Provence.

### Abattements théoriques moyens (en %)

Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	Demande chimique en oxygène (DCO)	Matières en suspension (MES)	Azote sous forme organique ou ammoniacale (NTK)	Concentration totale d'azote (NGL)	Phosphore total (Pt)
90 %	80 à 90 %	90 à 100 %	80 à 90 %	40 à 50 %	20 à 50 %

techniques dites traditionnelles, mais coût d'exploitation parmi les plus faibles.

- Généralement pas de consommation d'énergie.

### Inconvénients

- Nécessite beaucoup de précautions dans la mise en œuvre, notamment en ce qui concerne le **choix des granulats**, tant pour leur granulométrie que leur composition physico-chimique (il est important que les granulats soient de composition à dominante non calcaire, et plutôt siliceuse ; sous l'effet des eaux usées, le calcaire se dissout et provoque des dysfonctionnements) ;

- Entretien soutenu pendant les premières années après la mise en service (désherbage manuel notamment).
- Efficacité épuratoire moyenne sur la pollution azotée sous forme de nitrates et nitrites, la pollution phosphorée et bactériologique. Dans les zones où le milieu récepteur est jugé sensible et défini tel quel par la réglementation, un second, parfois même un troisième, traitement des eaux peut être nécessaire.
- N'est pas adapté aux eaux usées de nature non domestique (industrielles ou agricoles, par exemple), qui doivent subir un prétraitement préalable.
- Emprise foncière non négligeable.

## Dysfonctionnements les plus fréquents\*

Dysfonctionnement observé	Cause/Origine probable	Piste de solution
Difficulté d'infiltration des effluents / Stagnation d'effluents en surface de filtre	Débit d'effluents entrant trop important par rapport à la capacité du filtre (surcharge hydraulique).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place une régulation des débits d'effluents en entrée de station.</li> <li>• Le cas échéant, revoir le dimensionnement général de la station en rajoutant un lit supplémentaire.</li> <li>• Le cas échéant, déconnecter les eaux pluviales de la station ou prévoir un déversoir d'orage en amont de la station.</li> </ul>
	Alimentation alternée des filtres trop fréquente conduisant à un temps de repos insuffisant entre deux périodes d'alimentation.	Adapter la fréquence d'alternat des lits et, le cas échéant, revoir le dimensionnement général de la station en rajoutant un lit supplémentaire.
	Répartition non homogène des effluents en surface de filtre générant des saturations localisées.	Mettre en œuvre une meilleure alimentation en modifiant les rampes existantes et, le cas échéant, en multipliant les points d'alimentation.
	Développement trop faible des macrophytes qui ne jouent pas leur rôle primordial de favorisation de l'infiltration.	Replanter des macrophytes pour en augmenter la densité et, le cas échéant, désherber manuellement les filtres pour supprimer la végétation indésirable qui perturbe le bon développement des macrophytes.
Mauvaise épuration / Rendements insuffisants / Présence de matières en suspension en sortie de filtre	Débit d'effluents entrant trop important par rapport à la capacité du filtre (surcharge hydraulique).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place une régulation des débits d'effluents en entrée de station.</li> <li>• Le cas échéant, revoir le dimensionnement général de la station en rajoutant un lit supplémentaire.</li> </ul>
	Mauvaise épuration en raison d'un manque d'oxygénation des filtres provoquant une faible activité des micro-organismes épurateurs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revoir la fréquence d'alternat des phases d'alimentation et de repos en cohérence avec le nombre de lits afin d'augmenter les périodes de repos des filtres, périodes pendant lesquelles les micro-organismes pourront assimiler la pollution.</li> <li>• Le cas échéant, rajouter un lit supplémentaire.</li> </ul>
	Présence d'eaux usées non domestiques (agricoles, industrielles, etc.).	Identifier l'origine des effluents non domestiques et les déconnecter de la station ou leur faire subir un prétraitement adapté préalable.
	Défauts du dispositif d'alimentation des filtres par bâchées (qui induisent par exemple une alimentation en continu).	Vérifier le bon fonctionnement des dispositifs d'alimentation par bâchées (chasse automatique ou poste de relevage).

\* On notera que l'ensemble des solutions avancées démontre que le filtre planté de roseaux à écoulement vertical n'est pas une contrainte technique ou un risque en soi mais que les dysfonctionnements relèvent systématiquement de défauts de conception ou de mise en œuvre.

### Le filtre à écoulement vertical de la commune de Pourcieux (Var)

#### PRÉSENTATION DU DISPOSITIF

Maître d'ouvrage : commune de Pourcieux

Département : Var (83)

Type d'eaux usées : eaux usées domestiques

Capacité : 1 200 EH

#### CONCEPTION DE L'INSTALLATION

- Réseau de collecte.
- Dégrilleur.
- Poste de relevage d'alimentation du premier étage par bâchées\*.
- Premier étage : filtre planté de macrophytes à écoulement vertical composé de 3 lits de 450 m<sup>2</sup> chacun.
- Deuxième étage : filtre planté de macrophytes à écoulement vertical composé de 2 lits de 420 m<sup>2</sup>.
- Évacuation des effluents traités en partie par infiltration dans le sol naturel, en fond de filtre du deuxième étage (ces derniers n'étant pas étanches) et rejet au ruisseau voisin pour l'autre partie.

#### QUELLES ONT ÉTÉ LES RAISONS QUI VOUS ONT POUSSÉ À CHOISIR LA PHYTOÉPURATION ?

Tout a commencé en 1998, lorsque la réalisation du schéma directeur d'assainissement communal a mis en évidence la nécessité d'étendre le réseau d'assainissement collectif sur la commune, car les sols ne se prêtaient pas à la mise en œuvre de l'urbanisation prévue par le plan d'occupation des sols (POS) avec des systèmes d'assainissement individuel.

À cette époque, il a donc été décidé de créer ces réseaux, ce qui a impliqué de rénover ou de remplacer la station d'épuration existante, de type « lit bactérien », construite en 1963.

Après avoir comparé le coût de rénovation et d'extension de la station existante, avec le coût de construction d'une nouvelle sta-

tion, le choix de la commune s'est porté sur la seconde solution.

Aidés par un bureau d'études performant, les élus ont comparé les différents procédés existants pour choisir le mieux adapté au contexte de la commune, à savoir : un habitat regroupé, situé en milieu rural, sans industrie et avec peu de commerces. Les élus de la commune ont également visité de nombreuses installations de tous types. La comparaison a notamment porté sur le coût de l'investissement, le coût de l'exploitation sur 15 ans, et les compétences nécessaires pour l'exploitation, sachant qu'elle est effectuée en régie directe par le service technique communal. Une attention particulière était également portée à l'intégration paysagère, compte tenu de l'implantation de la station, au cœur d'un vignoble AOC.

#### QUELLE A ÉTÉ LA MARCHÉ À SUIVRE ?

L'appel d'offres a porté sur une station de 1 200 EH et a permis de retenir la solution de « lits filtrants plantés de roseaux » (phytoépuration) sur deux étages, avec trois bassins au premier étage et deux bassins au deuxième étage. Il n'y avait pas de grosses différences de coût de construction entre les différents procédés, mais l'analyse des comptes d'exploitation sur 15 ans ont marqué la différence.

Lorsque la commune a décidé de choisir ce procédé d'épuration en 1999/2000, Pourcieux a été la première commune du Var à faire ce choix, et il y en avait très peu dans la région, la plus proche étant Roussillon (84).

Il y a eu, au départ, quelques réticences de la part de certains institutionnels quant à la fiabilité de ce système, ainsi que des collectivités pouvant financer la commune pour cette réalisation.

Mais comme la commune a résolument choisi ce procédé, et après avoir décidé de constituer un **comité de pilotage** regroupant tous les partenaires potentiels, elle a finalement été bien accompagnée, tant au niveau technique que financier.

Les élus soulignent l'implication particu-

lière de l'**Agence régionale pour l'environnement** (ARPE PACA), qui a apporté un appui technique et de conseil soutenu, dès la mise en œuvre du projet, et continue à apporter cet appui depuis 14 ans.

#### **QUEL BILAN POUVEZ-VOUS DRESSER AUJOURD'HUI ?**

Avec 14 ans d'expérience, les élus de la commune sont aujourd'hui convaincus d'avoir fait le bon choix pour résoudre la problématique de l'épuration collective de la commune de Pourcieux.

- La station d'épuration a un **rendement excellent**, attesté par les « bilans 24 h » réalisés deux fois par an par l'ARPE PACA. Malgré une augmentation de la population, la station d'épuration répond parfaitement aux besoins actuels. Le curage réalisé au cours de l'été 2016 et une remise en état sommaire des équipements (révision des pompes de relevage et réfection de quelques canalisations) vont lui permettre de poursuivre son service pendant une durée équivalente.

- **L'entretien est réduit au minimum**, sans technicité particulière. La rotation de l'épandage sur les bassins du premier étage est fait par un petit automate. Le nettoyage du dégrilleur et la rotation des bassins du deuxième étage est fait manuellement, deux fois par semaine, par un agent qui contrôle visuellement le bon fonctionnement de la station.

- Le fonctionnement de ce type de station permet de prévoir l'**enlèvement des boues tous les 8 à 10 ans**, le volume à enlever étant très faible. Construite en 2002, la station de Pourcieux qui a un bon fonctionnement et un rendement très élevé (plus de 95 %), a été curée pour la première fois au cours de l'été 2016 (14 ans après sa mise en service), ce qui a généré une économie substantielle durant cette période.

- Cette station est particulièrement adaptée au traitement des **effluents en milieu rural**, mais reste limitée dans sa capacité en équivalent-habitant, compte tenu de la surface de terrain nécessaire (environ 2 m<sup>2</sup> par EH).

- D'autre part, il est indispensable d'avoir des **réseaux d'assainissement et pluviaux bien séparés**, car, si la station accepte facilement des volumes d'eau de pluie supplémentaires, elle fonctionnera très mal si ces volumes parasites sont trop importants (lessivage et perturbation du cycle de dégradation des boues).

Dès sa mise en service, la station d'épuration de Pourcieux a reçu de très nombreuses visites et a servi d'exemple à de nombreuses collectivités ainsi qu'à des installations collectives privées (aires d'autoroutes, lotissements, etc.), tant en France qu'à l'étranger (Afrique du Nord, Amérique latine...).

En 2016, l'installation a été complétée par une station de traitement des rejets des quatre caves vinicoles de la commune, ainsi que d'une aire de lavage des machines à vendanger et de lavage des appareils de traitements phytosanitaires pour l'ensemble des viticulteurs de la commune. La commune a choisi également, pour cette installation, la solution de phytoépuration avec un lit filtrant planté de roseaux.

Jean-Raymond Niola  
(maire honoraire de Pourcieux)

# Le filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal

## Principe de fonctionnement

Bien que leurs noms soient très proches, le filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal est bien différent du filtre planté de macrophytes à écoulement vertical que nous venons d'aborder. Première différence, le filtre à écoulement horizontal ne reçoit pas directement des effluents bruts. Ceux-ci doivent préalablement transiter *via* un **ouvrage de décantation** (décanteur\* par exemple), de **digestion** (digesteur ou fosse toutes eaux par exemple) ou de **filtration** des matières en suspension (de type filtre planté à écoulement vertical par exemple). Un tel prétraitement préalable, en permettant de

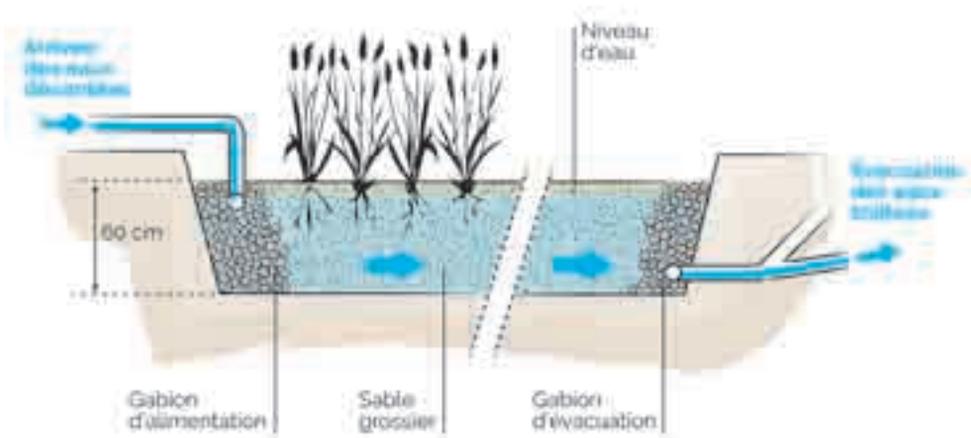
débarrasser les effluents des graisses et des matières en suspension, très colmatantes, est essentiel pour ne pas compromettre le bon fonctionnement du filtre à écoulement horizontal.

La seconde différence réside dans le mode d'alimentation. Le filtre à écoulement horizontal n'est pas alimenté en surface : il est **quasi saturé en eau en permanence** grâce à une alimentation en continu dans le massif et grâce à un écoulement horizontal des effluents.

Le principe du filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal repose sur un **traitement biologique** selon deux mécanismes :

- en **partie inférieure du filtre**, c'est-à-dire en profondeur, là où le massif est saturé en eau et où l'oxygène est absent, la pollution est dégradée dans des conditions anaérobies\* ;
- en **partie supérieure du filtre**, c'est-à-dire près de la surface, l'oxygène est apporté par diffusion et convection et, dans une moindre mesure, par les macrophytes et la pollution est donc dégradée par oxydation dans des conditions aérobies.

## Filtre à écoulement horizontal



L'intérêt du filtre à écoulement horizontal réside dans ce double mécanisme biologique, en **conditions aéro-anaérobies**, permettant des abattements importants sur certains polluants tels que l'azote. En conditions d'aéro-anaérobiose, les micro-organismes réalisent une **dénitri-fication\*** : ils prélèvent l'oxygène dont ils ont besoin sur les molécules de nitrates, lesquelles se transforment en diazote. Ce dernier rejoint ensuite l'atmosphère qui en est composé à près de 80 %.

Les systèmes d'épuration par filtres plantés\* mettent souvent en œuvre un filtre planté de macrophytes à écoulement vertical, grâce auquel les effluents subissent :

- un abattement de leur pollution en matières en suspension (filtration par le substrat) ;
- un abattement du phosphore (adsorption sur le substrat) ;
- un abattement de l'azote organique (nitrification) ;
- un abattement des métaux (adsorption sur le substrat ou assimilation par certains micro-organismes).

Ce filtre vertical est suivi d'un ou plusieurs filtres plantés à écoulement horizontal, permettant d'affiner l'épuration, notamment avec un abattement de la concentration en nitrates (dénitri-fication).

## Au fil de l'eau

Comme nous l'avons vu, le filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal est très rarement utilisé en traitement primaire : il se situe généralement **en aval d'un traitement préalable**.

La présentation de l'installation au fil de l'eau dépend donc du traitement primaire mis en place (décanteur-digesteur, fosse toutes eaux, filtre planté de macrophytes à écoulement vertical, bassin de décantation, etc.).

En sortie de ce traitement primaire préalable, les effluents sont répartis dans le filtre

planté de macrophytes à écoulement horizontal *via* des dispositifs d'alimentation situés dans le massif filtrant lui-même. Il peut s'agir d'un **gabion\* de répartition** (massif de graviers) ou bien d'une **rampe d'alimentation** située sur la tranche du massif. Dans ce dernier cas, il est conseillé de ne pas enterrer la rampe d'alimentation pour éviter son obturation par les rhizomes des macrophytes. L'écoulement au sein du filtre se fait de façon horizontale et l'évacuation est assurée par un **gabion d'évacuation** ou une **rampe de drainage** en fond de filtre équipée d'un système de siphon permettant de régler la hauteur d'eau dans le filtre.

## Dimensionnement

Le dimensionnement du filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal dépend de divers paramètres tels que la charge hydraulique à traiter, la qualité souhaitée du rejet, le climat, etc., mais surtout du type de traitement primaire situé en amont. Il convient donc de faire appel à un cabinet d'études spécialisé dans le domaine pour calculer les dimensionnements.

Néanmoins, de façon simplifiée, on considère qu'il faut compter **entre 2 et 10 m<sup>2</sup> par EH** selon le type de traitement primaire placé en amont.

Si le dimensionnement du filtre implique une grande surface (plusieurs centaines de mètres carrés), il est conseillé de diviser le filtre en plusieurs unités alimentées en parallèle.

## Composition des filtres

La composition des filtres dépend du traitement primaire situé en amont. En effet, la granulométrie du substrat doit être sélectionnée en fonction de la charge organique\* des effluents entrants. Si ces derniers sont faiblement chargés, dans le cas de la mise en place d'un filtre planté

de macrophytes à écoulement vertical en amont par exemple, la granulométrie du substrat sera fine (de 1 à 4 mm environ). En revanche, si les effluents entrants sont encore très chargés, dans le cas de la mise en place d'un décanteur-digesteur en amont par exemple, la granulométrie du substrat sera plus grossière (de 4 à 8 mm environ).

Les gabions d'alimentation et d'évacuation sont généralement composés de gravier de granulométrie comprise entre 10 et 40 mm.

## Rendements épuratoires

Selon les retours d'expérience obtenus sur les stations d'épuration de ce type, les analyses d'eau usée réalisées en entrée de station d'épuration et d'eau traitée en sortie, qui permettent de mesurer l'efficacité épuratoire (appelée « abattements »), donnent les résultats ci-dessous.

## Avantages et inconvénients

Le filtre planté de roseaux à écoulement horizontal n'étant qu'un traitement secondaire, ses avantages et inconvénients dépendent du traitement primaire placé en amont (décanteur-digesteur, filtre planté à écoulement vertical, etc.). De ce fait, les coûts d'investissement et d'exploitation,

ainsi que l'efficacité épuratoire dépendent du traitement primaire mis en place. Néanmoins, on peut résumer ses avantages et inconvénients stricts comme suit.

### Avantages

- Excellente intégration paysagère.
- Absence de nuisances sonores.
- Ne nécessite aucune compétence particulière pour l'exploitation.
- Coût d'investissement comparable aux techniques dites « traditionnelles » mais coût d'exploitation parmi les plus faibles.
- Généralement pas de consommation d'énergie.

### Inconvénients

- Nécessite beaucoup de précautions dans la mise en œuvre (choix des granulats, etc.).
- Entretien assez lourd pendant les premières années après la mise en service (désherbage manuel notamment).
- N'est pas adapté aux eaux usées de nature non domestique (industrielles ou agricoles par exemple), qui doivent subir un prétraitement préalable.
- Supporte mal les trop fortes variations de débit et de charge organique.
- Emprise foncière non négligeable.
- Peut provoquer des nuisances olfactives selon le dispositif de prétraitement placé en amont.

### Abattements théoriques moyens (en %)

Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	Demande chimique en oxygène (DCO)	Matières en suspension (MES)	Azote sous forme organique ou ammoniacale (NTK)	Concentration totale d'azote (NGL)	Phosphore total (Pt)
90 %	80 à 90 %	90 à 100 %	80 à 90 %	40 à 50 %	20 à 50 %

## Dysfonctionnements les plus fréquents

Dysfonctionnement observé	Cause/Origine probable	Piste de solution
Stagnation d'eau en surface de filtre	Mauvais réglage du niveau d'eau dans le filtre (niveau d'eau trop haut).	Corriger le niveau d'eau dans le filtre en ajustant la conduite d'évacuation des eaux traitées.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mauvais écoulement dans le filtre.</li> <li>• Colmatage d'une partie du substrat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier la qualité des effluents en entrée de filtre et leur teneur en MES.</li> <li>• Vérifier la granulométrie du substrat mis en place et sa teneur en particules fines.</li> </ul>
Mauvais développement des macrophytes	Mauvais réglage du niveau d'eau dans le filtre (niveau d'eau trop bas).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriger le niveau d'eau dans le filtre en ajustant la conduite d'évacuation des eaux traitées.</li> <li>• Replanter des macrophytes pour en augmenter la densité et, le cas échéant, désherber manuellement les filtres pour supprimer la végétation indésirable qui perturbe le bon développement des macrophytes.</li> </ul>

## Le lagunage naturel

Le lagunage fonctionne de manière très différente des filtres à macrophytes. En effet, il fait intervenir des **végétaux en eau libre**, le plus souvent des microphytes (des végétaux microscopiques) en suspension dans les lagunes. Les macrophytes sont présentes uniquement sur les rives des lagunes – et parfois aussi dans le dernier bassin. De ce fait, comme les végétaux se développent en eau libre, le substrat n'est plus au centre du fonctionnement du dispositif.

### Le lagunage aéré

Il existe un autre type de lagunage : le lagunage aéré. Ce dernier repose sur le même principe de fonctionnement que le lagunage naturel, mais, comme son nom l'indique, sa première lagune est équipée d'une **aération mécanique** qui a pour but de favoriser le développement des micro-organismes.

## Principe de fonctionnement

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration constitué d'une succession de **plusieurs bassins artificiels** (généralement au nombre de trois) garantissant un **temps de séjour des effluents très long** (environ deux mois). Son principe de fonctionnement repose sur un double mécanisme :

- le premier, physique, est une séparation des matières minérales et organiques présentes dans l'eau par **décantation** ;
  - le second est biologique et fait intervenir des réactions différentes selon la profondeur considérée. En fond de lagune, c'est-à-dire en profondeur, où l'oxygène est absent, la matière organique qui a décanté est dégradée par **digestion anaérobie** (fermentation) alors qu'en surface, où l'oxygène est apporté par l'interface eau/atmosphère et par l'activité photosynthétique des microphytes, la matière organique est dégradée par **oxydation**.
- Dans les stations de lagunage naturel classiques composées de **trois bassins**, le premier d'entre eux permet un abatement efficace de la pollution carbonée, tandis que les deux autres permettent un



*Bien que leur emprise foncière soit importante, les bassins de lagunage s'intègrent parfaitement au paysage.*

abattement de l'azote et du phosphore. Le troisième bassin, ou lagune tertiaire, est moins profond que les deux premiers. Il est souvent planté de macrophytes afin de favoriser le développement des micro-organismes, lesquels affineront l'épuration en assimilant une part de l'azote et du phosphore présents dans le milieu.

On l'aura donc compris, dans une station d'épuration par lagunage naturel, plusieurs types de végétaux interviennent :

- les **microphytes\***, qui permettent d'oxygéner les lagunes ;
- les **macrophytes**, qui sont installés principalement dans le dernier bassin et qui servent de support aux micro-organismes. Mais l'essentiel de l'épuration est assuré par les **micro-organismes**.

## Au fil de l'eau

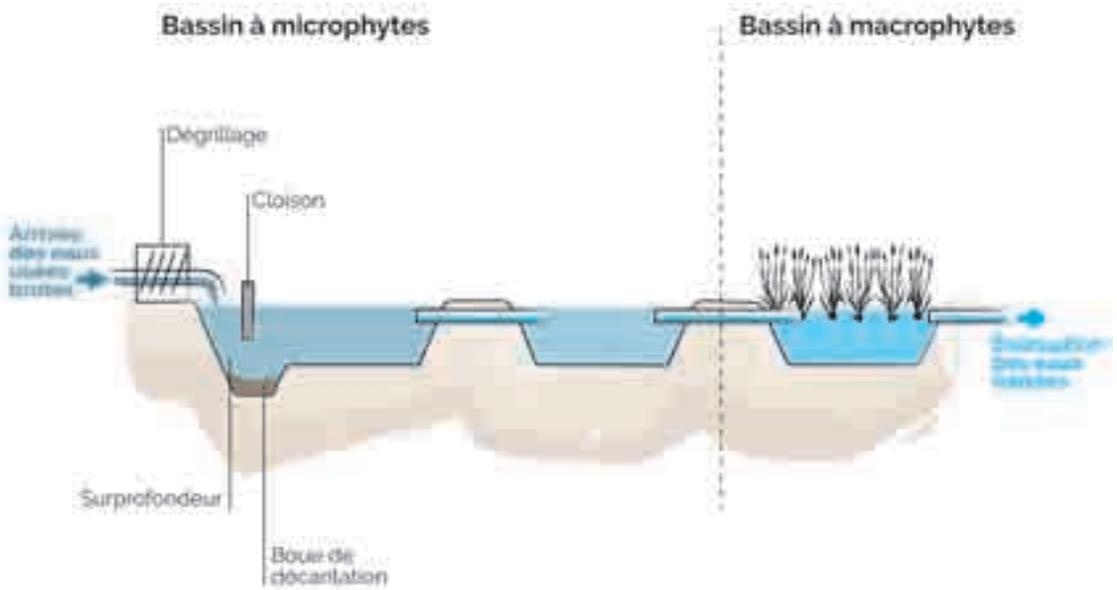
Les effluents arrivent bruts dans la première lagune, c'est-à-dire qu'ils n'ont subi aucun traitement préalable. Ils ont généralement transité dans un **dégrilleur** pour les débarrasser des macrodéchets qu'ils transportent.

Dans la plupart des cas, lorsque les contraintes techniques le permettent, l'alimentation du premier bassin se fait de façon gravitaire au rythme des arrivées d'eaux usées.

La première lagune est équipée d'une **cloison siphonoïde** (recourbée en forme de U) qui permet de retenir les graisses présentes dans les effluents.

Les effluents passent ensuite d'une lagune à l'autre par des tuyaux de liaison équipés de dispositifs siphonoïdes évitant le transfert d'algues de surface ou de lentilles d'eau, lesquelles ont tendance à se multiplier massivement dans les lagunes.

### Principe de fonctionnement d'un lagunage naturel



### Le lagunage aéré de la commune de Harréville-les-Chanteurs (Haute-Marne)

#### PRÉSENTATION DU DISPOSITIF

Maître d'ouvrage : commune de Harréville-les-Chanteurs

Département : Haute-Marne (52)

Type d'eaux usées : eaux usées domestiques

Capacité : 500 EH

#### CONCEPTION DE L'INSTALLATION

- Réseau de collecte des eaux usées.
- Lagunage aéré (1 seule lagune).
- 2 filtres à sable verticaux non drainés (un dispositif d'assainissement traditionnel similaire aux filtres plantés de roseaux à écoulement vertical, mais sans végétaux et avec des granulats un peu différents)
- Infiltration des effluents traités.

#### QUELLES ONT ÉTÉ LES RAISONS QUI VOUS ONT POUSSÉ À CHOISIR LA PHYTOÉPURATION ?

Dans les années 1990, la commune était équipée d'un réseau de tout-à-l'égout unitaire. La mise aux normes était nécessaire, les travaux ont donc été décidés ; ce qui nous a permis, à l'époque, d'obtenir un fort pourcentage de subventions. La commune s'est alors groupée avec deux municipalités voisines, avec lesquelles a été mis en place un syndicat d'assainissement en vue de créer une seule station.

À cette époque, la phytoépuration en était à ses balbutiements, et les filtres à macrophytes que nous avons visités ressemblaient davantage aux tranchées d'après-guerre qu'à un dispositif d'assainissement. De plus, ces systèmes semblaient nécessiter beaucoup d'entretien. Les élus ont alors hésité avec l'installation d'une station compacte type Eparco ou autre avant de valider la solution du lagunage et des filtres à sable. Finalement, les longueurs de canalisation, la proximité de la Meuse et les problèmes de dénivelés ont contraint les trois municipalités à réaliser chacune leur propre station.

*À Harréville-les-Chanteurs, le choix de la phytoépuration a permis de limiter les impacts visuels et de supprimer toutes les infrastructures de génie civil.*



## QUELLE A ÉTÉ LA MARCHÉ À SUIVRE ?

Dès la création du syndicat, les élus ont été accompagnés par les services du **conseil général**, mais aussi et surtout par l'**agence de l'eau**. Ce sont eux qui ont organisé les visites sur les rares dispositifs de phytoépuration qui existaient à cette époque (dans l'Yonne, puis à Verdun).

Une fois que notre choix s'est orienté vers le lagunage, nous avons mandaté un **bureau d'études** pour réaliser les études préalables et pour assurer la maîtrise d'œuvre. Tout au long de ces démarches, le conseil général et l'agence de l'eau sont restés omniprésents. Les démarches n'ont jamais été simples, et l'absence d'un interlocuteur unique a compliqué les choses. Heureusement, l'entreprise retenue suite à l'appel d'offres était expérimentée dans le domaine et a fait un très bon travail.

## QUEL BILAN POUVEZ-VOUS DRESSER AUJOURD'HUI ?

Aucun gros inconvénient n'est aujourd'hui à signaler si ce n'est que les habitants ont longtemps rejeté de l'huile de vidange et des lingettes hygiéniques dans les toilettes. Un peu de pédagogie et de sensibilisation ont donc été nécessaires, mais tous ont été réceptifs et favorables à cette nouvelle

installation, notamment parce qu'elle leur permettait de ne plus avoir recours à des fosses septiques individuelles.

Aujourd'hui, près de vingt ans plus tard, les techniques ont beaucoup évolué. Peut-être que notre choix se tournerait aujourd'hui vers un autre système, mais nous restons très satisfaits de notre installation.

M. Demangeot (ancien maire de la commune de Harréville-les-Chanteurs)

## Dimensionnement

Le dimensionnement doit permettre un temps de séjour total des eaux usées dans la station de lagunage compris entre 45 et 60 jours (voir tableau ci-contre).

## Rendements épuratoires

Selon les retours d'expérience obtenus sur les stations d'épuration de ce type, les analyses d'eau usée réalisées en entrée de station d'épuration et d'eau traitée en sortie, qui permettent de mesurer l'efficacité épuratoire (appelée « abattements »), donnent les résultats ci-dessous.

Dimensionnement d'une station de lagunage naturel		
Bassins	Surface	Profondeur
Lagune primaire	6 à 9 m <sup>2</sup> /EH	1,2 à 1,8 m
Lagune secondaire	2,5 à 4,5 m <sup>2</sup> /EH	1 à 1,4 m
Lagune tertiaire (avec macrophytes)	2,5 à 4,5 m <sup>2</sup> /EH	0,3 à 0,4 m

## Avantages

- Excellente intégration paysagère.
- Absence de nuisances sonores.
- Provoque rarement des nuisances olfactives
- Très bonne efficacité épuratoire sur la pollution carbonée, sur les matières en

## Abattements théoriques moyens (en %)

Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	Demande chimique en oxygène (DCO)	Matières en suspension (MES)	Azote sous forme organique ou ammoniacale (NTK)	Concentration totale d'azote (NGL)	Phosphore total (Pt)
80 %	60 à 80 %	80 %	60 à 70 %	20 à 30 %	60 à 70 %



*Certains bassins de lagunage peuvent progressivement se végétaliser, ce qui n'en est que plus intéressant d'un point de vue écologique et esthétique.*

suspension, la pollution azotée et la pollution bactériologique.

- Ne nécessite aucune compétence particulière pour l'exploitation.
- Supporte très bien les fortes variations de débit et plus modérément les variations de charges.
- Très faible production de boues nécessitant un vidange que tous les 7 à 10 ans environ.
- Coûts d'investissement et d'exploitation comparable aux techniques dites traditionnelles.

## Inconvénients

- Très forte emprise foncière.
- Efficacité épuratoire moyenne sur la pollution phosphorée.
- N'est pas adapté aux eaux usées de nature non domestique (industrielles ou agricoles par exemple), qui doivent subir un prétraitement préalable.
- Les vidanges concernent des boues en fermentation et non humifiées.

## Dysfonctionnements les plus fréquents

Les trois dispositifs majeurs que nous venons d'aborder en détails (le filtre planté de macrophytes à écoulement vertical, le filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal et le lagunage) sont les premières techniques de phytoépuration à avoir été mises au point en France.

Depuis, les recherches ne cessent de les améliorer et de les décliner sous différentes formes afin de répondre à différents objectifs. À ce titre, de nombreuses sociétés et constructeurs ont breveté des dispositifs issus de déclinaisons (réduction de surfaces, utilisation de matériaux différents, etc.) des procédés mis au point par le Cemagref.

Dysfonctionnement observé	Cause/Origine probable	Piste de solution
Bassin vide / Difficulté de remplissage des bassins/ Absence de rejet en sortie de bassin / Baisse du niveau d'eau dans les bassins	Défaut d'étanchéité des bassins.	Vérifier l'imperméabilisation des bassins ou faire réaliser une étude de sol si le bassin n'est pas imperméabilisé avec une bâche.
	Débit d'effluents entrants trop faible (sous-charge hydraulique).	Raccorder un débit d'eau claire sur l'installation.
Prolifération de lentilles d'eau ( <i>Lemna spp.</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effluent trop peu chargé en matière organique.</li> <li>• Hausse trop importante de la température.</li> <li>• Forte concentration en azote, phosphore ou minéraux (calcium par exemple) des effluents.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place une lutte biologique (exemple: aider à la colonisation du site par des canards).</li> <li>• Élimination manuelle des lentilles d'eau (ne pas utiliser de désherbants !).</li> </ul>
Dégradation/instabilité des berges	Érosion due à l'absence de stabilisation végétale des talus/berges.	Mettre en place des techniques de lutte antiérosive en génie végétal.
	Présence de rongeurs	Mettre en place un programme de lutte contre les rongeurs.
Présence de mauvaises odeurs	Envasement du premier bassin entraînant des réactions de fermentation.	Procéder au curage du bassin et établir un programme d'entretien régulier.
	Création de conditions anaérobies.	Supprimer les sources de création des conditions anaérobies.
Coloration rouge des bassins	Arrivée d'effluents fermentescibles, septiques, ou de nature non domestique.	Interdire les rejets septiques et non domestiques.
	Développement de bactéries particulières (dont le métabolisme est basé sur la présence de soufre) lié à l'arrivée d'effluents septiques.	Interdire le raccordement d'effluents septiques (issus de fosses septiques notamment).
Destruction des colonies de macrophytes	Présence trop importante de rongeurs.	Mettre en place un programme de lutte contre les rongeurs.
	Présence trop importante de canards.	Nourrir les canards avec des compléments alimentaires ou limiter la population de canards.
Prolifération d'algues vertes dans les effluents	Fréquentation du site par des chasseurs ou autres.	Interdire l'accès au site.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse trop importante de la température.</li> <li>• Surcharge organique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensemencement des bassins avec des daphnies*.</li> <li>• Agrandissement du premier bassin.</li> <li>• Plantation dense de macrophytes dans les bassins à macrophytes.</li> </ul>

\* Petits crustacés d'eau douce qui se nourrissent de phytoplancton (microalgues).

### **Le lagunage naturel de la commune de Lelling (Moselle)**

#### **PRÉSENTATION DU DISPOSITIF**

Maître d'ouvrage actuel : communauté de communes du Centre mosellan

Département : Moselle (57)

Type d'eaux usées : eaux usées domestiques

Capacité : 1 600 EH

#### **CONCEPTION DE L'INSTALLATION**

- Réseau de collecte des eaux usées.
- Dégrilleur.
- Dégraisseur.
- Dessableur.
- Lagune primaire.
- Lagune secondaire.
- Lagune tertiaire plantée de roseaux.
- Évacuation des effluents traités par rejet dans le ruisseau voisin.

#### **QUELLES SONT LES RAISONS QUI VOUS ONT POUSSÉ À CHOISIR LA PHYTOÉPURATION ?**

Lorsque je suis arrivé dans l'équipe municipale en 2001, en tant qu'adjoint, le choix du lagunage était déjà arrêté.

Ce choix faisait suite à un état des lieux de la pollution domestique et agricole réalisé sur la rivière la Nied du Bischwald par différentes instances, qui mettait en évidence l'importance de créer des stations d'épuration efficaces pour les villages riverains de ce cours d'eau.

À l'époque, deux communes se sont alors rapprochées pour créer un syndicat d'études pour l'assainissement de leur bourg : Guessling-Hémering et Lelling. À l'époque, la compétence « Assainissement collectif » était communale et non intercommunale comme c'est le cas aujourd'hui pour ces communes.

#### **QUELLE A ÉTÉ LA MARCHÉ À SUIVRE ?**

Une réflexion est alors engagée à l'initiative des maires des deux communes. Aidés

dans leurs démarches par tous les services compétents, les responsables communaux se sont orientés très rapidement vers le lagunage avec la visite de lagunes naturelles, pour les raisons suivantes :

- le faible coût d'investissement ;
- le faible coût de maintenance ;
- la maîtrise du foncier ;
- le rendement épuratoire ;
- l'absence de réactifs chimiques à apporter.

Le choix de l'emplacement de la lagune a fait l'objet de nombreuses négociations. Les responsables communaux et les habitants craignaient l'émanation d'odeurs désagréables à grande échelle et donc une détérioration de la qualité de vie au village. Les fosses septiques, quand elles existaient, ont été vidées, court-circuitées et remblayées avec du sable.

#### **QUEL BILAN POUVEZ-VOUS DRESSER AUJOURD'HUI ?**

Le bilan pour les deux villages, Lelling et Guessling-Hémering est « positif sur de nombreux points », à savoir :

- aucune odeur n'a été ressentie par les habitants des villages voisins, contrairement à d'autres installations ;
  - la qualité des eaux rejetées dans le milieu naturel a fait l'objet de primes spéciales accordées par l'agence de l'eau ;
  - la faune et la flore aquatiques ont repris leur place (invertébrés, oiseaux, grenouilles...) ;
  - des écoles de pêche se sont développées ;
  - ce choix de procédé d'épuration exemplaire a donné naissance à de nombreux autres lagunages sur ce bassin versant (Vahl Ebersing, Laning, Grostenquin...).
- Cela dit, la Nied du Bischwald n'est toutefois pas encore à son meilleur niveau de qualité des eaux, et d'autres travaux sont en cours (traitement de la ripisylve\*, resserage du lit mineur, enlèvement d'embâcles, création de frayères, etc.), qui viendront compléter cette première phase d'amélioration de la qualité des eaux.

M. Matz  
(maire de la commune de Lelling)

# Les solutions d'assainissement individuel

L'assainissement individuel, également appelé assainissement non collectif (ANC) ou assainissement autonome, désigne l'épuration des eaux usées domestiques pour les habitations non raccordées au réseau public d'assainissement (tout-à-l'égout). Ces habitations qui n'ont pas accès au tout-à-l'égout en raison de contraintes techniques, géographiques ou financières doivent être équipées de leur propre dispositif d'épuration des eaux usées domestiques.

## La réglementation

Pour ces habitations, il revient au propriétaire de mettre en œuvre un dispositif conforme à la réglementation et efficace. L'occupant des lieux, qu'il soit propriétaire ou locataire, est chargé de l'entretien du dispositif.

La réglementation applicable à l'assainissement individuel est relativement complexe et n'est pas identique selon le dimensionnement de l'installation à réaliser. En effet, on distingue deux catégories :

- les installations dimensionnées pour épurer l'équivalent de pollution produite par **plus de 20 équivalents-habitants (EH)** ;
- les installations d'assainissement individuel dimensionnées pour traiter l'équivalent de pollution produite par **1 à 20 EH**.

Pour la première catégorie (plus de 20 EH), c'est la réglementation de l'assainissement collectif qui s'applique (voir p. 55).

En revanche, une réglementation spécifique s'applique à la seconde catégorie (1 à 20 EH). Elle définit et décrit un certain nombre de techniques qui peuvent être mises en œuvre : il y a une **obligation de moyens**. Ces techniques, dites « traditionnelles », sont présentées dans l'**arrêté du 7 septembre 2009** modifié par l'**arrêté du 7 mars 2012** fixant les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/jour de DBO<sub>5</sub>. Aucune technique de phytoépuration n'est décrite dans ce texte, qui prévoit néanmoins que d'autres techniques d'épuration non décrites dans la réglementation peuvent être autorisées par agrément du ministère en charge de l'environnement. Ainsi, depuis la parution au *Journal officiel de la République* de l'arrêté du 7 septembre 2009, il est prévu que tout dispositif d'épuration peut être autorisé à l'issue d'un protocole d'évaluation sur une plateforme d'essai visant à vérifier son fonctionnement et son efficacité épuratoire.

## Bon à savoir

Tous les dispositifs d'assainissement individuel mentionnés peuvent être mis en œuvre pour des installations dimensionnées pour plus de 20 EH (puisque la réglementation au-delà de ce dimensionnement est identique à la réglementation applicable en assainissement collectif).

La phytoépuration n'étant pas une technique dite « traditionnelle » décrite dans la réglementation, elle doit, pour être autorisée, faire l'objet d'un agrément du ministère de l'Environnement.

Aujourd'hui, on dénombre **cinq dispositifs de phytoépuration** des eaux usées domestiques agréés par le ministère, qui se sont tous très largement inspirés des dispositifs mis en œuvre depuis plusieurs décennies en assainissement collectif :

- Jardi-Assainissement FV + FH<sup>16</sup> d'Aquatiris (voir p. 80) ;
- Jardi-Assainissement FV d'Aquatiris (voir p. 85) ;
- AutoEpure<sup>®</sup> d'Epur Nature (voir p. 91) ;
- Ecophyltre<sup>®</sup> de Opure/Jean Voisin (voir p. 95) ;
- Phytostation Recycl'eau de Blueset (voir p. 99).

Ces dispositifs agréés sont également soumis à diverses prescriptions techniques obligatoires, toutes définies dans l'agrément. On parle de **dispositions réglementaires obligatoires**. Celles-ci, parfois contraignantes, peuvent consti-

## À noter

Nous avons volontairement écarté les dispositifs agréés Végépure Compact et Végépure ProMS de la société IFB Environnement. Bien que ces dispositifs mettent en œuvre des filtres plantés de roseaux, ils reposent avant tout sur le principe d'épuration par microstation à cultures libres aérées. En effet, ces dispositifs reposent sur le principe de la succession d'une fosse toutes eaux, d'une cuve aérée et d'un filtre planté vertical (pour les dispositifs de la gamme « Végépure Compact »), suivi d'un filtre planté horizontal (pour les dispositifs de la gamme « Végépure ProMS »). D'ailleurs, les ministères de l'Environnement et de la Santé classent ces deux dispositifs dans la catégorie des « *Microstations à culture libre* » sur leur portail internet.

<sup>16</sup> FV = FH : filtre vertical + filtre horizontal.

tuer de véritables inconvénients pour les propriétaires désireux de s'orienter vers la phytoépuration. Néanmoins, elles permettent de prévenir tout risque sanitaire et environnemental, et leur respect est obligatoire pour obtenir la conformité de la part des services de contrôle.

Par ailleurs, des **prescriptions techniques supplémentaires** peuvent être fixées localement par le préfet de votre département ou le maire de votre commune.

## Peut-on arroser des végétaux avec les eaux usées en assainissement individuel ?

D'une manière générale, en assainissement individuel, il est parfaitement interdit (et même dangereux) d'arroser avec des eaux usées, compte tenu du risque sanitaire potentiel qu'elles représentent.

Toutefois, si elles sont préalablement traitées, les eaux usées peuvent être réutilisées pour l'irrigation souterraine des végétaux, à l'exception des végétaux destinés à la consommation humaine et sous réserve d'absence de stagnation en surface ou de ruissellement des eaux usées traitées.

Le système d'irrigation souterraine des végétaux avec des eaux usées traitées fait partie intégrante du dispositif d'assainissement individuel. À ce titre, il doit être validé par le Service public d'assainissement non collectif de votre collectivité, auprès duquel nous vous invitons à vous renseigner pour plus de précisions.

Par ailleurs, il est important de noter qu'en assainissement collectif, l'arrosage avec des eaux usées traitées est régi par un arrêté interministériel du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts.

# L'agrément est-il gage de qualité, d'efficacité et de tranquillité ?

Parmi les dispositifs d'assainissement individuels, qui doivent être agréés pour être mis en place, on retrouve des filtres compacts\*, des microstations, des dispositifs de phytoépuration, etc. On parle alors de systèmes « alternatifs » – par opposition aux dispositifs dits « traditionnels », ou classiques, décrits dans la réglementation. Mais ce principe d'agrément soulève de nombreuses questions : une fois délivré, l'agrément est-il un gage d'efficacité et de qualité du dispositif ? Pour le propriétaire, le choix de s'orienter vers un dispositif agréé par le ministère est-il gage de tranquillité ?

Pour répondre à ces questions, il faut d'abord aborder la **procédure d'agrément**, c'est-à-dire le protocole permettant à une entreprise de faire agréer son dispositif. Comme le résume bien le ministère de l'Écologie dans une réponse écrite publiée au *Journal officiel* en date du 17 avril 2012, « deux procédures d'agrément sont possibles :

- la procédure complète basée sur des essais réalisés sur plate-forme expérimentale d'une durée de 15 mois ;
- la procédure simplifiée, qui s'appuie sur les résultats d'essai du marquage CE fournis par les fabricants pour les installations bénéficiant du marquage CE ou celles commercialisées légalement dans d'autres États membres, d'une durée de 3 mois.

Cette procédure permet d'agréer sans aucun essai complémentaire les installations marquées CE qui répondent aux performances épuratoires réglementaires. » On remarquera que la procédure d'agrément dure au maximum 15 mois, soit à peine plus d'un an. Cela signifie que le fonctionnement et l'entretien de la

plupart des dispositifs d'assainissement individuel agréés et mis sur le marché aujourd'hui en France n'ont pas été testés et étudiés par les pouvoirs publics plus de 15 mois.

Dans ce contexte, comment connaître les conditions de fonctionnement de ces dispositifs dans 5 ans, 10 ans, 15 ans ? Personne n'a la réponse, si ce n'est les sociétés qui les commercialisent. Mais, au regard de leurs intérêts, peut-on toujours leur faire confiance ?... Avec le temps, seuls les retours d'expériences pourront nous apporter des réponses objectives et, malheureusement, les propriétaires mal conseillés ou ayant fait un mauvais choix en paieront le prix...

Au-delà du protocole d'essai en lui-même, qu'il serait trop technique de détailler ici, nous reprochons à ce principe d'agrément de mettre tous les dispositifs d'assainissement sur un même pied d'égalité, voire de favoriser les systèmes agréés.

En effet, selon la réglementation actuelle, à partir du moment où il est agréé, le dispositif d'assainissement, qu'il s'agisse d'une microstation à culture fixée, d'une microstation à boues activées, d'un dispositif de phytoépuration, d'un filtre compact, ou autre, est mis sur le même plan qu'un système classique ou qu'un autre dispositif agréé. Encore pire, nombre d'entreprises brandissent l'agrément ministériel comme un argument de vente dans leurs démarches publicitaires !

Il faut pourtant bien reconnaître que de nombreux systèmes agréés présentent d'importantes faiblesses. Si l'on prend l'exemple des microstations, elles présentent de nombreux inconvénients : présence d'équipements électriques fragiles, consommation énergétique, sensibilité aux variations de débits pour certaines, faible capacité de stockage des boues c'est-à-dire nécessitant des vidanges régulières, etc. Les filtres compacts présentent eux aussi des inconvénients : nécessité de renouveler le média filtrant régulièrement, risques accrus de colmatage pour certains matériaux filtrants,

nécessité régulière d'un poste de relevage en sortie, etc.

Pourtant, qu'il s'agisse des microstations ou des filtres compacts, ils sont agréés au même titre que des dispositifs filtrants plus extensifs comme la phytoépuration, et sont autorisés au même rang que des systèmes de traitement par le sol comme un épandage naturel. Et souvent, leurs coûts d'entretien et de fonctionnement sont bien plus élevés.

Mais, pour faire son choix en connaissance de cause, encore faut-il que le propriétaire soit bien informé ! En effet, les agréments ministériels ne font pas apparaître directement les modalités d'entretien des dispositifs agréés, et encore moins leur coût ! En revanche, chaque agrément renvoie vers un guide rédigé par l'entreprise titulaire dudit agrément. Et là, les informations sont déclaratives. Alors oui, les guides doivent mentionner les coûts d'investissement et d'entretien à long terme. Mais, s'agissant de l'investissement, les coûts sont des moyennes, souvent évaluées *a minima*, occultant certains aspects des travaux. Quant aux modalités d'entretien,

les règles décrites ne reflètent pas toujours les réelles nécessités de l'installation permettant un fonctionnement optimal, celui-là même pourtant pris en compte dans l'analyse des performances épuratoires sur plate-forme d'essai.

Enfin, au regard du nombre colossal de dispositifs agréés, il est absolument impossible pour un propriétaire de s'y retrouver, d'autant plus que chaque dimensionnement d'un même dispositif fait l'objet d'un agrément distinct. À ce sujet, on notera que l'agrément de toute une gamme de dimensionnement d'un même dispositif peut avoir lieu alors même qu'un seul dimensionnement a été testé. C'est ce que précise le ministère de l'Écologie dans la suite de sa réponse précitée : « Les opérateurs économiques peuvent déposer un dossier de demande de reconnaissance des autres dispositifs de traitement de la gamme auprès des organismes notifiés, permettant d'élargir l'agrément à d'autres modèles de la gamme, selon des règles d'extrapolation sans refaire tous les essais nécessaires au titre du marquage CE. »

*Jardin d'assainissement Aquatiris.*



# Le dispositif Jardi-Assainissement FV + FH<sup>17</sup> (Aquatiris)

**Conception :** filtre vertical suivi d'un filtre horizontal

**Dimensionnements :** 2 à 10 EH, 12, 14, 16, 18 et 20 EH

**Autoconstruction :** possible, mais accompagnement obligatoire d'Aquatiris

**Présence d'une fosse :** non

**Consommation électrique :** non

**Imperméabilisation des filtres :** géomembrane

Le dispositif « Jardi-Assainissement FV + FH » d'Aquatiris est un dispositif d'épuration recevant des eaux usées domestiques brutes, reposant sur le principe d'une succession de deux filtres plantés de macrophytes. Le premier est un filtre à

écoulement vertical et le second un filtre à écoulement horizontal. Tous deux sont imperméabilisés par une géomembrane. Le **filtre vertical** est séparé en deux compartiments, appelés « lits », par une plaque de béton verticale, permettant ainsi une alimentation alternée. Celle-ci permet aux lits, lors de leur phase de repos, d'assimiler la pollution qu'ils ont reçue durant leur phase d'alimentation.

Le filtre vertical est insaturé, c'est-à-dire qu'il n'est pas rempli d'eau. Les eaux usées sont réparties à sa surface par un point d'alimentation par lit et percolent ensuite dans le massif filtrant. En fond de filtre, les effluents sont drainés puis orientés vers le **filtre horizontal**. Ce dernier, quant à lui, est saturé : le niveau d'eau est maintenu à 10 cm en dessous de la surface environ.

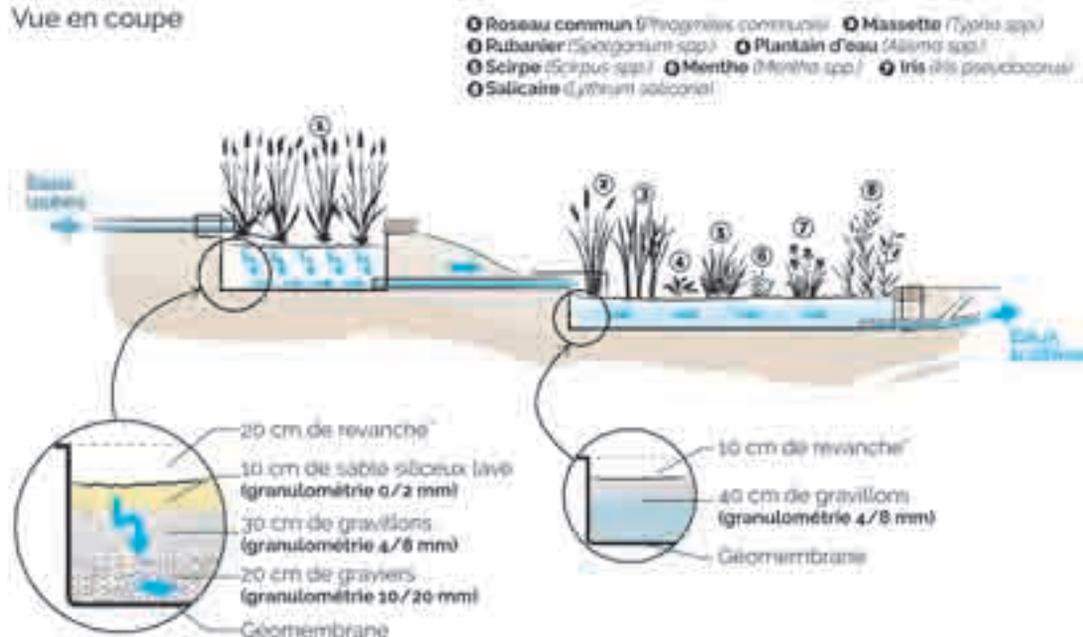
<sup>17</sup> FV + FH : filtre vertical + filtre horizontal.

*Le dispositif Jardi-Assainissement FV + FH d'Aquatiris.*



## Le dispositif «Jardi-Assainissement FV + FH»

Vue en coupe



\*Revanche : espace vertical vide entre l'arrivée d'eau et le haut du substrat.



## Substrats utilisés

**Filtre vertical** (du fond vers la surface) :

- 20 cm de graviers de granulométrie 10/20 mm ;
- 30 cm de gravillons de granulométrie 4/8 mm ;
- 10 cm de sable siliceux lavé de granulométrie 0/2 mm<sup>18</sup> ;
- 20 cm de revanche (espace vertical vide entre l'arrivée d'eau et le haut du substrat).

**Filtre horizontal** (du fond vers la surface) :

- 40 cm de gravillons de granulométrie 4/8 mm ;
- 10 cm de revanche\*.

## Type de végétaux

**Filtre vertical** : Roseau commun

(*Phragmites communis*).

Densité : 6 plants/m<sup>2</sup>.

**Filtre horizontal** : Massettes (*Typha spp.*), Iris (*Iris spp.*), Salicaire commune (*Lythrum salicaria*), Rubaniers (*Sparganium spp.*), Scirpes (*Scirpus spp.*), Menthes (*Mentha spp.*), Plantain d'eau (*Alisma plantago-aquatica*). Densité : 6 plants/m<sup>2</sup>.

<sup>18</sup> Voir fourchettes de tolérance de granulométrie indiquées dans le « Guide de l'utilisateur ».

## Dimensionnement

Ce dispositif est agréé pour les installations dimensionnées pour 2 à 10 EH, et les installations dimensionnées pour 12, 14, 16, 18 ou 20 EH (voir tableau ci-dessous).

### Attention !

Pour les dispositifs dimensionnés pour 12, 14, 16, 18 et 20 EH, l'alimentation se fait obligatoirement par un poste de relevage présentant les caractéristiques suivantes :

- volume : 255 l ;
- puissance : 550 W.

## Dispositions réglementaires obligatoires

Voici les dispositions réglementaires applicables au dispositif Jard-Assainissement FV + FH.

- Obligation de respecter une **distance minimale de 5 m par rapport à l'habitation** pour limiter les risques sanitaires (nuisances olfactives notamment).

Cette distance est portée à **10 m** pour les modèles dimensionnés pour 6 à 12 EH et à **30 m** pour les modèles dimensionnés pour 14 à 20 EH.

Dimensionnement (en EH)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
<b>Filtre vertical (2 lits)</b>														
Longueur* (en m)	1,6	2	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	4	4	4	4,5	5
Largeur* (en m)	1,25	1,5	2	2	2	2	2	2	2	3	3,5	4	4	4
Profondeur (en m)	0,6													
Surface* (en m <sup>2</sup> )	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
<b>Filtre horizontal (1 lit)</b>														
Longueur (en m)	3,2	4	4	5	6	7	8	7,2	8	9,6	10	10,7	12	12,5
Largeur (en m)	1,25	1,5	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,8	3	3	3,2
Profondeur (en m)	0,4													
Surface (en m <sup>2</sup> )	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40

\* Pour un seul lit.

- Nécessité de mettre en place une **grille horizontale permanente** de maillage 5 x 5 cm maximum sur le filtre vertical afin d'éviter tout contact accidentel avec des eaux usées.
- Obligation de **protéger la zone d'arrivée des effluents** sur le filtre horizontal par une des solutions suivantes :
  - le tuyau d'arrivée est recouvert d'une grille de maillage 5 x 5 cm maximum ;
  - le tuyau est recouvert de galets ;
  - le tuyau d'arrivée est inséré dans une rehausse de regard avec un couvercle fermé.
- Obligation d'équiper l'ensemble du dispositif (filtre vertical et filtre horizontal) d'une **clôture permanente** d'une hauteur de 0,80 m minimum afin de limiter l'accès aux filtres et de bien délimiter visuellement la zone de traitement des eaux usées.
- Obligation de **faire réaliser ou valider les travaux par le fabricant**, c'est-à-dire la société Aquatiris (ou par les installateurs agréés). L'accompagnement est obligatoire pour les autoconstructeurs.

## Entretien et maintenance du dispositif

En plus des règles d'entretien communes à tous les dispositifs (voir p. 76), il est important de retenir que le dispositif Jard-Assainissement FV + FH d'Aquatiris est

composé de deux filtres au premier étage, dont l'alimentation doit être alternée de façon hebdomadaire à l'aide de **vannes manuelles**, ce qui peut devenir une véritable contrainte...

À la différence d'un système d'assainissement traditionnel (composée d'une fosse toutes eaux), il n'y a pas de vidange de boues à réaliser ici. Celle-ci est remplacée par un **curage des filtres** du premier étage, sur lesquels se déposent les matières en suspension. La fréquence de ce curage est évaluée à tous les 10 ans par le fabricant. Enfin, concernant les ouvrages plus classiques comme les **regards** et le **poste de relevage** (à partir de 12 EH), l'entretien se résume à une inspection régulière visant à vérifier leur bon état de fonctionnement.

## Avantages

- L'**absence de fosse toutes eaux** en amont des filtres plantés peut être considérée comme un avantage car elle réduit les opérations d'entretien et de gestion des boues. Bien que les filtres nécessitent un curage des dépôts de surface, les matières extraites sont partiellement humifiées\* et ne présentent pas les inconvénients des boues septiques extraites des fosses (mauvaises odeurs, risques sanitaires, etc.).
- L'**absence de poste de relevage** pour les dimensionnements de 2 à 10 EH est un

Ouvrage/Organe concerné	Action d'entretien à réaliser	Fréquence
<b>Poste de relevage</b> (à partir de 12 EH)	Inspection visuelle, nettoyage à l'eau claire et vérification du bon fonctionnement des pompes	Tous les 3 mois
	Alternance manuelle d'alimentation des filtres du premier étage	1 fois par semaine
<b>Filtres plantés</b>	Désherbage manuel	1 fois par an jusqu'au développement normal des macrophytes (environ 2 ans)
	Faucardage des macrophytes	1 fois par an lorsque leur croissance est normale
	Curage des dépôts de surface	Tous les 10 ans environ
<b>Installation complète</b>	Inspection visuelle	Tous les 6 mois

réel avantage : il n'y a donc pas de consommation électrique et aucune opération d'entretien des pompes à réaliser.

- La conception du dispositif prévoyant la succession d'un filtre à écoulement vertical puis d'un filtre à écoulement horizontal garantit normalement une **bonne épuration de l'azote** en permettant une nitrification dans le filtre vertical et une dénitrification dans le filtre horizontal.
- La possibilité de **végétaliser avec des espèces diversifiées** le filtre horizontal peut être intéressante pour les propriétaires désireux de découvrir différentes plantes aquatiques moins courantes que le célèbre roseau commun (*Phragmites communis*).
- Enfin, comme pour le poste de relevage, l'**absence d'équipement électromécanique** ou d'armoire de commande est un réel avantage, car elle simplifie l'exploitation du dispositif et réduit les coûts d'entretien et les risques de panne.

## Inconvénients

- Les filtres doivent être imperméabilisés par une **géomembrane**, dont la mise en place peut représenter une réelle difficulté de mise en œuvre en autoconstruction.
- L'**absence de dispositif d'alimentation du filtre par bâchées** implique souvent une mauvaise répartition des effluents en surface des lits ayant pour effet de solliciter toujours les mêmes zones de filtration. Ce défaut, censé être compensé au fil du temps avec le colmatage partiel de la surface du filtre, peut néanmoins poser des problèmes de cheminement préférentiel des effluents impactant l'efficacité de l'épuration. Consciente de cette mauvaise répartition des effluents en surface des filtres, la société Aquatiris proposera prochainement en option la mise en place d'un ouvrage de chasse pour l'alimentation de son dispositif. Celle-ci doit auparavant être approuvée par les pouvoirs publics et faire l'objet d'un nouvel agrément.

- L'obligation de mettre en place un **poste de relevage pour les grands dimensionnements** est un inconvénient en raison de sa consommation énergétique et de ses modalités d'entretien.
- L'**alternance hebdomadaire des vannes d'alimentation** des filtres du premier étage est une contrainte importante. À ce titre, la société Aquatiris proposera prochainement l'automatisation de l'alternance pour l'alimentation des lits. Bien que moins contraignante, cette solution présente l'inconvénient de consommer de l'énergie et nécessitera donc une alimentation électrique. Cette évolution devra elle aussi être approuvée par les pouvoirs publics et faire l'objet d'un nouvel agrément avant d'être mise sur le marché.
- Ce dispositif doit être **réalisé ou validé par le fabricant**, c'est-à-dire la société Aquatiris – ou avec l'accompagnement obligatoire pour les autoconstructeurs, ce qui peut être un inconvénient majeur en raison des incidences financières que peut avoir cette obligation (voir p. 104). Il faut toutefois reconnaître que cette disposition permet d'obtenir une extension gratuite de garantie à 10 ans sur les pièces au lieu de 2 ans pour la plupart des autres dispositifs agréés.

## Combien ça coûte ?

Selon nos informations et celles obtenues auprès de l'entreprise Aquatiris, les coûts peuvent être estimés comme suit :

- **coût de réalisation** par une entreprise (installation dimensionnée pour 5 EH, soit la plupart des habitations) : 8 000 à 11 000 € HT, hors réseau de collecte entre l'habitation et le filtre, et hors dispositif d'infiltration des effluents traités, dont le coût peut être très conséquent selon le contexte local ;
- **coût d'entretien** sur 15 ans (sans contrat d'entretien contracté auprès de l'entreprise) : < 300 € HT.

# Le dispositif Jardi-Assainissement FV<sup>19</sup> (Aquatiris)

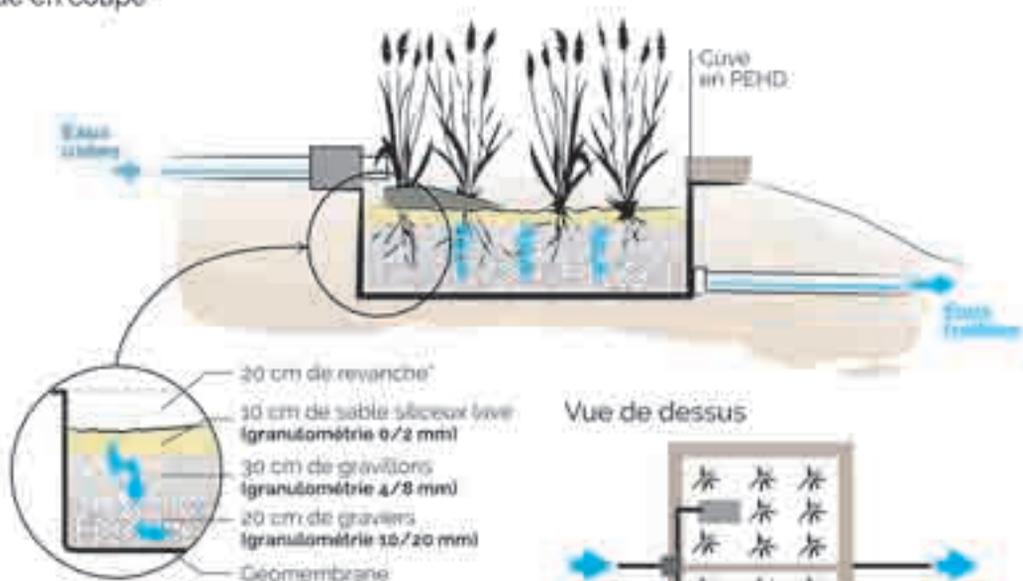
**Conception :** filtre vertical  
**Dimensionnements :** 3, 5, 6, 10, 12 et 20 EH  
**Autoconstruction :** possible, mais accompagnement obligatoire d'Aquatiris  
**Consommation électrique :** non  
**Présence d'une fosse :** non  
**Imperméabilisation des filtres :** cuve en PEHD

Le dispositif « Jardi-Assainissement FV » d'Aquatiris est un dispositif d'épuration recevant des eaux usées domestiques brutes, qui repose sur le principe d'un filtre planté de macrophytes à écoulement vertical disposé dans deux cuves distinctes préfabriquées, en polyéthylène haute densité (PEHD). Les cuves sont alimentées en alternance et fonctionnent toutes les deux de façon indépendante comme des filtres instaurés à écoulement vertical. Chaque cuve est alimentée par un réseau d'alimentation gravitaire.

<sup>19</sup> FV : filtre vertical.

## Le dispositif « Jardi-Assainissement FV »

Vue en coupe :



\*Revanche : espace vertical vide entre l'arrivée d'eau et le haut du substrat.

Contrairement au dispositif «Jardi-Assainissement FV + FH» du même fabricant, celui-ci n'est pas équipé d'un filtre horizontal en sortie de filtre vertical. Le rejet des effluents traités est donc envisageable immédiatement à la sortie du filtre vertical.

## Substrats utilisés

**Filtre vertical** (du fond vers la surface) :

- 20 cm de graviers de granulométrie 10/20 mm ;
- 30 cm de gravillons de granulométrie 4/8 mm ;
- 10 cm de sable siliceux lavé de granulométrie 0/2 mm<sup>20</sup> ;
- 20 cm de revanche (espace vertical entre l'arrivée d'eau et le haut du substrat).

## Type de végétaux

Roseau commun (*Phragmites communis*).  
Densité de plantation : 6 plants/m<sup>2</sup>.

## Dimensionnement

Ce dispositif est agréé uniquement pour les installations dimensionnées pour 3, 5, 6, 10, 12 et 20 EH.

<sup>20</sup> Voir fourchettes de tolérance de granulométrie indiquées dans le «Guide de l'utilisateur».

## Attention !

Pour les dispositifs dimensionnés pour 10, 12 et 20 EH, l'alimentation se fait obligatoirement par un poste de relevage présentant les caractéristiques suivantes :

- volume : 255 l ;
- puissance : 550 W.

## Dispositions réglementaires obligatoires

Voici les dispositions réglementaires applicables au dispositif Jardi-Assainissement FV.

- Obligation de respecter une **distance minimale de 5 m par rapport à l'habitation** pour limiter les risques sanitaires (nuisances olfactives notamment). Cette distance est portée à **10 m** pour les modèles dimensionnés pour 6, 10 et 12 personnes et à **30 m** pour les modèles dimensionnés pour 20 personnes.
- Nécessité de mettre en place une **grille permanente horizontale** de maillage 5 x 5 cm maximum sur le filtre vertical afin d'éviter tout contact accidentel avec des eaux usées.
- Obligation d'équiper l'ensemble du dispositif d'une **clôture permanente** d'une hauteur de 0,80 m minimum afin de limiter l'accès aux filtres et de bien délimiter visuellement la zone de traitement des eaux usées.

Dimensionnement	3 EH	5 EH	6 EH	10 EH	12 EH	20 EH
<b>Nb de cuves et nb de lits</b>	1 cuve cloisonnée en 2 lits	2 cuves pour 2 lits (1 cuve par lit)	2 cuves pour 2 lits (1 cuve par lit)	4 cuves pour 2 lits (2 cuves par lit)	4 cuves pour 2 lits (2 cuves par lit)	8 cuves pour 2 lits (4 cuves par lit)
<b>Longueur d'une cuve</b>	2,98 m	2,50 m	2,98 m	2,50 m	2,98 m	2,50 m
<b>Largeur d'une cuve</b>	2,40 m					
<b>Profondeur d'une cuve</b>	0,93 m					
<b>Surface utile par cuve</b>	6,07 m <sup>2</sup>	5,02 m <sup>2</sup>	6,07 m <sup>2</sup>	5,02 m <sup>2</sup>	6,07 m <sup>2</sup>	5,02 m <sup>2</sup>
<b>Surface totale</b>	6,07 m <sup>2</sup>	10,03 m <sup>2</sup>	12,13 m <sup>2</sup>	20,06 m <sup>2</sup>	24,27 m <sup>2</sup>	40,12 m <sup>2</sup>

Ouvrage/ Organe concerné	Action d'entretien à réaliser	Fréquence
Poste de relevage (à partir de 10 EH)	Inspection visuelle, nettoyage à l'eau claire, vérification du bon fonctionnement des pompes	Tous les 3 mois
	Alternance manuelle d'alimentation des filtres du premier étage	1 fois par semaine
Filtres plantés	Désherbage manuel	1 fois par an jusqu'au développement normal des macrophytes (environ 2 ans)
	Faucardage des macrophytes	1 fois par an lorsque leur croissance est normale
	Curage des dépôts de surface	Tous les 10 ans environ
Installation complète	Inspection visuelle	Tous les 6 mois

- Obligation de **faire réaliser ou valider les travaux par le fabricant**, c'est-à-dire la société Aquatiris (ou par les installateurs agréés). L'accompagnement est obligatoire pour les autoconstructeurs.

## Entretien et maintenance du dispositif

En plus des règles d'entretien communes à tous les dispositifs (voir p. 76), le dispositif Jardi-Assainissement FV d'Aquatiris est composé de deux filtres au premier étage dont l'alimentation doit être alternée de façon hebdomadaire, à l'aide de **vannes manuelles**, ce qui peut devenir une véritable contrainte.

À la différence d'un système d'assainissement traditionnel (composé d'une fosse toutes eaux), il n'y a pas de vidange de boues à réaliser. Celle-ci est remplacée par un **curage des filtres**, sur lesquels se déposent les matières en suspension. La fréquence de ce curage est évaluée à 10 ans par le fabricant.

Enfin, concernant les ouvrages plus classiques comme les **regards** et le **poste de relevage** (lorsqu'il est nécessaire), l'entretien se résume à une inspection régulière visant à vérifier leur bon état de fonctionnement.

## Avantages

- Ce dispositif en cuve préfabriquée, composé d'un unique étage de filtration, est sans doute le **système le plus réduit et le plus simplifié** du marché, dans sa conception et son fonctionnement. D'ailleurs sa conception en cuve est un avantage, car sa mise en œuvre est considérablement simplifiée en comparaison de la mise en place d'une géomembrane.
- **L'absence de fosse toutes eaux** en amont des filtres plantés peut être considérée comme un avantage car elle réduit les opérations d'entretien et de gestion des boues. Bien que les filtres nécessitent un curage des dépôts de surface, les matières extraites sont partiellement humifiées et ne présentent pas les inconvénients des boues septiques extraites de fosses (mauvaises odeurs, risques sanitaires, etc.).
- **L'absence de poste de relevage** pour les dimensionnements de 3 à 6 EH est un réel avantage : il n'y a pas de consommation électrique et aucune opération d'entretien des pompes n'est à réaliser.
- Enfin, comme pour le poste de relevage, **l'absence d'équipement électromécanique** ou d'armoire de commande est un réel avantage car elle simplifie l'exploitation du dispositif et réduit les coûts d'entretien et les risques de panne.

## Inconvénients

- Comme pour le dispositif Jard-Assainissement FV + FH, l'**absence de dispositif d'alimentation du filtre par bâchées** implique souvent une mauvaise répartition des effluents en surface des lits ayant pour effet de solliciter toujours les mêmes zones de filtration. Ce défaut, censé être compensé au fil du temps avec le colmatage partiel de la surface du filtre, peut néanmoins poser des problèmes de cheminement préférentiel des effluents impactant l'efficacité de l'épuration. Consciente de cette mauvaise répartition des effluents en surface des filtres, la société Aquatiris proposera prochainement en option la mise en place d'un ouvrage de chasse pour l'alimentation de son dispositif. Celle-ci doit auparavant être

approuvée par les pouvoirs publics et faire l'objet d'un nouvel agrément.

- L'**alternance hebdomadaire des vannes d'alimentation** des filtres du premier étage est une contrainte importante. À ce titre, la société Aquatiris proposera prochainement l'automatisation de l'alternance pour l'alimentation des lits. Bien que moins contraignante, cette solution présente l'inconvénient de consommer de l'énergie et nécessitera donc une alimentation électrique. Cette évolution devra elle aussi être approuvée par les pouvoirs publics et faire l'objet d'un nouvel agrément avant d'être mise sur le marché.
- L'obligation de mettre en place un **poste de relevage pour les grands dimensionnements** est un inconvénient en raison de sa consommation énergétique et de ses modalités d'entretien.

*Un dispositif Jard-Assainissement FV tout juste planté et prêt à recevoir les eaux usées.*



- Ce dispositif doit être réalisé ou validé par le fabricant, c'est-à-dire la société Aquatiris – ou avec l'accompagnement obligatoire pour les autoconstructeurs, ce qui peut être un inconvénient majeur en raison des incidences financières que peut avoir cette obligation. Il faut toutefois reconnaître que cette disposition permet d'obtenir une extension gratuite de garantie à 10 ans sur les pièces au lieu de 2 ans pour la plupart des autres dispositifs agréés.

(installation dimensionnée pour 5 EH, soit la plupart des habitations): 8 000 à 11 000 € HT, hors réseau de collecte entre l'habitation et le filtre, et hors dispositif d'infiltration des effluents traités, dont le coût peut être très conséquent selon le contexte local ;

- **coût d'entretien** sur 15 ans (sans contrat d'entretien contracté auprès de l'entreprise): < 300 € HT.

## Combien ça coûte ?

Selon nos informations et celles obtenues auprès de l'entreprise Aquatiris, les coûts peuvent être estimés comme suit :

- **coût de réalisation** par une entreprise

*Ce système très simplifié repose sur la mise en place de deux cuves préfabriquées remplies de granulats et plantées.*



### Un filtre planté de macrophytes pour une résidence secondaire

#### PRÉSENTATION DU DISPOSITIF

Propriétaire: M. Michaudet

Département: Var (83)

Type d'eaux usées: eaux usées domestiques

Dimensionnement: 5 EH

#### CONCEPTION DE L'INSTALLATION

- Réseau de collecte.
- Dispositif agréé Jardi-Assainissement FV 5 EH du fabricant Aquatiris.
- Évacuation des effluents traités par irrigation souterraine des végétaux grâce à une tranchée végétalisée d'environ 33 m de long par environ 2 m de large.

#### QUELLES ONT ÉTÉ LES RAISONS QUI VOUS ONT POUSSÉ À CHOISIR LA PHYTOÉPURATION ?

Conformément à la réglementation applicable, après l'achat de la maison en avril 2015, il a fallu réhabiliter l'installation d'assainissement non collectif existante qui n'était plus aux normes. Compte tenu du contexte de la parcelle (pentes, nature du sol, etc.), un dispositif d'assainissement traditionnel aurait nécessité un poste de relevage et la reconstitution d'un massif filtrant artificiel. Un dispositif de phytoépuration permettait de s'affranchir de ces contraintes et présentait un intérêt décoratif séduisant, même si les travaux de terrassement s'annonçaient importants.

#### QUELLE A ÉTÉ LA MARCHÉ À SUIVRE ?

Cela a été assez simple à partir du moment où nous avons trouvé le bon interlocuteur, mais compte tenu de notre localisation géographique et de l'absence de représentant de la société Aquatiris à proximité, ça n'a pas été évident.

Toutes les démarches administratives ont débuté à l'automne 2015, après être entré en relation avec le **responsable géogra-**

**phique chez Aquatiris.** Suite à l'expertise de ce dernier, le rapport a été reçu assez rapidement, et l'autorisation de travaux a été très vite obtenue auprès du **Service public d'assainissement non collectif (SPANC).** Ensuite, l'entreprise de travaux affiliée à la société Aquatiris a établi un devis soit pour des travaux « clé en main » soit en autoconstruction. En ce qui concerne la tarification, le devis était on ne peut plus flou: aucun frais de déplacement n'était mentionné, aucun prix n'était indiqué concernant les granulats, le gravier et le sable, etc. Nous nous sommes finalement orientés vers des travaux en autoconstruction, notamment parce que le prix des fournitures était plus raisonnable.

#### QUEL BILAN POUVEZ-VOUS DRESSER AUJOURD'HUI ?

Même si nous avons très peu de recul (la mise en service étant récente), le dispositif d'épuration en lui-même est parfaitement convaincant, le fonctionnement est simple et efficace. En revanche, je regrette que, en raison de notre situation géographique, et du maillage du territoire par la société Aquatiris, leurs délais d'intervention aient été très longs. Si je n'avais pas été correctement épaulé par mon entourage, la situation aurait été beaucoup plus compliquée...

*Jardin d'assainissement Aquatiris.*



# Le dispositif AutoEpure® (Epur Nature)

**Conception** : filtre vertical suivi d'un filtre horizontal

**Dimensionnements** : 5, 8, 10, 15 et 20 EH

**Autoconstruction** : possible

**Consommation électrique** : oui

**Présence d'une fosse** : oui

**Imperméabilisation des filtres** : géomembrane

Le dispositif « AutoEpure® » du fabricant Epur Nature est un dispositif d'épuration recevant des eaux usées qui repose sur le principe d'un traitement primaire par une fosse toutes eaux, suivie d'un filtre planté de macrophytes combinant – dans le même dispositif – un compartiment à écoulement vertical et un compartiment à écoulement horizontal. Le filtre est imperméabilisé par une géomembrane étanche et l'alimentation depuis la fosse s'effectue

au moyen d'une pompe. Les eaux sont ensuite réparties par un réseau de rampes souterraines situées à l'intérieur d'une couche de granulats.

## Substrats utilisés

**Filtre vertical** (du fond vers la surface) :

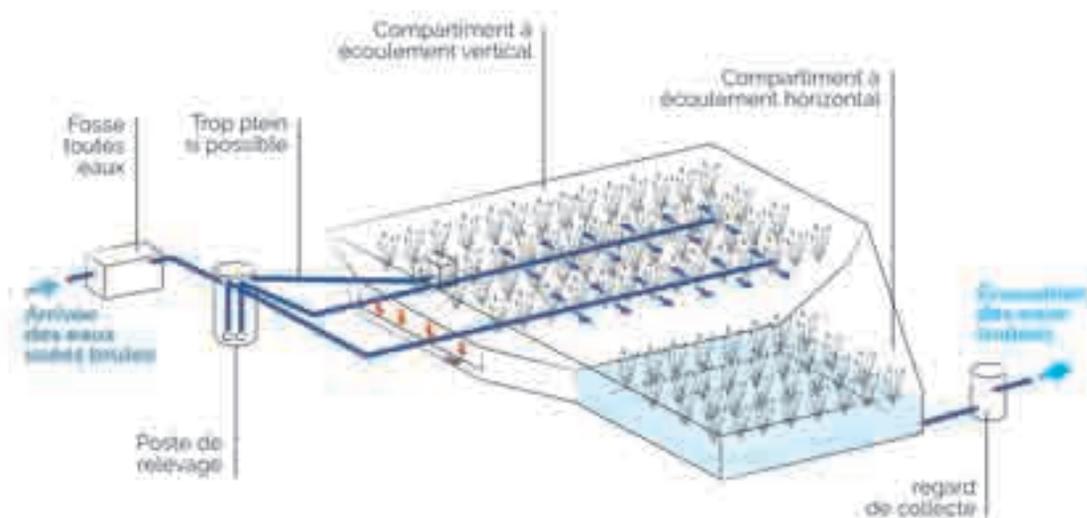
- 30 à 35 cm de sable de granulométrie 0/4 mm<sup>21</sup> ;
- 10 cm de graviers de répartition de granulométrie 10/20 ou 15/25 mm ;
- 5 à 10 cm de compost végétal.

**Filtre horizontal** (du fond vers la surface) :

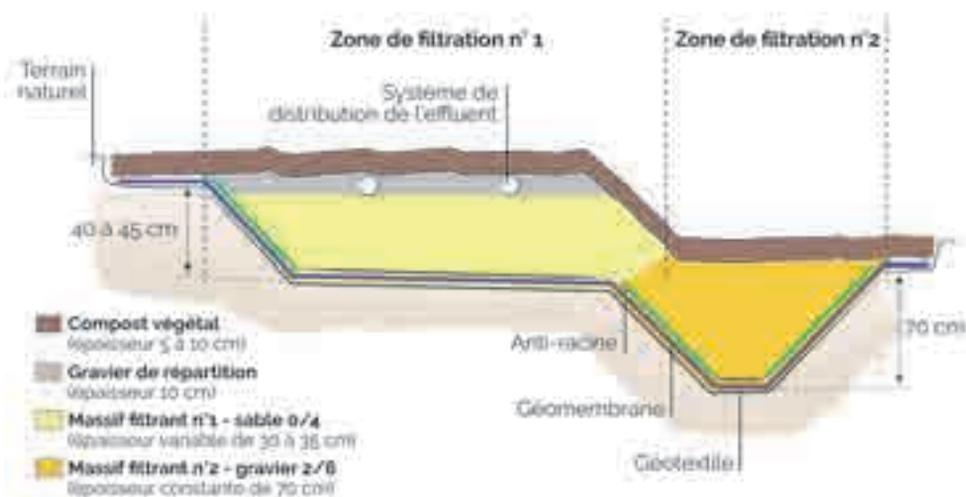
- 70 cm de graviers de granulométrie 2/6 mm ;
- 5 à 10 cm de compost végétal.

<sup>21</sup> Voir fourchettes de tolérance de granulométrie indiquées dans le « Guide de l'utilisateur ».

## Vue générale du dispositif AutoEpure®



## Les différents substrats du système AutoEpure®



## Type de végétaux

**Filtre vertical :** Roseau commun (*Phragmites communis*). Densité de plantation : 4 plants/m<sup>2</sup>.

**Filtre horizontal :** Roseau commun (*Phragmites communis*). Densité de plantation : 4 plants/m<sup>2</sup>.

## Dimensionnement

Ce dispositif est agréé pour les installations dimensionnées pour 5, 8, 10, 15 ou 20 EH (voir tableau ci-dessous).

Dimensionnement	5 EH	8 EH	10 EH	15 EH	20 EH
<b>Fosse toutes eaux</b>					
<b>Volume</b>	3 000 l	4 000 l	5 000 l	7 500 l	10 000 l
<b>Poste de relevage</b>					
<b>Capacité</b>	60 l	60 l	150 l	300 l	500 l
<b>Puissance</b>	550 W	550 W	1 100 W	1 100 W	1 100 W
<b>Fréquence et durée de fonctionnement</b>	22 démarrages de 46 secondes chacun par jour (soit 17 minutes de fonctionnement par jour)				
<b>Filtre vertical</b>					
<b>Longueur*</b>	3,75 m	6 m	7,5 m	11,3 m	15 m
<b>Largeur*</b>	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m
<b>Surface*</b>	15 m <sup>2</sup>	24 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup>	45 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup>
<b>Filtre horizontal</b>					
<b>Longueur</b>	3,15 m	5,4 m	6,9 m	10,7 m	14,4 m
<b>Largeur</b>	1,6 m	1,45 m	1,45 m	1,4 m	1,4 m
<b>Surface</b>	5 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>

## Dispositions réglementaires obligatoires

Le dispositif AutoEpure® n'est pas concerné par les dispositions réglementaires obligatoires habituellement applicables aux autres dispositifs de phytoépuration (voir p. 76). En effet, l'alimentation du filtre se fait au moyen d'un réseau de rampes souterraines situées à l'intérieur d'une couche de granulats de 10 cm d'épaisseur. De ce fait, aucun contact avec les eaux usées n'est possible. La réglementation n'impose donc pas de dispositions particulières, comme c'est pourtant le cas pour les dispositifs de phytoépuration mettant à l'air libre les eaux usées.

## Entretien et maintenance du dispositif

Comme les dispositifs d'assainissement traditionnels, le dispositif AutoEpure® du fabricant Epur Nature est composé d'une **fosse toutes eaux**, qui nécessite un entretien régulier. Celui-ci consiste à une inspection visuelle et au nettoyage de son préfiltre, une fois par an environ. Par ailleurs, il est également nécessaire de faire procéder à une vidange de la fosse par une société de vidange agréée, dès

que le niveau des boues dépasse 50 % de la hauteur d'eau. D'après le fabricant, cette vidange est à réaliser tous les 26 mois environ.

Enfin, le **poste de relevage** doit, selon le fabricant, être inspecté et nettoyé à l'eau claire tous les trimestres.

## Avantages

- La présence d'une fosse comme traitement primaire ainsi que d'un poste de relevage garantit au filtre une **alimentation sous pression souterraine** (dans le granulat), ce qui permet d'éviter tout contact visuel avec les eaux usées brutes et avec d'éventuels dépôts de surface (comme c'est le cas pour d'autres dispositifs).
- L'alimentation par bâchées *via* le poste de relevage et le maillage des rampes d'alimentation permet une **alimentation homogène de toute la surface du filtre** à écoulement vertical, ce qui optimise incontestablement l'épuration.
- La conception du dispositif (succession d'un filtre à écoulement vertical, puis d'un filtre à écoulement horizontal) garantit normalement une **bonne épuration de l'azote** en permettant une nitrification dans le filtre vertical et une dénitrification dans le filtre horizontal.

Ouvrage/Organe concerné	Action d'entretien à réaliser	Fréquence
Fosse toutes eaux	Contrôle visuel et nettoyage du préfiltre	1 fois par an
	Vidange des boues	Tous les 26 mois
Poste de relevage	Inspection visuelle et nettoyage à l'eau claire	Tous les trimestres
	Visite d'entretien des pompes	1 fois par an
Filtres plantés	Désherbage manuel	1 fois par an jusqu'au développement normal des macrophytes (environ 2 ans)
	Faucardage des macrophytes	1 fois par an lorsque leur croissance est normale
Installation complète	Inspection visuelle	1 fois par an

- Comme nous l'avons déjà mentionné, l'**absence de dispositions réglementaires particulières** habituellement applicables aux dispositifs de phytoépuration mettant à l'air libre des eaux usées est un réel avantage pour ce dispositif.

## Inconvénients

- La présence d'une **fosse toutes eaux** en amont du dispositif de phytoépuration peut être considérée comme un inconvénient en raison notamment de l'**entretien** qu'elle nécessite (gestion des boues).
- La présence d'un **poste de relevage** pour l'alimentation sous pression du filtre (et bien qu'elle soit un avantage pour l'optimisation de la répartition des effluents) représente un inconvénient au regard de la **consommation électrique** qu'elle génère et de l'**entretien** qu'elle nécessite.
- Les filtres doivent être imperméabilisés par une **géomembrane** dont la mise en

place peut représenter une réelle difficulté, surtout en autoconstruction. De plus, le profil du fond du filtre, non linéaire, constitue une importante difficulté de réalisation supplémentaire.

## Combien ça coûte ?

Selon nos informations et celles obtenues auprès de l'entreprise Epur Nature, les coûts peuvent être estimés comme suit :

- **coût de réalisation** (installation dimensionnée pour 5 EH, soit la plupart des habitations) : 8 000 à 10 000 € HT, hors réseau de collecte entre l'habitation et le filtre, et hors dispositif d'infiltration des effluents traités, dont le coût peut être très conséquent selon le contexte local ;
- **coût d'entretien** sur 15 ans (sans contrat d'entretien contracté auprès de l'entreprise) : environ 1 500 € HT (consommation électrique et vidange de la fosse, notamment).

*Inflorescence du roseau commun.*



# Le dispositif Ecophyltre® (Opure/Jean Voisin)

**Conception :** filtre vertical  
**Dimensionnements :** 4, 5, 7 et 10 EH  
**Autoconstruction :** possible  
**Consommation électrique :** oui  
**Présence d'une fosse :** non  
**Imperméabilisation des filtres :** cuve PRV (polyester renforcé de fibres de verre)

Le dispositif « Ecophyltre® » du fabricant Jean Voisin est un système d'épuration recevant des eaux usées domestiques brutes, reposant sur le principe d'un **filtre planté de macrophytes à écoulement vertical** disposé dans **deux cuves distinctes préfabriquées**, en polyester renforcé de fibres de verre (PRV). Les cuves sont alimentées en eaux usées brutes par un **poste de relevage** assurant l'alternance d'alimentation des deux filtres.

La particularité de ce dispositif réside dans le matériau filtrant utilisé : la **Mayennite®**. Il s'agit d'un granulat alvéo-

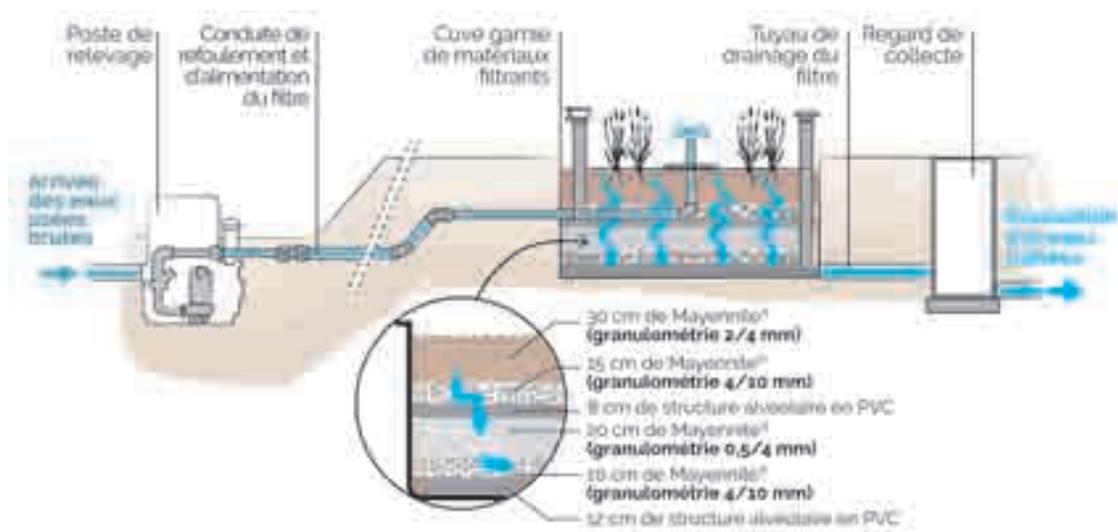
laire poreux issu de l'expansion de schistes (modification artificielle à haute température). Il présente l'avantage d'offrir une importante surface d'échange et de colonisation par les micro-organismes épurateurs grâce aux nombreuses porosités qui le constituent.

## Substrats utilisés

**Filtre vertical** (du fond vers la surface) :

- 12 cm de structure alvéolaire en PVC ;
- 10 cm de Mayennite® de granulométrie 4/10 mm ;
- 20 cm de Mayennite® de granulométrie 0,5/4 mm ;
- 8 cm de structure alvéolaire en PVC ;
- 15 cm de Mayennite® de granulométrie 4/10 mm ;
- 30 cm de Mayennite® de granulométrie 2/4 mm.

## Le dispositif Ecophyltre®, vue en coupe



Dimensionnement	4 EH (cuve trapézoïdale)	5 EH (cuve cylindrique)	7 EH (cuve cylindrique)	10 EH (cuve cylindrique)
<b>Poste de relevage</b>				
Capacité	230 l	500 l	500 l	500 l
Puissance	550 W	550 W	550 W	1 100 W
Fréquence et durée de fonctionnement	8 démarrages de 45 secondes chacun par jour (soit 6 minutes de fonctionnement par jour)	8 démarrages de 45 secondes chacun par jour (soit 6 minutes de fonctionnement par jour)	8 démarrages de 59 secondes chacun par jour (soit 8 minutes de fonctionnement par jour)	8 démarrages de 42 secondes chacun par jour (soit 6 minutes de fonctionnement par jour)
<b>Filtres</b>				
Nb de filtres (= nb de cuves)	2			
Longueur d'une cuve*	2,10 m	-	-	-
Largeur d'une cuve*	1,35 m	-	-	-
Diamètre d'une cuve**	-	2,02 m	2,32 m	2,02 m
Profondeur d'une cuve	1,20 m			
Surface utile par cuve	2,4 m <sup>2</sup>	3,22 m <sup>2</sup>	4,25 m <sup>2</sup>	3,22 m <sup>2</sup>

\* Pour la cuve trapézoïdale. \*\* Pour les cuves cylindriques.

*Le dispositif Ecophyltre® en 5 EH.*



## Types de végétaux

Roseau commun (*Phragmites communis*).  
Densité de plantation : 6 plants/m<sup>2</sup>.

## Dimensionnement

Ce dispositif est agréé pour les installations dimensionnées pour 4, 5, 7 et 10 EH (voir tableau p. 96).

## Dispositions réglementaires obligatoires

Voici les dispositions réglementaires applicables au dispositif Ecophyltre® :

- Obligation de respecter une **distance minimale de 5 m par rapport à l'habitation** pour limiter les risques sanitaires (nuisances olfactives notamment). Pour les modèles dimensionnés pour 7 et 10 personnes, cette distance est portée à 10 m.
- Nécessité de mettre en place une **grille permanente** horizontale de maillage 5 x 5 cm maximum sur le filtre vertical afin d'éviter tout contact accidentel avec des eaux usées.
- Obligation d'équiper l'ensemble du dispositif d'une **clôture permanente** d'une hauteur de 0,80 m minimum afin de limiter l'accès aux filtres et de bien

délimiter visuellement la zone de traitement des eaux usées.

- Enfin, des prescriptions techniques supplémentaires peuvent être fixées localement par le préfet de votre département ou par le maire de votre commune.

## Entretien et maintenance du dispositif

À la différence d'un système d'assainissement traditionnel (composée d'une fosse toutes eaux), il n'y a pas de vidange de boues à réaliser ici. Celle-ci est remplacée par un **curage des filtres** sur lesquels se déposent les matières en suspension. La fréquence de ce curage est évaluée à 8 ans par le fabricant.

Enfin, concernant les ouvrages plus classiques comme les **regards** et le **poste de relevage**, l'entretien se résume à une inspection régulière, environ tous les trimestres, afin de vérifier leur bon état de fonctionnement.

## Avantages

- **L'absence de fosse toutes eaux en amont** des filtres plantés peut être considérée comme un avantage car elle réduit les opérations d'entretien et de gestion des

Ouvrage/Organe concerné	Action d'entretien à réaliser	Fréquence
Poste de relevage	Inspection visuelle et nettoyage à l'eau claire et vérification du bon fonctionnement des pompes	Tous les trimestres
	Désherbage manuel	1 à 2 fois par an jusqu'au développement normal des macrophytes (environ 2 ans)
Filtres plantés	Faucardage des macrophytes	1 fois par an lorsque leur croissance est normale
	Ratissage/scarification* de la surface du filtre	Quand nécessaire (stagnation d'eau)
	Curage des dépôts de surface	Tous les 8 ans environ
Installation complète	Inspection visuelle	1 fois par an

\* Griffage de la surface du substrat.

boues. Bien que les filtres nécessitent un curage des dépôts de surface, les matières extraites sont partiellement humifiées et ne présentent pas les inconvénients des boues septiques extraites des fosses (mauvaises odeurs, risques sanitaires, etc.).

- La conception de ce dispositif, en **cuves préfabriquées**, composé d'un unique étage de filtration, est un avantage car sa mise en œuvre est simplifiée en comparaison de la mise en place d'une géomembrane.

- L'**alimentation par bâchées** grâce au poste de relevage permet une alimentation homogène de toute la surface du filtre à écoulement vertical, ce qui permet d'optimiser l'épuration.

## Inconvénients

- La présence d'un **poste de relevage** pour l'alimentation sous pression du filtre, bien qu'elle soit un avantage pour l'opti-

misation de la répartition des effluents, représente un inconvénient au regard de la **consommation électrique** qu'elle génère et de son **entretien**.

## Combien ça coûte ?

Selon nos informations et celles obtenues auprès de l'entreprise Jean Voisin, les coûts peuvent être estimés comme suit :

- **coût de réalisation** (installation dimensionnée pour 5 EH, soit la plupart des habitations) : 8 000 à 10 000 € HT, hors réseau de collecte entre l'habitation et le filtre, et hors dispositif d'infiltration des effluents traités, dont le coût peut être très conséquent selon le contexte local ;
- **coût d'entretien** sur 15 ans (sans contrat d'entretien contracté auprès de l'entreprise) : 1 000 à 1 500 € HT (consommation électrique et entretien du poste de relevage, notamment).

*Le dispositif Ecophyltre® en 4 EH.*



# Le dispositif Phytostation Recycl'eau (Blueset)

**Conception :** filtre vertical suivi d'un filtre horizontal

**Dimensionnement :** 6 EH

**Autoconstruction :** possible, mais accompagnement obligatoire par Blueset

**Consommation électrique :** non

**Présence d'une fosse :** non

**Imperméabilisation des filtres :** géomembrane

Le dispositif « Phytostation Recycl'eau » du fabricant Blueset (anciennement Recycl'eau) est un dispositif d'épuration breveté recevant des eaux usées domes-

tiques brutes, reposant sur le principe d'une succession de **deux filtres plantés de macrophytes** :

- le premier est un filtre à écoulement vertical ;
- le second est un filtre à écoulement horizontal.

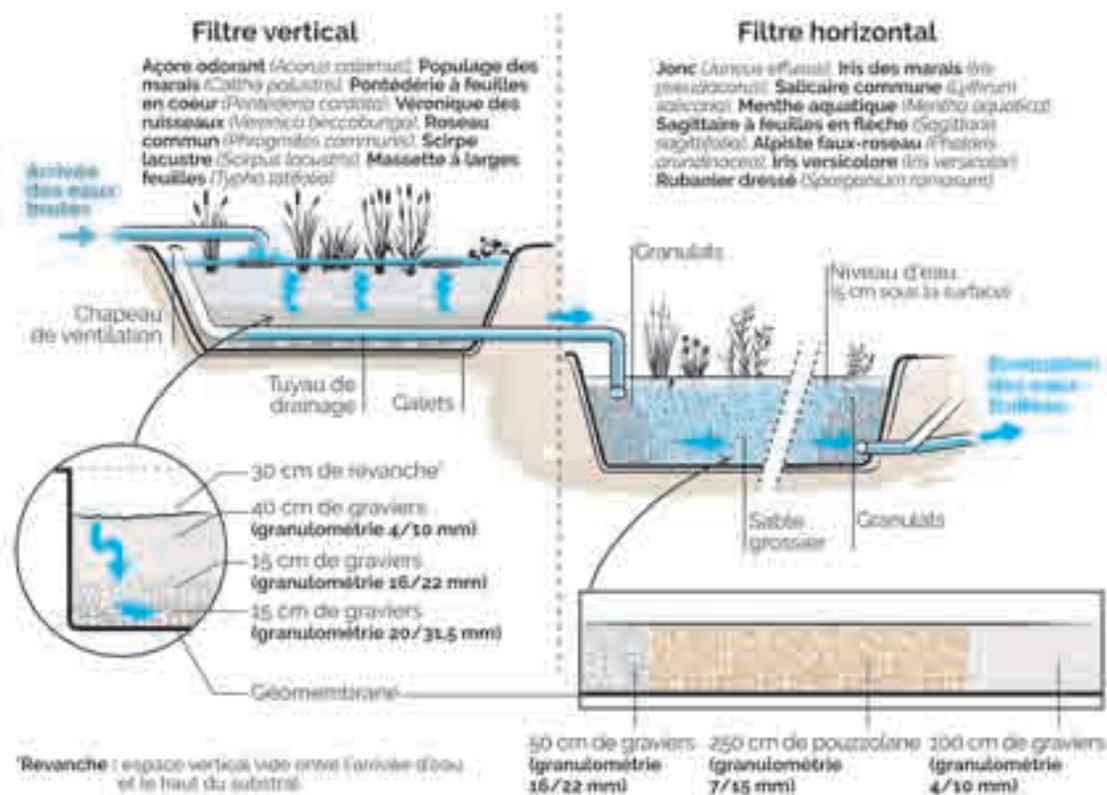
Les deux niveaux sont imperméabilisés par une **géomembrane**.

Le **filtre vertical** est insaturé, c'est-à-dire qu'il n'est pas rempli d'eau. Les eaux usées

sont réparties à la surface du filtre par un réseau de rampes d'alimentation et percolent ensuite dans le massif filtrant.

En fond de filtre, les effluents sont drainés

## Le dispositif Phytostation



puis orientés vers le **filtre horizontal**, lequel est saturé : le niveau d'eau est maintenu 5 cm en dessous de la surface environ.

## Substrats utilisés

**Filtre vertical** (du fond vers la surface) :

- 15 cm de graviers de granulométrie 20/31,5 mm ;
- 15 cm de graviers de granulométrie 16/22 mm ;
- 40 cm de graviers de granulométrie 4/10 mm ;
- 30 cm de revanche (espace vertical vide entre l'arrivée d'eau et le haut du substrat).

**Filtre horizontal** (de l'amont vers l'aval, sur une hauteur de 50 cm, + 10 cm de revanche) :

- 50 cm de graviers de granulométrie 16/22 mm ;
- 250 cm de pouzzolane de granulométrie 7/15 mm ;
- 100 cm de graviers de granulométrie 4/10 mm.

## Végétaux utilisés

**Filtre vertical** : Açore odorant (*Acorus calamus*), Populage des marais (*Caltha palustris*), Pontédérie à feuilles en cœur (*Pontederia cordata*), Véronique des ruisseaux (*Veronica beccabunga*), Roseau commun (*Phragmites communis*), Scirpe lacustre (*Scirpus lacustris*), Massette à larges feuilles (*Typha latifolia*).

Densité de plantation : 6 plants/m<sup>2</sup>.

**Filtre horizontal** : Jonc (*Juncus effusus*), Iris des marais (*Iris pseudacorus*), Salicaire commune (*Lythrum salicaria*), Menthe aquatique (*Mentha aquatica*), Sagittaire à feuilles en flèche (*Sagittaria sagittifolia*), Alpiste faux-roseau (*Phalaris arundinacea*), Iris versicolore (*Iris versicolor*), Rubanier dressé (*Sparganium erectum*).

Densité de plantation : 6 plants/m<sup>2</sup>.

## Dimensionnement

Bien qu'une procédure dite d' « extrapolation » soit en cours pour l'autoriser

Le dispositif Phytostation Recycl'eau (à gauche le filtre vertical, à droite le filtre horizontal).



pour une plus large gamme de dimensionnements, en 2016 ce dispositif était uniquement agréé pour les installations dimensionnées pour 6 EH.

Dimensionnement	6 EH
<b>Filtre vertical</b>	
Nb de lits	1
Longueur	3,16 m
Largeur	3,16 m
Profondeur	0,70 m
Surface	10 m <sup>2</sup>
<b>Filtre horizontal</b>	
Nb de lits	1
Longueur	4,05 m
Largeur	2 m
Profondeur	0,50 m
Surface	8 m <sup>2</sup>

## Dispositions réglementaires obligatoires

Voici les dispositions réglementaires applicables au dispositif Phytostation Recycl'eau.

- Obligation de respecter une **distance minimale de 10 m par rapport à l'habitation** pour limiter les risques sanitaires (nuisances olfactives notamment).
- Nécessité de mettre en place une **grille**

**permanente horizontale** de maillage 5 x 5 cm maximum sur le filtre vertical afin d'éviter tout contact accidentel avec des eaux usées.

- Obligation de **protéger le tuyau d'arrivée des effluents** sur le filtre horizontal en l'enterrant dans une couche de graviers de 16/22 mm à 10 cm de profondeur de la surface du filtre minimum. Ce tuyau doit être maintenu par des agrafes plantées tous les 30 cm puis recouvert d'un minimum de 20 cm de terre végétale.
- Obligation d'équiper l'ensemble du dispositif d'une **clôture permanente** d'une hauteur de 0,80 m minimum afin de limiter l'accès aux filtres et de bien délimiter visuellement la zone de traitement des eaux usées.
- Obligation de **faire réaliser ou valider les travaux par le fabricant**, c'est-à-dire la société Blueset (ou par les installateurs agréés). L'accompagnement est obligatoire pour les autoconstructeurs.

## Entretien et maintenance du dispositif

À la différence d'un système d'épuration traditionnel (composé d'une fosse toutes eaux), il n'y a pas de vidange de boues à réaliser. Celle-ci est remplacée par un **curage du filtre du premier étage** sur lequel se déposent les matières en suspen-

Ouvrage/Organe concerné	Action d'entretien à réaliser	Fréquence
<b>Poste de relevage (s'il est nécessaire)</b>	Inspection visuelle, nettoyage à l'eau claire, vérification du bon fonctionnement des pompes	Tous les 6 mois
<b>Filtres plantés</b>	Désherbage manuel	1 fois par an jusqu'au développement normal des macrophytes (environ 2 ans)
	Faucardage des macrophytes	1 fois par an lorsque leur croissance est normale
	Ratissage/scarification de la surface du filtre	Quand nécessaire (stagnation d'eau)
	Curage des dépôts de surface	Tous les 10 ans environ
<b>Installation complète</b>	Inspection visuelle	Tous les 6 mois

sion. La fréquence de ce curage est évaluée à 10 ans par le fabricant. Toutefois, d'après les retours d'expériences dont nous disposons à ce jour, la fréquence de curage des dépôts de surface pourrait être portée à 20 ou 25 ans pour des installations fonctionnant de façon optimale.

Enfin, concernant les ouvrages plus classiques comme les regards et le poste de relevage (nécessaire seulement si la topographie du site l'exige), l'entretien se résume à une inspection régulière afin de vérifier leur bon état de fonctionnement.

## Avantages

- L'absence de fosse toutes eaux en amont des filtres plantés peut être considérée comme un avantage car elle réduit les opérations d'entretien et de gestion des boues. Bien que les filtres nécessitent un curage des dépôts de surface, les matières extraites sont partiellement humifiées et ne présentent pas les inconvénients des boues septiques extraites de fosses (mauvaises odeurs, risques sanitaires, etc.).
- L'absence de poste de relevage est un réel avantage : il n'y a pas de consommation électrique et aucune opération d'entretien des pompes à réaliser.
- La conception du dispositif prévoyant la succession d'un filtre à écoulement vertical puis d'un filtre à écoulement horizontal garantit normalement une **bonne épuration de l'azote** en permettant une nitrification dans le filtre vertical et une dénitrification dans le filtre horizontal.
- La possibilité de végétaliser avec des **espèces diversifiées** les deux filtres peut être intéressante pour les propriétaires désireux de découvrir différentes plantes aquatiques moins courantes que le traditionnel roseau commun (*Phragmites communis*).
- Enfin, comme pour le poste de relevage, l'absence d'équipement électromécanique ou d'armoire de commande est un réel avantage, car elle simplifie l'exploitation du dispositif et réduit les coûts d'entretien et les risques de panne.

## Inconvénients

- Les filtres doivent être imperméabilisés par une **géomembrane** dont la mise en place peut constituer une réelle difficulté de mise en œuvre en autoconstruction.
- L'absence de dispositif d'alimentation du filtre par bâchées implique souvent une **mauvaise répartition des effluents en surface des lits**, ce qui a pour effet de solliciter toujours les mêmes zones de filtration. Ce défaut, censé être compensé au fil du temps avec le colmatage partiel de la surface du filtre, peut néanmoins poser des problèmes de cheminement préférentiel des effluents impactant l'efficacité de l'épuration.
- Ce dispositif doit être réalisé ou validé par le fabricant, c'est-à-dire la société Blueset, ou avec l'accompagnement obligatoire pour les autoconstructeurs, ce qui peut être un inconvénient majeur en raison des incidences financières que peut avoir cette obligation.

## Combien ça coûte ?

Selon nos informations et celles obtenues auprès de l'entreprise Blueset, les coûts peuvent être estimés comme suit :

- **coût de réalisation** (installation dimensionnée pour 5 EH, soit la plupart des habitations) : 7 000 à 9 000 € HT, hors réseau de collecte entre l'habitation et le filtre, et hors dispositif d'infiltration des effluents traités, dont le coût peut être très conséquent selon le contexte local ;
- **coût d'entretien** sur 15 ans (sans contrat d'entretien contracté auprès de l'entreprise) : < 500 € HT par an.

## Comparatif des dispositifs d'assainissement individuel agréés

Dispositifs / Critères	Jardi-Assainissement FV + FH	Jardi-Assainissement FV	AutoEpure®	Ecophyltre®	Phytostation Recycl'eau
<b>Dimensionnements agréés</b>	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18 et 20 EH	3, 5, 6, 10, 12 et 20 EH	5, 8, 10, 15 et 20 EH	4, 5, 7 et 10 EH	6 EH
<b>Présence d'une fosse</b>	Non	Non	Oui	Non	Non
<b>Fréquence de vidange des boues</b>	Curage du filtre vertical tous les 10 ans environ	Curage du filtre tous les 10 ans environ	Vidange de la fosse tous les 26 mois environ	Curage du filtre tous les 8 ans environ	Curage du filtre vertical tous les 10 ans environ
<b>Consommation électrique</b>	Non	Non	Oui	Oui	Non
<b>Coût de mise en œuvre*</b>	8 000 à 11 000 € HT (pour 5 EH)	8 000 à 11 000 € HT (pour 5 EH)	8 000 à 10 000 € HT (pour 5 EH)	8 000 à 10 000 € HT (pour 5 EH)	7 000 à 9 000 € HT (pour 6 EH)
<b>Coût d'entretien**</b>	< 300 € HT	< 300 € HT	Environ 1 500 € HT	1 000 à 1 500 € HT	< 500 € HT
<b>Autoconstruction possible</b>	Oui, mais accompagnement obligatoire par Aquatiris	Oui, mais accompagnement obligatoire par Aquatiris	Oui	Oui	Oui, mais accompagnement obligatoire par Blueset

\* Par une entreprise, hors réseau de collecte entre l'habitation et le filtre, et hors dispositif d'infiltration des effluents traités.

\*\* Sur 15 ans, sans contrat d'entretien.

# Comment passer à la phytoépuration en assainissement individuel ?

## Quels interlocuteurs ?

- En assainissement individuel, que vous souhaitiez passer à la phytoépuration ou pour toute autre question que vous pourriez vous poser, sachez que vous disposez d'un interlocuteur privilégié : le **Service public d'assainissement non collectif** (SPANC). Celui-ci est un service public obligatoirement mis en place par votre commune ou votre intercommunalité. Pour obtenir ses coordonnées, contactez votre mairie. Le personnel du SPANC est là pour vous orienter, répondre à toutes vos questions, et vous accompagner dans vos projets... de phytoépuration, par exemple.
- Ensuite, votre SPANC pourra vous orienter vers des **cabinets d'études** spécialisés dans la phytoépuration pour la conception et le dimensionnement de votre projet.
- Enfin, si le dimensionnement de votre projet l'exige, le SPANC vous communiquera les coordonnées des personnes en charge de votre dossier à la **préfecture**.

## Quel dimensionnement ?

La première question à vous poser si vous avez un projet de phytoépuration est le dimensionnement. En effet, la législation change au seuil de 20 équivalent-habitants (EH).

- **Jusqu'à 20 EH**, vous avez une obligation de moyens, c'est-à-dire que vous êtes contraints de mettre en œuvre un système agréé.
- **Au-delà de 20 EH**, vous avez une obligation de résultat : tout dispositif d'assainissement peut alors être envisagé dès lors qu'il permet d'obtenir les rendements épuratoires prévus par la réglementation<sup>22</sup>.

## La conception du projet

Une fois que cette question préalable est résolue, vous devez vous adresser à un concepteur pour votre projet.

- **Jusqu'à 20 EH** : vous devez faire appel à un bureau d'études affilié au titulaire de

<sup>22</sup> Décrits pas l'arrêté du 21 juillet 2015.

l'agrément du système que vous avez choisi (l'un des systèmes agréés tels que prévus par les textes).

- **Au-delà de 20 EH** : tout bureau d'études possédant une assurance décennale assainissement peut se constituer concepteur, à condition toutefois que les rendements épuratoires réglementaires soient atteints selon son étude.

## La validation du projet

Une fois la conception terminée, le projet doit être validé.

- Dans le cas d'un **assainissement individuel** (jusqu'à 20 EH) : seul le SPANC peut assurer cette validation, après étude de la conception.
- Dans le cas d'un **assainissement collectif** (plus de 20 EH) **ou individuel regroupé** (plusieurs voisins), deux cas se présentent :
  - si le projet est dimensionné pour plus de 200 EH, seuls les services de la préfecture peuvent le valider, mais en veillant à associer le SPANC ;
  - si le projet est dimensionné entre 21 et 200 EH, c'est au SPANC de le valider. Dans ce cas, il est tenu d'associer les services de la préfecture aux démarches.

## Les travaux

Une fois le projet validé, il faut passer aux travaux. La question est parfois un casse-tête pour les propriétaires : qui peut les réaliser ?

### Pour les dispositifs dimensionnés jusqu'à 20 EH

- Le choix de l'entreprise doit être fait en fonction des conditions définies par l'agrément ministériel.

- Si toutefois l'agrément n'impose rien, toute entreprise possédant une assurance décennale assainissement peut réaliser les travaux. Par précaution, l'avis du titulaire de l'agrément peut être sollicité.

- L'autoconstruction peut être envisagée pour certains dispositifs (voir fiches concernant les dispositifs de phytoépuration individuels).

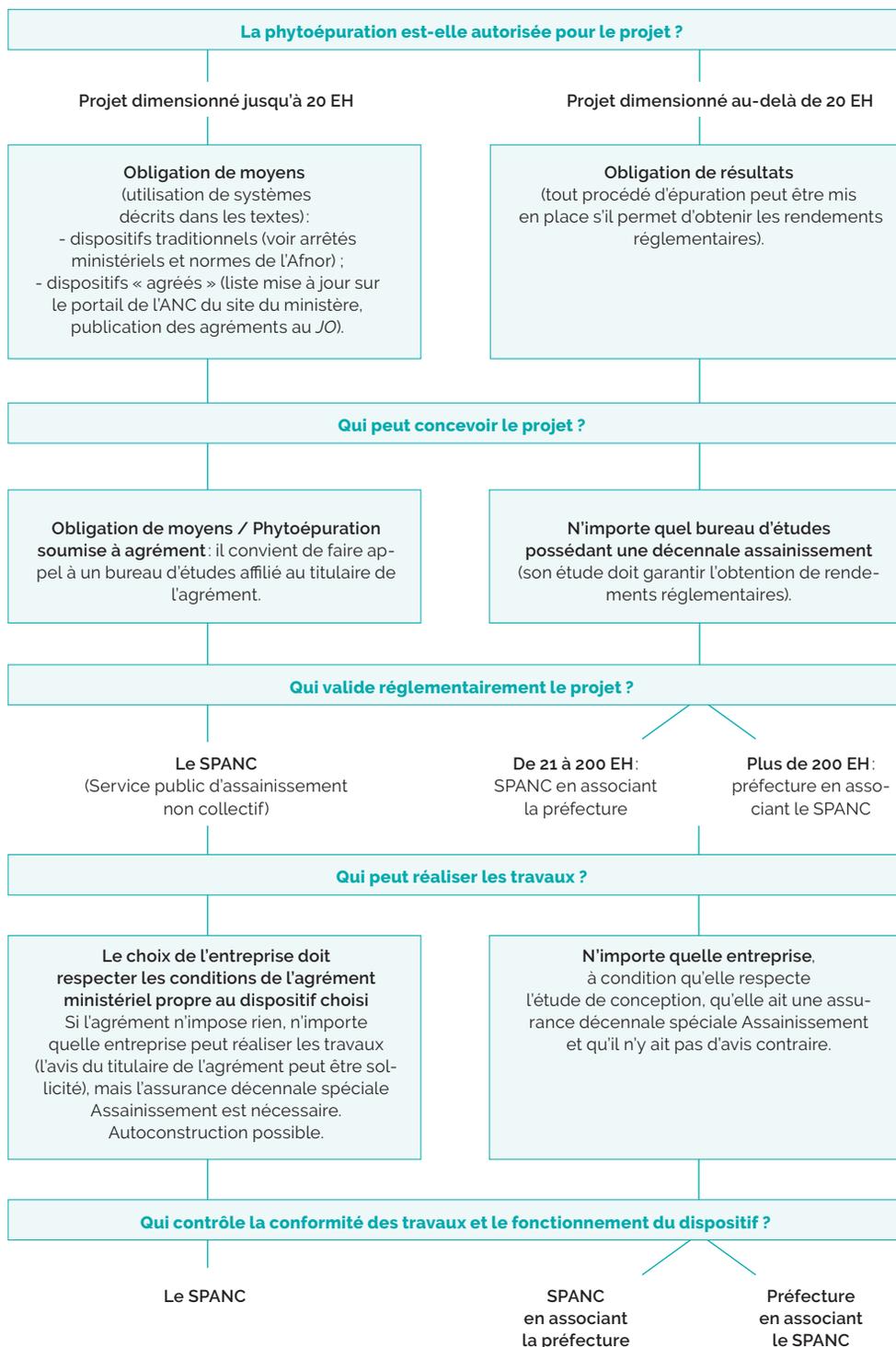
### Pour les dispositifs de plus de 20 EH

Toute entreprise possédant une assurance décennale assainissement peut réaliser les travaux, à condition bien sûr qu'elle respecte l'étude de conception et en veillant toutefois à ce qu'il n'y ait pas de contre-indication (les règles de concurrence et de commercialisation de certains dispositifs peuvent restreindre l'intervention de certaines entreprises).

### Le contrôle de l'installation

Aussitôt les travaux terminés, l'installation doit être contrôlée. Dans le cas d'un dispositif dimensionné jusqu'à 20 EH, c'est le SPANC seul qui s'en charge. Sinon, c'est le SPANC, en association avec la préfecture, qui vérifiera la conformité des installations.

# CONCEVOIR UN PROJET D'ASSAINISSEMENT AUTONOME



# **L'épuration des eaux usées agricoles**

# Lutter contre les transferts de pollution

Si la phytoépuration est un procédé largement utilisé et même décliné sous différentes formes dans le domaine de l'assainissement des eaux usées domestiques, qu'il soit collectif ou individuel, il existe un autre domaine dans lequel elle a fait ses preuves et ne cesse de gagner du terrain : la lutte contre le transfert des pollutions (d'origine agricole notamment) vers les cours d'eau. Dans ce domaine, la phytoépuration est mise en œuvre dans des aménagements appelés « zones tampons ».

Comme leur nom l'indique, celles-ci ont été créées pour jouer un rôle de « tampon », de « barrière épuratoire », entre une source de pollution et un milieu sensible. Elles peuvent revêtir différentes formes, comme des **bandes enherbées**, des **ripisylves\*** ou des **haies**.

Les premiers résultats scientifiques sur l'interception des pollutions par ces zones tampons datent du début des années 1990, lors de travaux produits dans le cadre d'une thèse. Aussitôt, des recherches approfondies ont été menées par divers or-

ganismes, en France comme à l'étranger, pour confirmer les premières données, sinon les compléter. C'est ainsi que les études se sont succédé, s'accordant toutes sur l'intérêt de ces zones, notamment en périphérie des terres cultivées.

Compte tenu de leur grande diversité, on classe les zones tampons selon leur aspect visuel. On peut ainsi les différencier selon leur couverture végétale, qui peut être à dominante herbacée ou arborée par exemple, ou encore en fonction de leur état hydrique. Selon ce dernier critère, on distingue les **zones tampons « sèches »** (des bandes de terre non cultivées et végétalisées) et les **zones tampons « humides »** (des espaces inondés temporairement ou en permanence et colonisés par des végétaux inféodés aux milieux aquatiques ou rivulaires\*). Bien entendu, cette classification n'est pas figée et il existe une multitude de cas concrets mettant en œuvre des aménagements mixtes, associant zones tampons sèches et zones tampons humides et/ou un couvert végétal herbacé avec un couvert végétal arboré.

*Cette simple mare colonisée par les massettes constitue une zone tampon efficace contre les pollutions de l'eau.*



## Les pesticides ou « produits phytosanitaires »

Souvent désignés sous le terme de pesticides ou, plus rarement, de produits phytopharmaceutiques, les produits phytosanitaires sont utilisés dans l'objectif de protéger les végétaux cultivés de différentes agressions (insectes, champignons, limaces, etc.) et de lutter contre les plantes indésirables. Largement employés en agriculture – plus de 90 % des tonnages vendus –, ils ont aussi été utilisés jusqu'à très récemment dans l'entretien des voiries et sont encore utilisés par les jardiniers amateurs, même si des efforts de réduction sont notés depuis quelques années. En effet, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017, l'usage des pesticides dans les espaces publics et par les collectivités est interdit. Par ailleurs, la réglementation prévoit que la mise sur le marché, la délivrance, l'utilisation et la détention de ces produits soient également interdites pour un usage non-professionnel à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2019...

Ces produits sont généralement classés selon le type d'organisme « nuisible » qu'ils visent : herbicides, insecticides, fongicides, nématicides, etc. Mais d'autres classifications existent selon leur mode d'action, leur structure chimique, etc.

D'un point de vue chimique, la plupart des pesticides sont constitués de molécules organiques de synthèse. On dénombre environ 500 molécules différentes, qui entrent dans la composition de près de 3 000 produits commercialisés dans l'agriculture française<sup>23</sup>.

Les molécules actives des pesticides et les molécules issues de leur dégradation dans

le milieu naturel, appelées métabolites, sont susceptibles de se retrouver dans les différents compartiments de l'environnement (air, sol, eaux, sédiments, etc.), ainsi que dans les aliments – et donc dans la chaîne alimentaire.

Bien que leur rôle initial soit de protéger les plantes, ces molécules présentent bel et bien des dangers pour l'homme et les écosystèmes, avec un impact immédiat ou à long terme. Compte tenu de ces dangers, la présence de résidus de pesticides dans les cours d'eau et dans les eaux souterraines fait l'objet de suivis réguliers.

Les résultats scientifiques révèlent régulièrement une présence généralisée des pesticides dans les milieux aquatiques... et la tendance n'est pas à l'amélioration ! Parmi les 2,2 millions de tonnes d'azote et d'engrais minéraux répandues chaque année sur les terres cultivables, le Commissariat général au développement durable estime à 1,5 millions de tonnes les surdosages qui ne sont pas assimilés par les plantes mais lessivés dès les premières pluies. Selon cette même étude, la pollution des cours d'eau générée par cet emploi excessif d'engrais coûterait jusqu'à 2,9 milliards d'euros par an<sup>24</sup>...

Face à ce constat, l'urgence est de faire évoluer les mentalités et de changer nos pratiques agricoles et nos habitudes de consommation !

<sup>23</sup> Données 2013 de la Banque nationale des ventes des distributeurs.

<sup>24</sup> En coûts directs (traitement et potabilisation de l'eau destinée à la consommation humaine, protection des captages, pollution de l'air par l'ammoniac et les oxydes d'azote, etc.) et en coûts indirects pour la population (consommation d'eau en bouteilles, maladies respiratoires, etc.).

# Les zones tampons sèches

Une zone tampon sèche désigne une bande de terre non cultivée et végétalisée (que ce soit de façon artificielle ou spontanée) par des espèces végétales terrestres. Selon la végétation qui s'y développe, ou qui est plantée, on distingue :

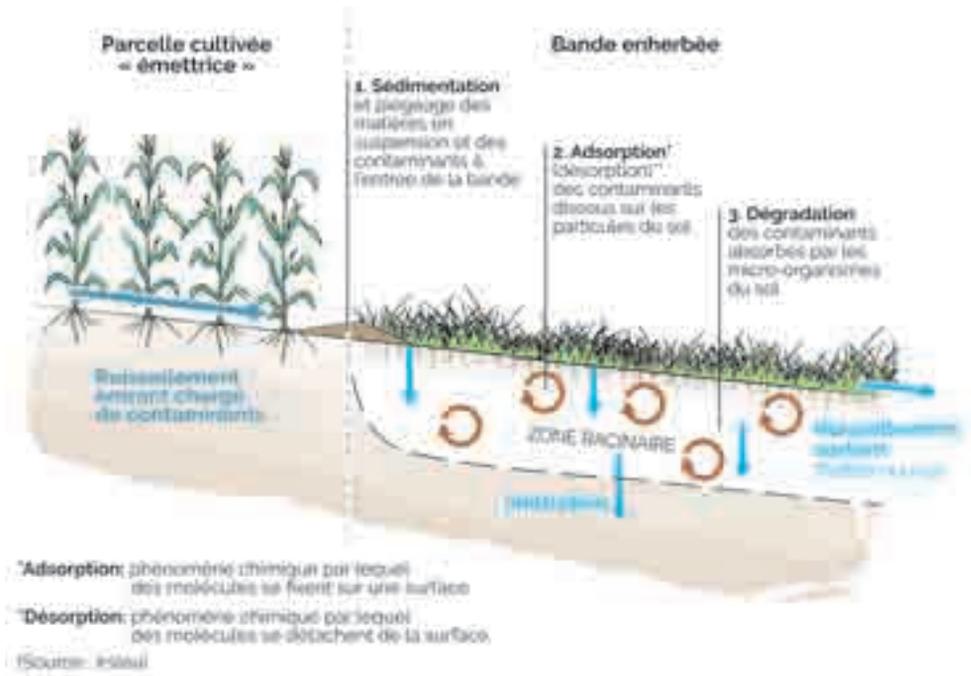
- les zones tampons sèches dites « enherbées », dans lesquelles les végétaux sont des espèces herbacées, des graminées notamment ;
- les zones tampons sèches dites « boisées », dans lesquelles la végétation est arbustive et/ou arborée.

Les zones tampons sèches jouent un rôle important dans la rétention et la dégradation de nombreux polluants. Plusieurs mécanismes entrent en jeu : sédimentation et piégeage des matières en suspension\* et piégeage des matières en suspension\* et des polluants adsorbés à ces dernières ;

adsorption\* et désorption\* des polluants sur les particules de sol ; dégradation par les micro-organismes\* du sol, voire par les plantes elles-mêmes (voir schéma ci-dessous). Cependant, selon les spécialistes, l'efficacité des zones tampons sèches repose sur leur capacité d'infiltration. Par conséquent, la réduction de la pollution est mesurée par le différentiel d'écoulement entre l'amont et l'aval des zones tampons sèches.

Ainsi, certaines barrières végétales peuvent entraîner des taux de réduction de certains polluants allant jusqu'à 100 %, comme par exemple avec les peupleraies pour les nitrates, ou avec les bandes enherbées pour le lindane et l'atrazine.

## Le fonctionnement d'une zone tampon sèche (bande enherbée)





*Les haies bocagères, souvent associées à un fossé et à une bande enherbée, constituent la meilleure des zones tampons sèches.*

## La gestion des eaux pluviales

La gestion des eaux pluviales doit répondre à un double objectif :

- **maîtriser les débits d'eaux pluviales** afin de lutter contre les inondations ;
- **permettre leur épuration** avant leur rejet dans le milieu naturel. En effet, en raison de leur ruissellement et en l'absence d'un traitement préalable, les eaux pluviales contaminent durablement les milieux aquatiques, notamment par des métaux lourds et des hydrocarbures, issus principalement du lessivage des toitures, des parkings et des voies de circulation.
- De nombreuses techniques dites alternatives permettent aujourd'hui de répondre au premier objectif, à savoir la lutte contre le ruissellement et les inondations. Parmi elles, on peut citer des aménagements tels que les **fossés**, les **noues**, les **tranchées drainantes**, les **bassins de rétention**, etc., dont les fonctions principales sont la rétention et l'infiltration des eaux pluviales. En revanche, peu de ces tech-

niques permettent de répondre au second objectif, c'est-à-dire qu'elles n'assurent pas d'épuration des eaux pluviales avant leur rejet dans le milieu naturel, à une exception près: la **phytoépuration**.

- Plusieurs procédés de phytoépuration peuvent être mis en œuvre dans la gestion des eaux pluviales. Parmi eux, on retrouve notamment des **dispositifs de type « zones humides artificielles »**, (voir p.117).
  - Mais le dispositif le plus couramment utilisé et mis en œuvre en Europe, pour la gestion des eaux pluviales issues des voies de circulation notamment, reste le **filtre planté de roseaux à écoulement vertical** précédé d'un **bassin de décantation\*** (lequel joue également un rôle de tampon hydraulique).
- Le mode de fonctionnement de ce dispositif est tout à fait comparable au filtre planté de macrophytes à écoulement vertical mis en œuvre en assainissement collectif (voir p.56).

*Le Grand Lyon a fait le choix d'une gestion intégrée des eaux pluviales et mise ainsi sur le pouvoir d'absorption des espaces verts.*



# Les zones tampons humides

Lorsqu'elles sont inondées, temporairement ou en permanence, et qu'elles sont colonisées par des espèces végétales inféodées aux milieux rivulaires\* et/ou aquatiques, les zones tampons sont dites « humides ». Parmi elles, il est possible de distinguer la ripisylve et les **zones tampons humides artificielles**.

Il est important de bien garder à l'esprit que les zones humides jouent des rôles précieux pour nos sociétés, notamment en terme de préservation de la biodiversité, de prévention des risques naturels tels que les crues et les inondations, et bien sûr aussi en termes de dépollution et de zone tampon. Malheureusement, l'état des zones humides en France est inquiétant... Elles disparaissent à vue d'œil !

## La France, un désert de zones humides ?

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, les deux tiers des zones humides françaises ont disparu sous le béton, les remblais, les routes, ou ont été asséchées par les drains agricoles, l'aménagement des cours d'eau ou leur canalisation. Et la tendance continue ainsi...

Or, en les asséchant, on se prive des nombreux services qu'elles rendent gratuitement. Elles remplissent en effet de nombreux rôles :

- rôle hydrologique (écrêtement des crues, favorisation de l'infiltration et du remplissage des nappes phréatiques, restitution progressive, notamment en périodes de sécheresse, etc.) ;
- rôle épuratoire (limitation des transferts des produits phytosanitaires et des nitrates) ;
- rôle antiérosif (rétention des sédiments et des matières en suspension) ;
- rôle écologique (refuge de biodiversité) ;

- rôle économique (pisciculture, pastoralisme, exploitation de biomasse, etc.) ;
- rôles culturels, touristiques et éducatifs...

Bien souvent, ce sont les régions qui en ont le plus besoin qui sacrifient ces zones fragiles. En effet, là où la pression immobilière et foncière est la plus forte (sur les littoraux notamment), les zones humides sont supprimées alors qu'elles permettent de stocker les eaux pluviales à ce point stratégique du bassin versant (proche de l'exutoire), là où la mer ralentit son écoulement. On se prive alors des bénéfices hydrologiques des zones tampons : il n'y a plus d'effet tampon, donc la vulnérabilité des territoires aux crues et aux inondations augmente, ce qui entraîne d'énormes dégâts (c'est ce qu'ont vécu les habitants de Fréjus lors des inondations meurtrières de novembre 2015...).

Heureusement, certains exemples sont là pour nous prouver que les élus, les gestionnaires du territoire et les usagers peuvent parfois s'accorder autour d'un projet de préservation. Ainsi, sur le territoire du lac du Bourget, un plan d'action en faveur des zones humides vise à préserver ces milieux en renonçant à l'urbanisme. Et le nouveau schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Rhône-Méditerranée semble lui aussi prendre en compte la nécessité de préserver ces zones humides.

En réalité, une prise de conscience généralisée est impérative. Avec le bouleversement climatique que nous connaissons et qui ne fera que s'amplifier dans les décennies à venir, les zones humides constitueront le dernier refuge d'une biodiversité déjà très menacée, des stocks d'eau potable pour les populations exposées aux canicules et aux sécheresses successives et des filtres particulièrement efficaces pour garantir une ressource de qualité.

## La ripisylve

La ripisylve est une formation végétale, composée d'**espèces ligneuses et herbacées**, qui borde les **cours d'eau**. Elle constitue un espace de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. On dit qu'il s'agit d'un écotone\*, c'est-à-dire un milieu qui sépare deux écosystèmes différents. Cette caractéristique lui confère une biodiversité d'une richesse considérable. Les ripisylves présentent un enjeu primordial dans la préservation des milieux

aquatiques et de la qualité des eaux grâce à leurs capacités de rétention et de dégradation de nombreux polluants, notamment certains pesticides et les nitrates. Des études montrent en effet que la présence de ces derniers peut être réduite de 68 à 98 % selon les dispositifs. Par ailleurs, les forêts humides peuvent réduire les taux de pesticides comme l'atrazine ou la napropamide de 53 à 65 % !

Le mécanisme d'épuration des nitrates par la ripisylve est identique à celui décrit

*Les ripisylves possèdent une biodiversité d'une très grande richesse.*



dans le filtre planté de macrophytes à écoulement horizontal (voir p. 65). En effet, la ripisylve est une bande de végétation au sein de laquelle le sol est saturé en eau, temporairement ou en permanence. Se créent alors des conditions d'anaérobiose (en l'absence d'oxygène) dans lesquelles les micro-organismes du sol réalisent une dénitrification\*. Cela signifie, comme nous l'avons vu, qu'ils prélèvent l'oxygène dont ils ont besoin sur les molécules de nitrates, les transformant ainsi en diazote. Celui-ci rejoint alors l'atmosphère, qui en est composé à près de 80 %. À ce mécanisme s'ajoute également l'assimilation d'une partie des nitrates et de certains polluants chimiques par les végétaux eux-mêmes, *via* l'absorption racinaire, mais cela reste marginal.

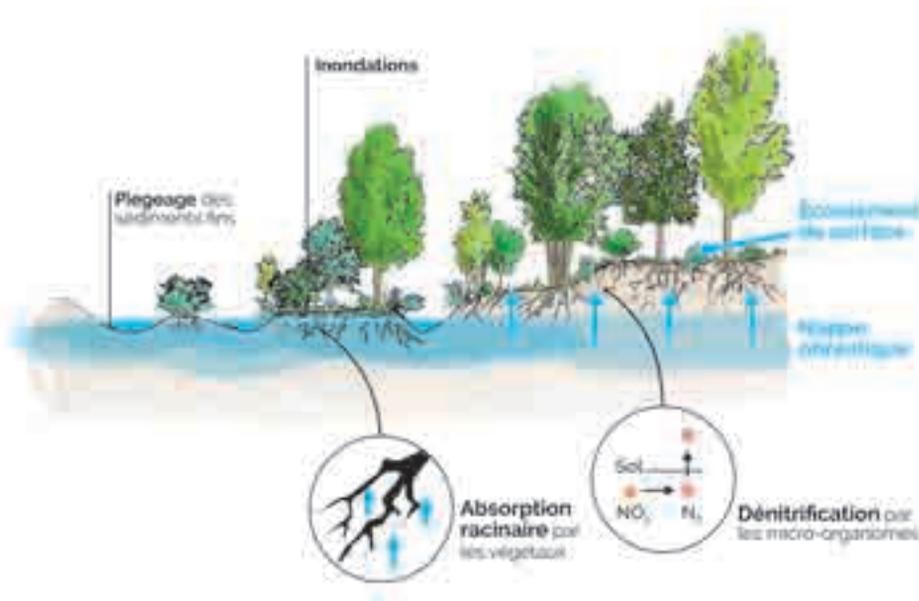
Cela dit, il serait faux de croire que le seul intérêt des ripisylves réside dans leur capacité à retenir et à dégrader certains polluants. En effet, les ripisylves jouent de nombreux autres rôles, précieux pour les équilibres écologiques, pour le maintien de la biodiversité et pour l'homme, qu'il serait dommage de négliger :

- intérêt paysager ;
- intérêt économique (exemple : exploitation du bois) ;
- rôle hydraulique (exemple : lutte contre les inondations) ;
- maintien des berges et piégeage des sédiments ;
- tampon thermique ;
- richesse biologique (diversification des milieux, refuge, etc.).

## Sauvons nos haies !

Au même titre que les ripisylves, les haies sont supposées jouer un rôle primordial dans la lutte contre le transfert des polluants (notamment d'origine agricole), mais aussi contre l'érosion, qui appauvrit les terres, les dégrade et les déforme parfois. Or, depuis la Seconde Guerre mondiale, nos haies sont en danger ! À cette période, la mission de l'agriculture française est de produire suffisamment pour atteindre l'autosuffisance alimentaire pour la population française. Le gouvernement fait alors de l'agriculture un secteur de base de toute

### La fonction épuratoire des ripisylves



la société. Les gouvernements successifs de l'époque promeuvent les exploitations jeunes et novatrices qui pratiquent la monoculture. Pour parvenir à ces objectifs, les innovations techniques telles que les tracteurs et les pesticides se démocratisent, mais les paysans doivent également modifier le paysage. En effet, pour cultiver plus rapidement et en plus grande quantité, mais aussi pour faciliter le travail mécanique, il faut regrouper les terres en grandes parcelles homogènes. C'est ce que l'on a appelé le « remembrement ». Les agriculteurs suppriment alors les haies, les talus et les fossés qui morcellent les terres, et les différents propriétaires passent des accords pour regrouper leurs parcelles. C'est ainsi, en quelques années seulement, que le paysage agricole français prend l'allure de grandes étendues, longues à perte de vue, sur lesquelles sont mises en culture

quelques espèces de céréales seulement... qui s'avèrent très rentables !

Mais aujourd'hui, force est de constater que le remembrement a causé de nombreux préjudices. En effet, l'ensemble des ripisylves et des haies, mais aussi les talus et les fossés, constituent des « zones tampons ». Cela signifie qu'ils jouent un rôle remarquable dans la lutte contre l'érosion, sur la rétention voire la dégradation des polluants (chimiques et organiques), mais aussi pour la biodiversité qui trouve là refuge et nourriture.

Heureusement, la tendance s'est aujourd'hui inversée, et nombreux sont ceux qui font le choix de reconstituer de nouvelles haies.

Il s'agit pour cela de replanter des végétaux variés et adaptés (herbacées, arbrisseaux, arbustes et arbres), qui peuvent être plantés en deux lignes, et espacés d'une cinquantaine de centimètres seulement.

*Les haies bocagères jouent de nombreux rôles..., elles sont pourtant en danger !*



# Les zones tampons humides artificielles

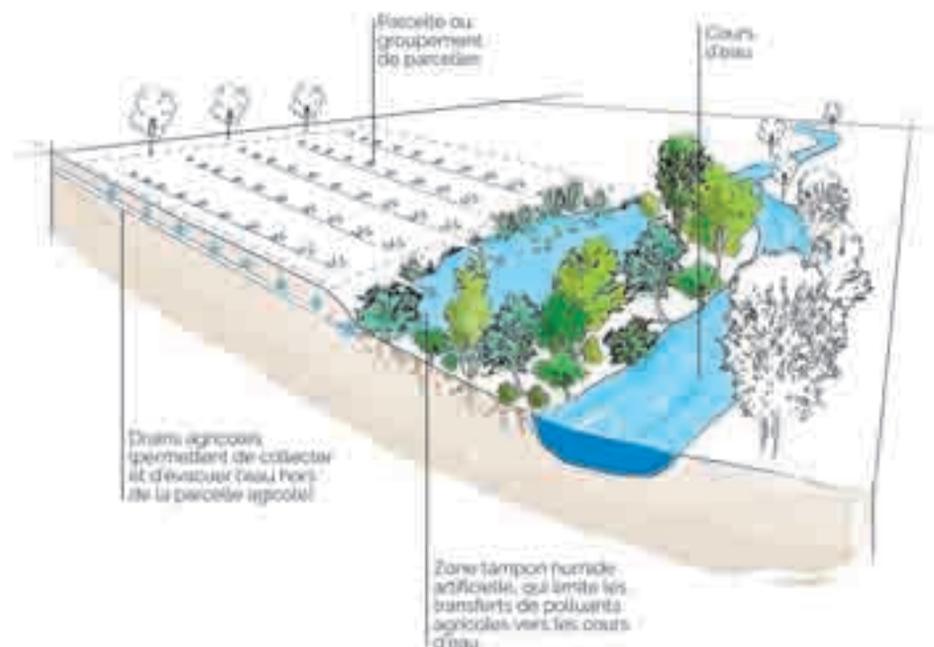
On définit généralement les zones tampons humides artificielles (ZTHA) comme des aménagements semblables à des **bassins de rétention**, des **mares** ou encore des **fossés**, de longueur, largeur et profondeur variables, végétalisés ou non, mis en œuvre pour intercepter et participer à l'épuration des eaux de drainage et de ruissellement issues de parcelles agricoles avant leur retour dans un milieu aquatique.

Afin d'optimiser sa fonction de « tampon », sa position dans le bassin versant ne doit pas être laissée au hasard. La zone humide artificielle doit être créée **entre les terres cultivées et le réseau hydraulique naturel**. Cela signifie que les eaux de drainage des eaux agricoles doivent être interceptées par la zone humide artificielle immédiatement à la sortie des terres cultivées, avant de rejoindre les cours d'eau – ou éventuellement les masses d'eau souterraine.

*Un étang de collecte des eaux pluviales constitue une parfaite zone tampon.*



## Principe de fonctionnement d'une zone tampon humide artificielle



### Attention !

La zone tampon humide artificielle doit toujours être mise en place conjointement avec une réduction des produits phytosanitaires utilisés sur la parcelle concernée. Elle ne peut être le prétexte à continuer à polluer les sols, et ne saurait d'ailleurs tout absorber...

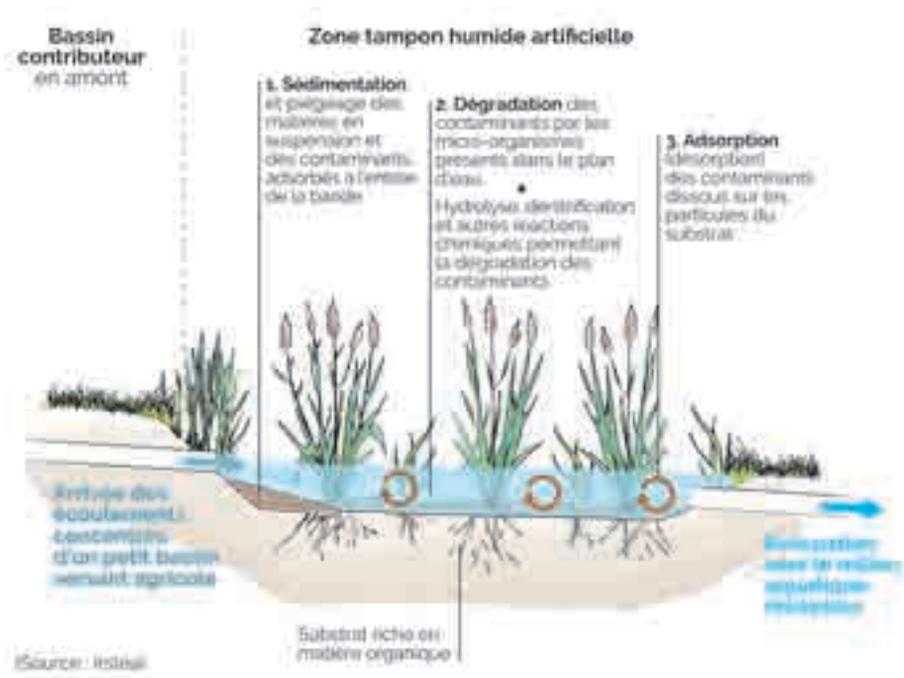
De nombreux travaux scientifiques (menés notamment par AFB et l'Irstea) ont mis en évidence que ces zones tampons humides artificielles sont dotées de capacités d'auto-épuration, semblables à celles des zones humides naturelles, qui peuvent être mises à profit pour réduire les concentrations en nitrates et en pesticides dans les eaux de drainage issues des parcelles

agricoles. Par exemple, les marais artificiels peuvent réduire le taux de glyphosate jusqu'à 100 % !

Les mécanismes d'épuration mis en jeu sont similaires à ceux utilisés dans les stations d'épuration par lagunage :

- les matières minérales et organiques présentes dans l'eau sont séparées par décantation (les polluants adsorbés\* à ces matières décantent avec...);
- différentes réactions biologiques interviennent : digestion anaérobie\* des matières organiques en fond de marais et oxydation\* de cette même matière organique en surface.

## Les mécanismes d'épuration des zones tampons humides artificielles



## Les zones de rejet végétalisées en assainissement

Assimilables à des zones tampons, les zones de rejet végétalisées (ou zones de rejet intermédiaires) sont des aménagements mettant en œuvre les règles du génie végétal, réalisés entre la sortie d'une **station d'épuration** et le milieu récepteur des rejets de cette station d'épuration. Ces zones de rejets végétalisées sont des zones humides artificielles, mais dont l'application diffère de ces dernières, puisqu'elles sont alimentées par le rejet d'eaux usées traitées de la station d'épuration et parfois par des eaux pluviales (et non par les eaux issues de terres agricoles). Ces espaces sont végétalisés avec une grande diversité d'espèces, sélectionnées ou non.

À l'heure actuelle, il n'existe pas réellement de règle pour la création de zone de rejet végétalisée. Ainsi, certaines peuvent prendre la forme d'un **fossé**, tandis que d'autres prennent la forme d'une **prairie humide** ou encore d'un **bassin**... et certaines sont réalisées avec les **matériaux**

**du site** (sol en place), alors que d'autres nécessitent l'**apport de matériaux**.

Le rôle de la zone de rejet végétalisée est de protéger le milieu récepteur des rejets de la station d'épuration qui la précède, notamment en été, période d'étiage (période caractérisée par le niveau le plus bas des cours d'eau), lors de laquelle les milieux récepteurs sont plus sensibles (en raison d'un faible débit).

La zone de rejet végétalisée intervient donc comme une véritable zone humide, capable de jouer les rôles suivants :

- **tampon hydraulique** : elle permet de lisser les débits sortants de la station d'épuration et ainsi de limiter les effets de « chasse » sur le milieu récepteur ;
- **affinement de l'épuration** : elle permet de poursuivre et de compléter l'épuration des effluents, même après leur sortie de la station d'épuration ;
- **impact visuel** : elle améliore l'intégration paysagère de la station d'épuration.

# Comment créer une zone tampon ?

## La réglementation

Il existe différents types de zones tampons adaptés à différents contextes. Si les bandes enherbées sont obligatoires autour de tous les cours d'eau depuis 2005, la plupart des autres aménagements ne sont soumis à aucune réglementation spécifique. Toutefois, il est préférable de se renseigner en mairie avant de débiter des travaux.

En revanche, pour les zones tampons humides artificielles (ZTHA), il vous faut respecter la réglementation en vigueur applicable aux projets susceptibles d'avoir une incidence, positive ou négative, sur le milieu aquatique<sup>25</sup>.

Parfois, c'est la loi qui vous impose de créer une zone humide artificielle.

Contrairement au cas des zones tampons sèches qui sont obligatoires autour des cours d'eau, seuls certains textes locaux imposent aux agriculteurs de créer des zones humides artificielles. Et cette obligation tend à se généraliser en France.

Dans la plupart des cas, ce sont des textes locaux de gestion des cours d'eau (Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux, notamment) qui imposent de créer des ZTHA pour les parcelles agricoles qui font l'objet d'un nouveau projet de drainage agricole.

## La conception

Attention, la création d'une ZTHA n'est pas à la portée de tous : le projet doit être conçu par des ingénieurs spécialisés et

<sup>25</sup> Pour savoir si votre projet est concerné, référez-vous à la « nomenclature eau » du Code de l'Environnement.

doit respecter différentes étapes essentielles. Cela commence bien souvent par la réalisation d'un diagnostic hydraulique qui vise à quantifier les volumes d'eaux à traiter, leurs origines (ruissellement, précipitations, etc.), leur destination (ruissellement, infiltration, évaporation, etc.), etc. Cette étape est essentielle, car elle permet de localiser la ZTHA pour capter le maximum d'effluents à traiter. Vient ensuite la phase de conception, qui est réalisée en tenant compte des résultats des étapes précédentes et selon les objectifs attendus (taux d'abattement des polluants, type d'exutoire\*, etc.). Là encore, toute cette procédure doit être réalisée par un cabinet d'études spécialisé. De nombreuses investigations de terrain (études de sols, relevés topographiques) et calculs mathématiques (volume des bassins, pente des berges) sont nécessaires.

## Les démarches administratives

Qu'il s'agisse d'un choix ou d'une obligation, la création d'une ZTHA est soumise à une procédure dite « Loi sur l'Eau ». C'est-à-dire que le projet doit – *a minima* – faire l'objet d'une **déclaration aux services de la préfecture** de votre département. Dans certains cas, le projet doit même faire l'objet d'une autorisation préfectorale. Différents paramètres doivent être pris en compte pour connaître la réglementation à laquelle votre projet est soumis : type d'aménagement, type d'exutoire, dimensions du projet, etc. Aussi, nous vous recommandons de prendre contact avec les services de la préfecture avant même d'y déposer votre projet. C'est seulement après cette instruction administrative que la phase de travaux peut commencer.

# **Les autres applications de la phytoépuration**

# Les piscines naturelles

Il serait faux de croire que la phytoépuration est un procédé qui ne peut être mis en œuvre que dans les domaines de l'épuration des eaux usées et des zones tampons agricoles. D'ailleurs, vous en connaissez assurément d'autres ! Ne vous êtes-vous jamais demandé comment l'eau du lac ou de l'étang dans lequel vous vous baignez fait pour se régénérer ? L'eau n'y est pas chlorée comme à la piscine et pourtant, elle ne croupit pas. Une fois de plus, c'est le triptyque plantes + substrat\* + micro-organismes\* qui assure son épuration. Depuis quelques années, de plus en plus de piscines privées<sup>26</sup> sont conçues sur le même fonctionnement que les lacs et étangs naturels. On les appelle les « piscines naturelles », ou « piscines écologiques »...

## Piscines classiques versus piscines naturelles

Dans les piscines traditionnelles, l'obtention d'une eau de qualité passe généralement par l'emploi de grandes quantités de chlore (ou autre désinfectant), qui est un produit très volatil et qui s'évapore rapidement. Il est donc nécessaire de traiter l'eau très régulièrement. Or cette pratique, polluante pour l'environnement, comporte également des risques pour la santé ! Ainsi, la baignade dans une eau chlorée peut provoquer divers troubles et désagréments (odeur, irritation de la peau, des yeux et des voies respiratoires, etc.).

Le principe de la piscine naturelle – ou piscine écologique – est relativement simple et met en œuvre des mécanismes d'épura-

tion qui s'exécutent naturellement dans les cours d'eau et dans les zones humides. Ces piscines sont moins consommatrices en produits désinfectants, puisque l'épuration est basée sur l'activité des végétaux.

## Comment ça marche ?

Il existe deux grandes catégories de piscines naturelles :

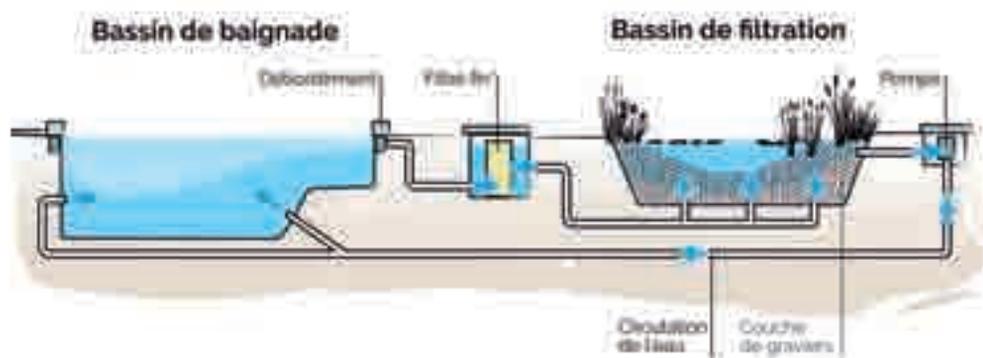
- certaines sont composées de deux bassins distincts, l'un pour la baignade et l'autre pour l'épuration (la filtration et la régénération) ;
- d'autres sont composées d'un seul bassin divisé en plusieurs compartiments par une cloison de mi-hauteur, ou avec des berges en escaliers, permettant aux effluents de passer d'un compartiment à l'autre par simple surverse. Une pompe peut être installée pour assurer l'écoulement de l'eau d'un compartiment à l'autre afin que tout le volume d'eau puisse transiter dans le compartiment de régénération.

La filtration de l'eau repose sur les mêmes principes que les filtres à macrophytes\*, à savoir :

- une filtration physique très fine par le substrat ;
  - une oxydation\* de la pollution organique par les micro-organismes qui se développent dans le substrat, stimulés par l'activité des végétaux.
- Avant d'être envoyées dans le bassin d'épuration, les eaux de la piscine transitent préalablement dans un skimmer\* et un filtre fin qui assurent une première épuration en retenant les plus grosses impuretés.

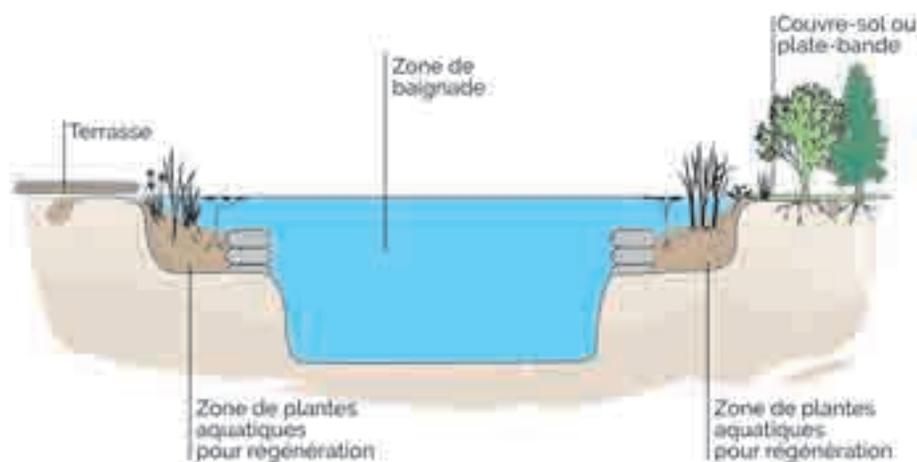
<sup>26</sup> À ce jour, les piscines naturelles publiques sont interdites, ou tolérées à titre expérimental comme celle de Combloux (voir témoignage).

## Piscine naturelle composée de deux bassins distincts



Le filtre fin permet de filtrer les matières en suspension.

## Piscine naturelle constituée d'un seul bassin



## L'entretien

Avec une piscine naturelle, dites adieu à la chloration, mais pas à l'entretien !

- Comme pour une piscine classique, il faut en effet débarrasser les parois du

bassin et le fond des **algues envahissantes**. Il convient également de surveiller que le **bassin de filtration** (ou zone de régénération) soit **en équilibre** (pas de prolifération d'une espèce, pas de colmatage, etc.). Le développement algal dans une piscine naturelle étant courant (surtout si

l'eau monte trop en température) et plus important que dans une piscine classique, la tâche n'est pas toujours simple. Un nettoyage périodique et régulier est donc à prévoir. Dans le cas d'une piscine naturelle, il convient également d'entretenir les **plantes aquatiques**.

- Par ailleurs, la phytoépuration ne permet pas une désinfection immédiate et aussi complète qu'un désinfectant chimique. Il est donc nécessaire de **vérifier la qualité de l'eau** régulièrement et de la suivre au quotidien. Bien que les analyses d'eau ne soient pas obligatoires pour les piscines privées, nous vous recommandons cependant d'en réaliser régulièrement, en utilisant par exemple des kits de contrôle disponibles en magasins

spécialisés et très faciles d'utilisation. En revanche, pour les piscines publiques, les analyses d'eau sont obligatoires et la qualité de l'eau est placée sous le contrôle des agences régionales de santé. Pour réduire les risques de pollution, il est très important de limiter les apports en polluants, tels que les **crèmes solaires** par exemple, qui peuvent détruire la flore bactérienne en charge de l'épuration.

- Enfin, **l'eau ne doit pas être trop chauffée**, au risque de nuire au bon développement des végétaux et des micro-organismes.

Au-delà de ces quelques préconisations d'usage, l'utilisation et le confort de ces piscines ne sont pas très éloignés de ceux des piscines habituelles...

## Témoignage

### La piscine naturelle de la commune de Combloux (74)

#### PRÉSENTATION DU DISPOSITIF

Maître d'ouvrage : commune de Combloux

Département : Haute-Savoie (74)

Type d'eaux usées : eaux de baignades

#### CONCEPTION DE L'INSTALLATION

La piscine écologique s'étend sur 4 500 m<sup>2</sup> et représente 3 600 m<sup>3</sup> d'eau. Elle est composée de quatre zones.

- **La zone de baignade** (1 500 m<sup>2</sup>) : elle est constituée d'un bassin de 1 000 m<sup>2</sup> (20 x 50 m) de 1,80 m de profondeur et d'une descente d'accès d'environ 500 m<sup>2</sup>. Elle est délimitée de la zone de régénération dans le fond par une bordure de granite et en surface par des flotteurs. Les baigneurs accèdent à l'eau par une plage présentant une faible pente et bordée par une terrasse en bois. La profondeur maximum est de 1,80 m. L'étanchéité est assurée par une bâche en PVC armé de 1,5 mm d'épaisseur.

- **La zone de filtration** (1 500 m<sup>2</sup>) : d'une

profondeur moyenne de 1,50 m représentant environ un tiers de la surface globale, elle est remplie de graviers roulés de plus ou moins gros calibre. Ce filtre minéral est semé de plantes et végétaux aquatiques épurateurs.

- **La zone de régénération** (1 500 m<sup>2</sup>) : elle est plantée de végétaux aquatiques épurateurs et décoratifs assurant la transition visuelle entre la zone de baignade et les zones d'épuration. Les joncs, les roseaux, les myosotis, les nénuphars et autres graminées et phragmites servent de support aux micro-organismes, qui digèrent les matières organiques. Au total, environ 12 000 plantes sont présentes sur le site.

- **La zone d'aération** : un petit ruisseau en cascade oxygène le plan d'eau. Cela permet notamment d'affiner l'épuration, de brasser et donc d'éviter un trop grand réchauffement de l'eau.

Le fonctionnement de la piscine est assez simple. Les skimmers disposés autour du bassin écrèment la surface pour environ 50 % et les deux bondes de fond de bassin aspirent par gravité les 50 % restants.

Cette eau est ensuite conduite à la surface

du bassin de filtration *via* les pompes pour transiter à travers les différentes couches de gravier où sont installés les végétaux. L'eau est ensuite aspirée puis envoyée pour un tiers directement dans le bassin de baignade par 8 buses, et pour les deux tiers restants par la cascade favorisant l'oxygénation. Ce cycle de l'eau prend environ 27 heures pour notre installation. D'importants travaux sont prévus dans les trois années à venir pour remplacer le revêtement du fond de la piscine qui a déjà 12 ans et développer le système hydraulique afin de répondre aux exigences de ce type de baignade.

#### QUELLES ONT ÉTÉ LES RAISONS QUI VOUS ONT POUSSÉ À CHOISIR LA PISCINE ÉCOLOGIQUE ?

Combloux est une commune de Haute-Savoie, une station-village de 2 100 habitants permanents, qui compte autant de résidents secondaires et qui présente une capacité de 12 000 lits touristiques. Le choix de la piscine naturelle plutôt que

traditionnelle s'est fait selon trois arguments principaux :

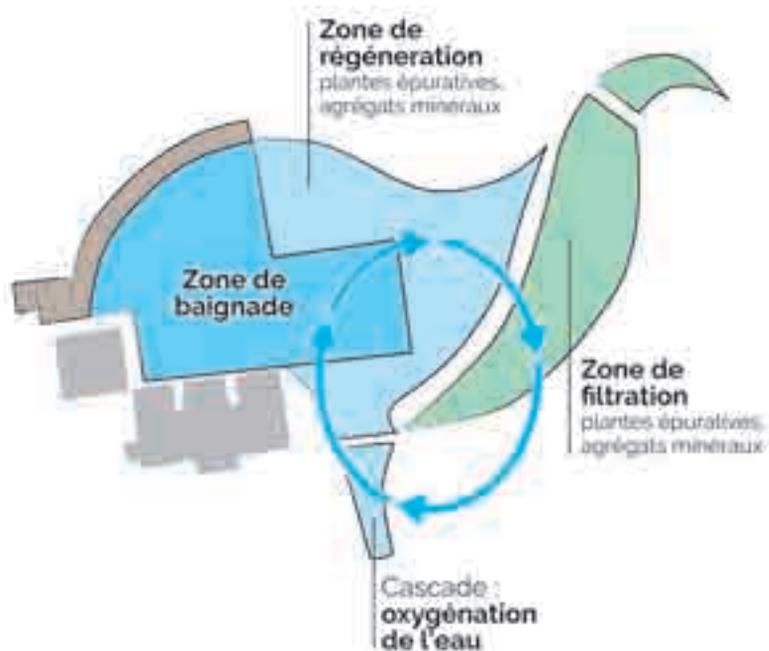
- proposer une eau cristalline, limpide, naturelle, plutôt qu'une eau chlorée ;
- bénéficier d'une eau réchauffée naturellement par les rayons du soleil, sans fuel ou autre énergie non renouvelable ;
- proposer un projet innovant qui se distingue des piscines traditionnelles.

#### QUELLE A ÉTÉ LA MARCHÉ À SUIVRE ?

En 1997, la commune rachète le terrain, et en 1998, elle lance un **concours d'architectes** pour l'aménagement du plan d'eau et retient le projet de l'équipe Green Concept (architectes-paysagistes) et Atelier Axe (architectes) avec le brevet de BioTeich.

Courant juin 2002, le **Conseil supérieur de l'hygiène publique de France** donne un avis favorable au protocole d'accord signé entre l'ARS, Agence régionale de santé, anciennement la DDASS 74 (Direction départementale d'action sanitaire et sociale

### Plan de la piscine naturelle de Combloux



de la Haute-Savoie) et la commune de Combloux pour une période expérimentale fixée à 3 ans. Le 8 juillet 2002, une première en France : la première piscine naturelle publique ouvre à la baignade. Nous sommes toujours aujourd'hui, en 2016, dans un cadre « expérimental », même si une quinzaine de plans d'eau de ce type sont ouverts au public en France.

Un **protocole** détermine les modalités de fonctionnement du bassin en détaillant les apports d'eau journaliers ainsi que les analyses et observations à conduire. Ce protocole a su et a dû évoluer en treize années d'exploitation. Des nouvelles modalités d'entretien ont été définies, et ce toujours en partenariat avec l'ARS. Par exemple, nous pouvons être amenés à ajouter plus d'eau si la température du bassin dépasse les 22°C à 7 h et que la journée s'annonce très chaude, afin de maintenir une température maximale de 25°C. D'où l'importance de l'anticipation.

Chaque fin de saison, un bilan est fait avec l'ARS.

Durant la période d'ouverture du bassin, un **laboratoire** (prestataire de l'ARS) effectue deux fois par semaine des prélèvements pour analyser une vingtaine de critères (depuis la température jusqu'au pH, en passant par des analyses bactériologiques : *Escherichia*, staphylocoque pathogène, *Pseudomonas*...).

#### **QUEL BILAN POUVEZ-VOUS DRESSER AUJOURD'HUI ?**

Les points positifs appréciés par les visiteurs sont bien sûr la qualité de l'eau sans traitement, le site et la vue face au Mont-Blanc. Ils se sentent aussi en sécurité dans un site clos et une baignade surveillée par des maîtres-nageurs.

La fréquentation maximum journalière, fixée à 700 baigneurs par jour, permet de répartir naturellement la fréquentation sur la journée et de ce fait, le site n'est jamais longtemps saturé.

Le revers de la médaille étant que les jours de belle météo nous sommes obligés de refuser l'entrée du bassin dès 12 h 30, voire

*La piscine naturelle de Combloux.*



dès le matin suite aux réservations de la veille. Mais un peu de pédagogie auprès des clients suffit en général à atténuer leur déception. Le naturel a des obligations qu'il nous faut expliquer constamment à une partie de la clientèle qui est habituée à se libérer de toutes contraintes et ne comprend pas toujours le fait d'être limité à 700 entrées par jour et de ne pas pouvoir accéder au site.

M. Thierry D'Hulst  
(responsable de la piscine de Combloux)

## Comment créer une piscine écologique ?

### Que dit la réglementation ?

Avant de vous lancer dans un projet de piscine – qu'elle soit naturelle ou non, d'ailleurs – il est important de bien connaître la réglementation en vigueur. Au **niveau national**, des règles ont été fixées en fonction de la **taille de la future piscine** :

- si la surface de votre projet est **supérieure à 100 m<sup>2</sup>**, il vous faut déposer une demande de permis de construire auprès de votre mairie ;
- si la superficie de votre projet est comprise **entre 10 et 100 m<sup>2</sup>**, vous devez simplement faire une déclaration préalable de travaux, toujours auprès de votre mairie.

Par ailleurs, des **règles locales** plus strictes en matière d'urbanisme peuvent avoir été définies (règlement de copropriété, plan local d'urbanisme, plan d'occupation des sols, etc.). Il est donc important de vous rendre en mairie pour vous renseigner, quelles que soient les caractéristiques de votre projet.

## Quelles sont les normes de sécurité relatives aux piscines ?

Depuis 2004, tous les propriétaires de piscines sont dans l'obligation d'installer l'un des quatre **dispositifs de sécurité** homologués en France, à savoir : l'alarme, l'abri, la barrière (ou clôture) ou le volet. Cette obligation ne s'applique pas aux piscines naturelles. Néanmoins, les risques étant similaires, il est vivement recommandé d'installer un de ces dispositifs.

## Des analyses d'eau sont-elles obligatoires ?

- Si votre piscine, naturelle ou non, est exclusivement destinée à un **usage privé**, aucune analyse d'eau n'est obligatoire. Cependant, rien ne vous empêche d'en faire contrôler régulièrement la qualité.
- En revanche, si votre piscine est **ouverte au public** (clientèle de gîte par exemple), la réglementation est beaucoup plus stricte et des analyses d'eau vous sont imposées. Dans ce cas, afin de connaître vos obligations, nous vous conseillons de prendre contact avec l'agence régionale de santé à laquelle vous êtes rattaché.

## Peut-on construire soi-même une piscine naturelle ?

Bien que rien n'empêche l'autoconstruction, il est conseillé de faire appel à des professionnels pour réaliser une piscine, quel qu'en soit le type. Cependant, si vous maîtrisez toutes les techniques de construction (électricité, gros œuvre, plantation, etc.), la réalisation d'une piscine en autoconstruction ne devrait pas vous poser de problème.

Il en est de même pour la plantation des végétaux, qu'il est habituellement conseillé de confier à un paysagiste compétent dans ce domaine.

# Les bassins d'ornement



Lieu de détente et de quiétude, le bassin d'ornement apporte un réel plus dans le jardin. Parfois, il en change même toute la physionomie ! Mais pour que ce milieu paisible ne se transforme pas en véritable contrainte, mieux vaut respecter quelques règles simples, de sa conception à sa végétalisation. Eh oui, la bonne santé de votre bassin passe par les plantes, et donc aussi par la phytoépuration !

## Différentes sortes de bassins

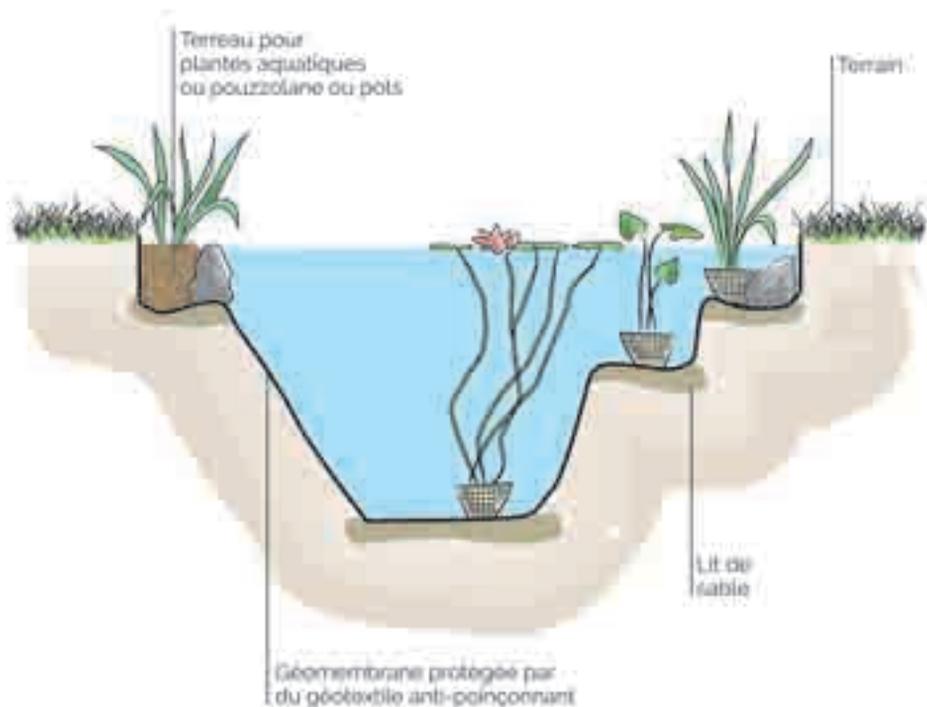
Il existe une multitude de bassins différents : bassins en bâche, bassins préfabriqués en plastique, bassins bétonnés, etc.

- Le **bassin en bâche** présente l'avantage d'être facilement réalisable soi-même. Le

matériau utilisé est parfaitement étanche et permet de réaliser la forme, la taille et la profondeur que l'on souhaite. À vous de choisir, en fonction de vos envies, mais aussi de vos facilités à réaliser le trou ! Privilégiez une bâche la plus épaisse et résistante possible. De plus, pour éviter qu'elle ne soit déchirée, il faudra au préalable réaliser un lit de sable et poser un géotextile anti-poinçonnement sous votre bâche sur le fond et les parois de votre bassin. Si vous réalisez vous-même votre bassin, privilégiez les formes assez simples à réaliser (forme ronde ou ovale), afin d'éviter tout problème d'étanchéité lié à une mauvaise pose de la bâche.

- Pour encore plus de simplicité et de rapidité, vous pouvez également opter pour un **bassin préfabriqué**. Il s'agit d'une coque prête à l'emploi en matière plastique rigide, résistante et facile à installer. Cela dit, ce choix ne vous ouvrira pas autant

### Exemple de bassin d'ornement



de possibilités (en termes de formes et de tailles) que si vous optez pour le bassin en bâche. Néanmoins, de nombreux modèles existent et vous trouverez sans aucun doute votre bonheur dans les magasins spécialisés.

- Enfin, la réalisation d'un **bassin maçonné** fait appel à des techniques qui ne sont pas à la portée de tous. Il convient donc, si vous optez pour ce type de bassin, de faire appel à des professionnels.

## La réglementation

Contrairement à une piscine, à un bassin de baignade ou à un étang d'une superficie supérieure à 1 hectare, le bassin d'ornement n'est pas soumis à autorisation. Toutefois, nous vous recommandons de vous rapprocher de votre **mairie** pour y déposer une déclaration préalable de travaux et vous y renseigner sur d'éven-

tuelles règles locales. Par ailleurs, dans le cas d'une **copropriété**, vous devez en respecter le cahier des charges, qui réserve parfois une clause à la réalisation de bassins. Enfin, même si la réglementation concernant la sécurité des piscines ne s'applique pas à votre projet, nous vous conseillons de concevoir votre bassin de façon à prévenir tout risque d'accident.

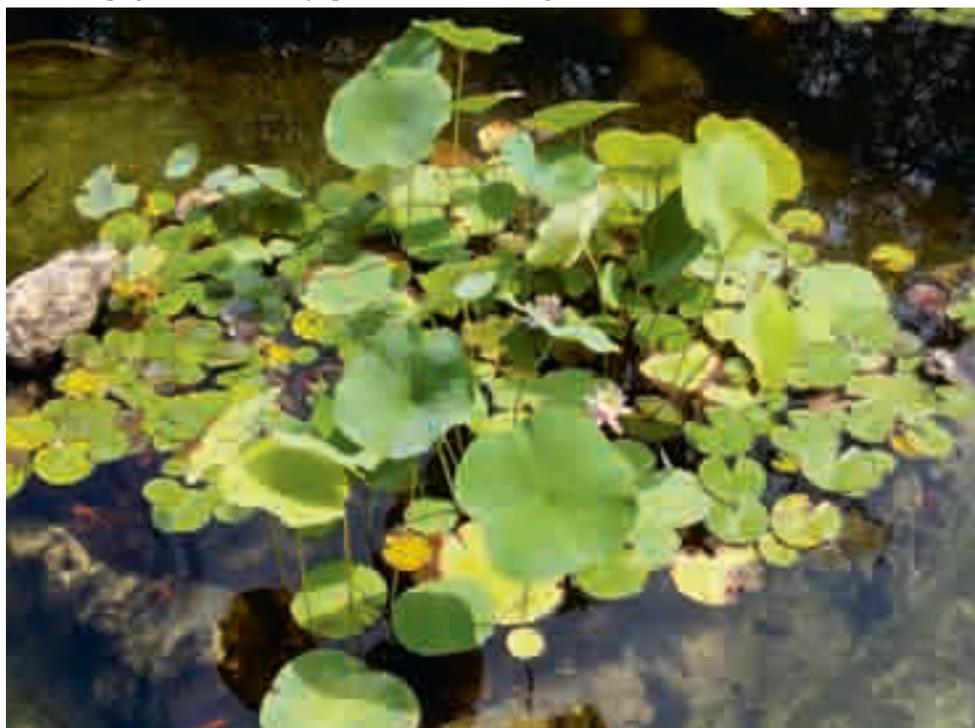
## L'implantation

Avant de vous lancer dans la réalisation d'un bassin d'ornement, réfléchissez bien à son implantation. Il serait dommage de le regretter quelques mois plus tard...

Voici quelques règles générales qui doivent être prises en compte au moment de l'élaboration du projet :

- **évit**ez les **expositions plein nord** (le bassin risquerait d'être gelé sur une trop longue période), **ou plein sud** (il souffrirait

*Association parfaite de lotus et de nymphéas dans un bassin d'agrément.*



de la chaleur et du soleil en été) ;

- **éloignez autant que possible votre bassin des grands arbres caducs.** Ceux-ci perdent leurs feuilles ou leurs aiguilles à l'automne, et cela engendrerait un besoin important en entretien. Néanmoins, aménager un bassin à proximité de végétaux persistants peut être une bonne solution pour le protéger des grands froids et des fortes chaleurs. En effet, leur ombre peut s'avérer précieuse en plein été ! ;
- **installez votre bassin à l'écart des zones de passage et/ou de circulation** (les animaux susceptibles de venir trouver refuge dans ce point d'eau risqueraient d'être trop dérangés) ;
- **avant de commencer à creuser, pensez aux éventuels réseaux enterrés** (eau, électricité, etc.) ;
- **enfin, il est déconseillé de créer un bassin dans les points bas d'un terrain.** Sujets aux accumulations d'eau lors des longs phénomènes de précipitations ou lors de gros orages, ils sont inadaptés car ils favoriseraient le débordement du bassin.

## La végétalisation

Que vous projetiez d'y mettre des poissons ou non, il est essentiel de végétaliser votre bassin. Les plantes aquatiques jouent en effet un rôle important dans son équilibre, similaire au rôle des végétaux dans une piscine écologique (oxygénation, absorption des nitrates, lutte contre le réchauffement de l'eau, etc.).

D'une manière générale, les plantations se font **au printemps**, entre avril et juin selon le climat de votre région. Les végétaux peuvent être installés directement dans une couche de terre disposée au fond du bassin, mais il est préférable de les placer en **pots** ou en **paniers**. Cette seconde option, plus simple à mettre en œuvre, permettra d'une part de pouvoir déplacer les plantes facilement sans que l'eau ne soit troublée par le substrat remis en suspen-

sion, et d'autre part de limiter la prolifération de certaines plantes envahissantes. Dans ce cas, il convient donc de repoter les plantes dans de grands paniers afin de ne pas limiter leur croissance. La couche de terre devra être recouverte par une couche de gravier ou de pouzzolane d'au moins deux centimètres afin d'éviter que la terre se mette en suspension dans l'eau et ne vienne la troubler. Les graviers éviteront aussi que les poissons viennent remuer la terre au pied des plantes.

## Quelles plantes choisir ?

Nous préconisons d'associer des **plantes de berge** et des **plantes immergées** qui ont des rôles complémentaires (esthétique, oxygénant, filtrant, etc.).

Vous trouverez à la fin de cet ouvrage une sélection des principales plantes aquatiques qui pourront être plantées dans votre bassin. Chaque espèce y est décrite en détail et ses principaux intérêts y sont présentés pour vous accompagner au mieux dans votre choix.



## La phytoépuration et la biodiversité au jardin

Tout dispositif de phytoépuration, qu'il s'agisse d'un système dédié à l'épuration, d'une zone tampon, d'une piscine naturelle, d'un bassin... aura un impact direct sur la biodiversité de votre jardin. En effet, en créant un nouveau milieu, vous élargissez la mosaïque de biotopes\* de votre terrain, et vous permettez ainsi le développement d'une faune variée et l'installation d'une végétation spontanée diversifiée. Bien sûr, la création d'une mare ou d'un bassin vous permet d'ouvrir un champ de possibilités plus large qu'un simple filtre à roseau : le milieu aquatique est favorable aux poissons et aux batraciens, ce qui n'est

pas forcément le cas d'un milieu humide. Cela étant dit, les filtres à macrophytes sont également intéressants du point de vue de la biodiversité : de nombreuses espèces sont inféodées aux milieux humides et aux roselières, comme de nombreux insectes (les odonates en particulier), des oiseaux, etc.

Et il n'est pas impossible que votre point d'eau soit également le refuge de quelques serpents qui viendraient y trouver un peu de fraîcheur en été... Mais pas de panique, les couleuvres, bien qu'elles puissent atteindre plusieurs mètres de longueur, sont inoffensives pour l'homme. Par contre, elles peuvent parfois s'attaquer aux poissons, tout comme les hérons cendrés et autres oiseaux pêcheurs.

*Grenouilles, libellules... et parfois même serpents ! Le bassin d'ornement est un vrai refuge pour la biodiversité.*



**La  
phytoépuration :  
de vastes  
perspectives...  
et des limites !**

# Les eaux usées agricoles

La phytoépuration est désormais largement répandue en assainissement des eaux usées domestiques, domaine dans lequel elle a fait ses preuves. Mais aujourd'hui, elle gagne également du terrain dans le domaine de l'épuration des eaux usées agricoles, où les perspectives de développement sont encore vastes.

Les filières développées et mises en œuvre pour épurer les effluents agricoles sont largement inspirées des dispositifs utilisés en assainissement collectif, à savoir : **filtre planté à écoulement vertical**, **filtre planté à écoulement horizontal** et **lagunage**.

D'ailleurs, la réglementation applicable au traitement des eaux usées issues des effluents agricoles est semblable à celle applicable en assainissement collectif. Cependant, les dispositifs utilisés en assainissement collectif doivent toutefois être adaptés aux caractéristiques des effluents agricoles. En effet, si les caractéristiques des eaux usées d'origine domestique sont relativement bien connues et homogènes, les effluents agricoles sont quant à eux bien plus diversifiés. Cela s'explique tout simplement par la diversité des activités agricoles : élevage ovin, bovin, caprin, ou autres, viticulture, fromagerie, etc. De plus, les effluents produits sont de natures variées :

- les **eaux brunes**, issues du ruissellement des eaux pluviales sur les aires souillées par des déjections (fumier et/ou lisier) ;
  - les **eaux vertes**, issues du nettoyage des aires et des quais après enlèvement des déjections et boues ;
  - les **lixiviats** (liquides résiduels provenant de la percolation\* d'eau à travers un massif pollué), issus du ruissellement des eaux pluviales sur les tas de fumier notamment ;
  - les **eaux blanches**, issues du nettoyage des fromageries par exemple.
- Compte tenu de ces éléments, la concep-

tion d'une filière de phytoépuration pour traiter les effluents agricoles doit être confiée à des professionnels et doit être adaptée à chaque situation. Pour ces raisons, il nous est impossible de faire ici une présentation précise et exhaustive des dispositifs mis en œuvre dans ce domaine. Les autres déchets, comme le fumier, le lisier brut, ou encore le lait non commercialisable, doivent être traités par d'autres filières spécifiques qui ne relèvent en général pas de l'assainissement. On retiendra également qu'en raison de leurs caractéristiques (pH, composition, etc.), et avant d'être dirigés vers une filière de phytoépuration, les effluents agricoles doivent quasi systématiquement subir un **prétraitement** (bassin tampon, cuve d'homogénéisation, fosse de décantation\*, etc.). Le rôle de ces équipements est de retenir les matières grossières (résidus de paille, déjections, etc.) et de permettre un premier abattement des charges polluantes (matières organiques, azote, etc.). C'est seulement après cette phase de prétraitement que les effluents agricoles peuvent être envoyés vers des installations de phytoépuration tels que des filtres plantés\* de macrophytes\* ou du lagunage. Ces dispositifs présentent en effet d'excellents rendements épuratoires sur les effluents d'élevage, au même titre que les eaux usées domestiques.

## Important !

Afin de garantir leur bon fonctionnement et leur efficacité, les dispositifs de phytoépuration utilisés pour les eaux agricoles doivent faire l'objet d'études de conception et de dimensionnement approfondies, comme tout dispositif de phytoépuration, d'ailleurs.

# Les eaux usées industrielles

À l'image des effluents agricoles, les effluents d'origine industrielle peuvent également être épurés *via* des procédés de phytoépuration. C'est notamment le cas des lixiviats\* issus des centres d'enfouissement des déchets.

Les lixiviats de décharges résultent pour partie de la percolation des eaux à travers le massif de déchets, et pour une autre partie des eaux contenues dans les déchets eux-mêmes. Durant la vie d'un site d'enfouissement, la qualité des lixiviats évolue et une diminution régulière des concentrations en polluants est observée. Par expérience, parmi les polluants majeurs persistants et typiques des vieilles décharges, l'azote sous forme ammoniacale à forte charge est une des substances qui pose le plus de problèmes du fait de son caractère persistant et toxique sur le milieu aquatique, et donc de son effet déclassant sur la qualité des eaux.

Élaborés sur le principe de la technique d'épuration par lits\* de macrophytes, des **projets expérimentaux** sont aujourd'hui menés pour traiter ces lixiviats. Comme tous les procédés de phytoépuration, ils consistent à stimuler le processus naturel de symbiose entre les bactéries et les végétaux (en l'occurrence *Phragmites communis*) afin de dégrader les charges carbonées et azotées contenues dans les lixiviats. Mais à la différence des effluents classiques, les lixiviats de décharges présentent des caractéristiques qui imposent un mode de fonctionnement adapté des lits de macrophytes. En effet, les conditions agronomiques sont peu adaptées à la plantation des macrophytes et au bon développement bactérien, ce qui impose par exemple l'ajout d'un substrat\* (terre végétale, par exemple).

C'est dans ce cadre que le projet Roseaulix®, conduit par la société Serpol,

répondant à un appel à projet de l'ADEME et portant sur la post-exploitation des ISDND (Installations de stockage des déchets non dangereux), a été mené sur le site de l'ancienne décharge du Plantay (01), propriété du syndicat Organom. Ce projet a permis d'atteindre l'objectif suivant : traiter la totalité des charges carbonées et azotées de l'effluent jusqu'à des teneurs inférieures aux normes de rejets de l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, et atteindre des rendements épuratoires sur les principaux paramètres (MES, DCO/DBO<sub>5</sub>, azote) supérieurs à 90 %, permettant ainsi un rejet des eaux traitées dans le milieu naturel.

Au-delà de ces résultats très encourageants, les procédés de traitement des lixiviats par lits de macrophytes comme celui mis en place avec le projet Roseaulix® présentent des avantages incontestables : un coût d'exploitation réduit, une parfaite intégration paysagère, une absence de nuisances sonores et olfactives, etc. Ces dispositifs représentent donc une réelle alternative aux solutions actuelles, et sont aujourd'hui étudiés au regard des micro-polluants... Les perspectives sont donc nombreuses !

# De la phytoépuration à la phytoremédiation

Comme on l'a vu en détail, les plantes stimulent l'activité de micro-organismes\* capables d'épurer les effluents d'origine domestique et agricole. Parfois, les végétaux sont capables d'absorber directement certaines molécules chimiques, *via* des mécanismes d'absorption, d'accumulation, voire de dégradation (voir p. 35). Cette faculté est d'ailleurs largement mise en œuvre pour dépolluer ou décontaminer des sols, comme c'est le cas sur d'anciens sites industriels. C'est ce que l'on nomme la « phytoremédiation ».

Cette méthode de dépollution des sols par les végétaux est particulièrement prometteuse, notamment lorsque le site est contaminé par des composés volatils tel que le trichloréthylène, par des métaux lourds tel que le plomb, ou par d'autres polluants comme le trinitrotoluène, par exemple.

Certaines plantes sont en effet capables d'absorber et d'isoler dans leurs parties aériennes certains métaux lourds présents dans le sol. Cette capacité serait liée à une adaptation de ces espèces vivant sur ou à proximité de sites pollués. D'un point de vue physiologique, il semblerait que ces plantes possèdent des molécules spécifiques de transport (appelées « transporteurs ») qui permettent au métal d'être dirigé vers le xylème (vaisseaux conduisant la sève brute). Ensuite, le métal est dirigé vers les feuilles où il est séquestré dans des organites\* ou des cellules modifiées. Cette faculté est étudiée de près par les scientifiques qui y voient l'une des meilleures solutions pour la dépollution de sols contaminés aux métaux lourds comme alternative aux pratiques actuelles, c'est-à-dire à l'excavation des terrains contaminés

*Le peuplier noir est capable d'absorber le trichloréthylène via ses racines.*



## La phytodégradation du trichloréthylène par le peuplier

Le trichloréthylène (TCE) est un solvant qui a été beaucoup utilisé dans l'industrie du lavage, comme dégraissant de turbines, comme composant de peintures et cosmétiques, etc. Il est désormais reconnu comme cancérigène et continue de contaminer de nombreux sites industriels à travers le monde, notamment aux États-Unis. Afin de mettre un terme à cette pollution, la phytoremédiation est une technique très encourageante. En effet, certains végétaux comme le peuplier noir (*Populus nigra*) sont particulièrement efficaces. Ce dernier est capable d'absorber le TCE *via* ses racines en même temps qu'il puise l'eau dont il a besoin dans le sol. Ensuite, il est capable de phytodégrader le TCE en le métabolisant en deux molécules secondaires (le CO<sub>2</sub> et le chlore), lesquelles sont ensuite libérées dans l'atmosphère. Le peuplier n'est pas le seul végétal à être doué de cette capacité à métaboliser le TCE, mais il présente l'avantage d'être une espèce qui « transpire » énormément. De ce fait, plus il transpire, plus il dépollue : il est donc beaucoup plus efficace que les autres espèces.

(cette technique est extrêmement traumatisante pour le milieu, particulièrement coûteuse, et elle encombre les décharges spécialisées).

Mais ces stratégies végétales visant à faire face aux pollutions ne sont pas sans conséquence sur le développement des végétaux : de nombreux effets secondaires complexes ont été observés (baisse de la

### À noter

Plusieurs centaines d'espèces végétales capables d'accumuler au moins un métal lourd dans leurs feuilles ont été identifiées. Ainsi, contre le plomb, la moutarde brune (*Brassica juncea*) s'est montrée particulièrement efficace.

Et il transpire même trop ! En effet, lorsqu'il fait très chaud, son métabolisme n'a parfois « pas le temps » de métaboliser le TCE, et il arrive alors qu'il soit rejeté directement (sans dégradation) dans l'atmosphère *via* la transpiration de l'arbre. Dans ce cas, le processus est une simple phytovolatilisation\*. Cela démontre que la phytoremédiation, au même titre que la phytoépuration, constitue une véritable technique de dépollution, mais qu'elle présente elle aussi des limites. Ce n'est pas une solution miracle !

Le principe de phytodégradation du trichloréthylène peut être transposé à d'autres contaminants présents dans l'environnement tels que le trinitrotoluène (TNT), qui a longtemps été utilisé dans la composition des bombes et des grenades. Le haricot et le peuplier sont capables d'absorber cette molécule et de la dégrader. Mais là encore, des limites ont été observées, puisque les plantes finissent par s'intoxiquer et par mourir lorsque les concentrations sont trop importantes.

photosynthèse, bouleversements enzymatiques, etc.). Les végétaux exposés aux pollutions métalliques sont reconnaissables à leur aspect plus frêle et rabougri. On appelle cet ensemble d'effets secondaires le « coût de la tolérance ».

La pratique de la dépollution des sols par les plantes n'est donc pas sans conséquence pour le métabolisme de ces dernières, mais elle soulève également deux problématiques majeures :

- **la plupart des plantes utilisées finissent par saturer en métaux lourds** et ne survivent pas aux concentrations trop élevées ;
- **le devenir des plantes contaminées reste problématique**. En effet, les polluants qu'elles contiennent peuvent d'une part entrer dans la chaîne alimentaire,

ce qui peut provoquer de nombreux effets néfastes *via* le phénomène de bioaccumulation (voir p. 37). D'autre part, si la destruction des végétaux contaminés est

possible, les polluants eux persistent (soit dans les gaz émis par une combustion, soit dans les cendres qui en résultent).

## Bon à savoir

Lors de récents travaux scientifiques, des chercheurs<sup>27</sup> ont réussi à transformer les plantes contaminées aux métaux lourds, suite à leur culture sur des sols pollués, en véritables richesses. En effet, ils ont mis au point un procédé permettant à l'industrie chimique d'exploiter les métaux lourds absorbés par les plantes. Il s'agit d'un cercle vertueux permettant d'une part de dépolluer les sols des sites contaminés et, d'autre part, de récupérer cette pollution

afin de la valoriser comme matière première indispensable à l'industrie. Néanmoins, une telle découverte peut aussi entraîner des effets pervers... Ainsi, certains chercheurs suggèrent de modifier génétiquement les végétaux utilisés en phytoépuration et en phytoremédiation, afin d'améliorer leur rendement. En outre, il ne faudrait pas non plus que ces perspectives ouvertes par la phytoremédiation soient un prétexte pour que des pratiques humaines polluantes et traumatisantes perdurent...

**27** Voir l'ensemble des travaux de Claude Grison.

*La moutarde brune est capable d'accumuler le plomb dans ses feuilles.*



# Les limites de la phytoépuration

Bien que la phytoépuration constitue une formidable solution en assainissement collectif des eaux usées domestiques, ou pour limiter les transferts de pollution vers les cours d'eau, il serait faux de penser qu'il s'agit d'une solution miracle : comme toutes les alternatives, elle présente des limites.

## Attention à la conception et à la réalisation !

Bien que cela puisse paraître évident, une bonne conception et une bonne réalisation sont deux aspects essentiels pour obtenir un dispositif de phytoépuration fiable et efficace. Ainsi, bien que l'auto-construction soit possible, il est vivement recommandé de faire appel à des professionnels compétents expérimentés dans ce domaine. Du choix des granulats à l'emplacement précis du dispositif, tous les détails doivent être étudiés avec précision pour éviter les mauvaises surprises. Alors, un seul mot d'ordre : faites-vous accompagner et ne faites pas d'économie sur la conception et la réalisation, vous en ferez davantage sur l'exploitation, l'entretien et la pérennité de votre dispositif !

## La phytoépuration craint-elle le froid ?

Il est tentant de penser que le climat s'impose aujourd'hui comme un réel frein au développement de la phytoépuration, en particulier dans les zones de montagne, là où les contraintes sont déjà nombreuses (accessibilité, apport des matériaux, etc.). Certes, les basses températures ne sont pas favorables à l'activité bactérienne, et le gel, quant à lui, diminue la capacité d'infiltration et perturbe l'oxygénation des filtres. Cela dit, contrairement aux idées reçues, la phytoépuration n'est pas la seule technique affectée par ces conditions : quel que soit le dispositif d'épuration, le froid et le gel ont toujours les mêmes effets néfastes. Il est donc malgré tout possible de mettre en place un système de phytoépuration si vous habitez une zone montagnaise.

## Faites de la place !

L'emprise foncière que nécessite l'implantation d'un dispositif de phytoépuration constitue également une limite majeure. En effet, comme nous l'avons vu, les dispositifs décrits nécessitent souvent d'importantes surfaces, notamment en

assainissement collectif et pour les zones tampons humides artificielles. On parle d'ailleurs de techniques d'épuration extensives. Or, dans le contexte actuel de bétonisation (urbanisation, densification de l'habitat et raréfaction des terres agricoles et des milieux naturels), ce besoin foncier est un réel frein aux projets de

phytoépuration. D'ailleurs, c'est pour cette raison que les petites collectivités situées en zone rurale sont les plus nombreuses à s'orienter vers ce système d'assainissement. Néanmoins, le choix d'un dispositif de phytoépuration extensif peut largement être compensé au regard des économies réalisées sur l'exploitation et l'entretien.

*Les dispositifs de phytoépuration sont parfois gourmands en surface et peuvent grignoter des terres agricoles.*



# Les principales plantes pour les dispositifs de phytoépuration

## SIGNIFICATION DES PICTOGRAMMES



Plantes  
ornementales



Plantes  
toxiques

# Les différentes plantes aquatiques et de berge

Bien que le roseau commun soit l'espèce la plus adaptée en phytoépuration, il existe une grande diversité de plantes qui peuvent être utilisées, que ce soit dans des dispositifs d'assainissement, ou simplement dans des bassins d'ornement.

Parmi les plantes que nous avons choisi de présenter, certaines possèdent des qualités esthétiques incontestables, qui leur valent depuis longtemps le statut de plantes ornementales. Mais il serait regrettable de négliger les autres, tant la diversité qu'elles apportent est importante : chacune possède un feuillage unique, une floraison incontournable, ou un emplacement dans le bassin qui lui est réservé. En effet, les plantes aquatiques ou du bord de l'eau n'ont pas toutes les mêmes besoins en termes de substrat\*, de hauteur d'eau, de courant ou d'oxygénation. D'ailleurs, une classification spécifique existe pour ces végétaux, qui les répartit selon leurs exigences. On distingue ainsi trois grandes catégories : les hydrophytes, les héliophytes et les rivulaires.

## Les hydrophytes

Les hydrophytes sont les **plantes aquatiques dont l'appareil végétatif est soutenu par l'eau** grâce à la présence d'aérenchymes\* dans leurs tissus. On peut distinguer plusieurs catégories d'hydrophytes selon leur degré de fixation.

- Les **hydrophytes flottantes non enracinées** : les particularités de ces plantes leur permettent de se multiplier rapidement et de se propager très facilement à la surface de l'eau. Elles peuvent, de ce fait, devenir envahissantes (comme les lentilles d'eau ou les jacinthes d'eau, par exemple). Cela dit, les plantes enracinées peuvent tout de même leur faire concurrence, et limiter ainsi leur propagation.
- Les **hydrophytes immergées non enracinées** : ces plantes sont proches de celles de la catégorie précédente. Néanmoins, du fait de leur immersion, elles sont mieux adaptées au manque de lumière, et participent davantage à l'oxygénation du milieu aquatique. Parmi elles, on peut citer le cératophylle épineux.
- Les **hydrophytes flottantes enracinées** : on apprécie généralement ces plantes pour leurs fleurs qui ponctuent la surface des eaux plus ou moins calmes. La plus connue d'entre elles est sans conteste le nymphéa, souvent nommé à tort « nénuphar », qui se décline sous de nombreuses variétés. Mais il en existe de nombreuses autres, comme les potamots, ou encore le nénuphar. La profondeur d'implantation de ces plantes est déterminée par la longueur maximale que peut avoir leur appareil végétatif immergé.
- Les **hydrophytes immergées enracinées** : tout comme les plantes de la catégorie précédente, elles viennent fleurir au-dessus de la surface. Elles sont cependant un peu moins tributaires de la profondeur.

Si cette dernière devient trop importante, elles ne fleurissent pas, ne développant alors que des formes végétatives. Tout comme les hydrophytes immergées non enracinées, elles ont un pouvoir oxygénant utile à la dégradation des matières organiques et à la respiration des êtres vivants qui peuplent le plan d'eau où elles se trouvent. Néanmoins, elles peuvent souffrir du manque de lumière en cas de profondeur trop importante. Par exemple, l'élodée fait partie de cette catégorie.

## Les hélrophytes

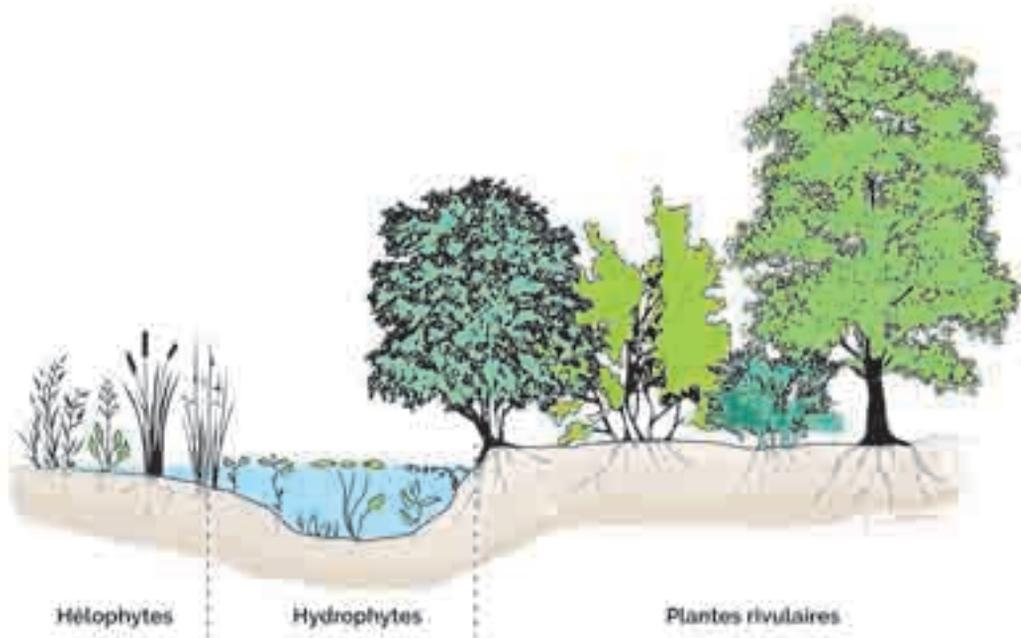
Les plantes de cette catégorie (qui comprend notamment l'iris, le jonc ou encore le butome en ombelle) sont enracinées, leurs bourgeons sont submergés pendant la période de repos (l'hiver) dans

l'eau ou la vase, et leurs organes végétatifs (le feuillage) sont situés au-dessus du niveau de l'eau. Il s'agit en fait des plantes qui poussent les pieds dans l'eau. C'est dans cette catégorie qu'on retrouve les plantes dépolluantes les plus efficaces.

## Les rivulaires

Ces plantes, comme le saule, le peuplier ou encore le cornouiller, n'ont pas forcément un contact direct avec les milieux humides proprement dits. Néanmoins, les espèces qui constituent cette catégorie préfèrent les ambiances fraîches et humides que forment les points d'eau, qu'ils soient permanents ou temporaires. Ainsi, cette catégorie de plantes regroupe les espèces qui poussent communément dans les haies, les ripisylves\*, le long des fossés, etc.

### Les trois grandes catégories de plantes aquatiques et de berge



# Açore odorant

*Acorus calamus* (Acoracées)

**Autres noms vernaculaires :** jonc odorant, roseau aromatique, açore vrai...

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -18 °C

## Description

Cette plante vivace, qui mesure entre 50 cm et 1 m de hauteur, est dépourvue de poils, à souche souterraine épaisse et très aromatique, et possède des feuilles qui croissent toutes à partir de la racine, longuement linéaires (1 à 2 cm de large) et engainantes. Sa fleur apparaît de mai à août. L'inflorescence est composée d'une spathe\* foliacée très longue, dressée, et d'un spadice\* latéral nettement plus court que la spathe, entièrement recouvert de fleurs serrées en épi cylindrique jaunâtre.

## Écologie

Originaires d'Europe centrale et boréale, d'Asie et d'Amérique boréale, cette espèce se rencontre près des mares, des étangs, et des rivières, principalement dans l'Est de la France, des Ardennes à l'Isère.

## En phytoépuration

L'açore odorant peut être utilisé dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Alpiste faux-roseau

*Phalaris arundinacea* (Poacées)

**Autre nom vernaculaire :** baldingère

faux-roseau

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -18 °C.

## Description

Fortement ressemblante au roseau, l'alpiste faux-roseau forme des touffes vertes et robustes. Elle mesure entre 50 cm et 2 m de hauteur, et ses feuilles, plates et rudes sur les bords, sont larges de 6 à 18 mm. L'inflorescence terminale est divisée en plusieurs tiges secondaires. En dehors de la période de floraison (de mai à juillet), il est difficile de ne pas confondre cette espèce avec le roseau commun (ce dernier possède alors une rangée de poils à la place de la ligule\*).

## Écologie

Cette plante affectionne les expositions ensoleillées du bord des eaux, qu'elles soient dormantes ou courantes. Tout comme son proche cousin, elle tolère de larges amplitudes trophiques (très riches en nutriments) et ioniques\* (le pH peut varier de 5,7 à 8). Elle colonise toutes sortes de types de sols, à l'exception de la tourbe. Elle est courante dans toute l'Europe et en Asie tempérée.

## En phytoépuration

L'alpiste faux-roseau peut être utilisé dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Arum d'Éthiopie



*Zantedeschia aethiopica* (Aracées)

**Autre nom vernaculaire :** arum blanc

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -10 °C

## Description

De grandes feuilles (jusqu'à 45 cm de longueur) en forme de fer de flèche, vert foncé et luisantes, parfois maculées de blanc, naissent à partir des rhizomes de cette plante. Les hampes florales peuvent atteindre 1 m de hauteur, et les grandes « fleurs » en cornet sont caractéristiques de la famille des Aracées. Elles se composent d'une large spathe\* en entonnoir (jusqu'à 25 cm de longueur) d'un blanc immaculé ou diversement coloré (rose, orangé, jaune, pourpre, etc.) entourant un appendice charnu de couleur jaune, le « spadice », qui porte les minuscules fleurs. Ces dernières donnent quelques semaines après de petits fruits orangés.



## Écologie

Cette plante est originaire d'Afrique. Dans la nature, elle pousse dans des marais qui s'assèchent en été. Elle perd alors ses feuilles et entre en période de dormance.

## En phytoépuration

L'arum d'Éthiopie est parfaitement adapté aux abords des bassins d'ornement et des piscines naturelles, à condition que les hivers ne soient pas trop rigoureux. On peut aussi l'utiliser dans les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Son feuillage, et – par dessus tout – sa floraison, sont très esthétiques.

## Attention !

Toutes les parties de cette plante contiennent des cristaux d'oxalate de calcium, qui les rendent toxiques. Même au moment de la coupe des fleurs (pour faire des bouquets, par exemple), il faut être vigilant, et se protéger les yeux et les muqueuses.



# Aulne glutineux

*Alnus glutinosa* (Bétulacées)

**Autres noms vernaculaires :** aune glutineux, aulne noir, aulne poisson...

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -35 °C

## Description

L'aulne glutineux est un arbre au port conique et à l'écorce sombre et rugueuse. Ses feuilles sont vertes sur les deux faces, finement dentées, presque dépourvues de poils, arrondies et tronquées à leur sommet. Ses bourgeons et ses jeunes feuilles sont glutineux, c'est-à-dire recouverts d'une substance collante (d'où son nom). Les fleurs mâles sont pourpres aux étamines jaunes, regroupées en chatons pendants réunis par 4 à 6. Les fleurs femelles s'assemblent en inflorescences de forme ovale et possèdent un pédoncule, de couleur brun-rouge. Les chatons fructifères donnent des petits cônes lignifiés arrondis.



## Écologie

Fréquent dans toutes les régions de l'Hexagone jusqu'à une altitude de 1 200 m, l'aulne glutineux affectionne particulièrement le bord des cours d'eau et les ripisylves, ainsi que les zones marécageuses et tourbeuses.

## En phytoépuration

L'aulne glutineux peut être utilisé dans les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Grâce à son feuillage vert lumineux sur les deux faces et à son port conique, l'aulne glutineux est apprécié comme plante d'ornement. Ainsi, il n'est pas rare de le retrouver dans les jardins.

*Chatons fructifères.*



# Bambou pubescent



*Phyllostachys edulis* ou *P. pubescens*  
(Poacées)

**Autres noms vernaculaires :** bambou moso, bambou géant, bambou d'hiver

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -20 °C

légèrement ombragées. Il convient de faire particulièrement attention à son expansion, qui cause parfois de réels problèmes d'envahissement. Pour cela, il existe des barrières anti-rhizomes qui se posent au moment de la plantation et qui permettent de les contenir.

## Description

Le bambou pubescent peut atteindre une vingtaine de mètres de hauteur dans des conditions optimales. Ses chaumes, bleutés dans un premier temps et devenant dorés avec le temps, peuvent dépasser les 15 cm de diamètre ! Comme tous les bambous, c'est au printemps que les jeunes pousses comestibles sortent de terre à une vitesse vertigineuse : jusqu'à 1 m par jour dans son milieu naturel !

## Écologie

Ce bambou aime les sols frais et humifères, et les situations ensoleillées ou

## En phytoépuration

Le bambou pubescent peut être utilisé dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons. Dans ces dernières, c'est sa faculté à évapotranspirer qui est exploitée (voir p. 46).

## Autre(s) intérêt(s)

- Son intérêt ornemental est certain, mais attention à son caractère parfois envahissant.
- Ses jeunes pousses sont comestibles. En Asie, de nombreuses espèces de bambou sont ainsi consommées.



# Butome en ombelle



*Butomus umbellatus* (Butomacées)

**Autre nom vernaculaire :** jonc fleuri

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -15 °C

## Description

Pouvant atteindre plus de 1,50 m de hauteur, le butome en ombelle possède une tige dressée, cylindrique et nue. Son feuillage ressemble fortement à celui des junces : ses feuilles sont fines, allongées, se terminent en pointe et sont toutes basées sur le rhizome. Sa floraison estivale dévoile des ombelles de jolies fleurs rose vif, portées à l'extrémité d'une grande hampe florale.

## Écologie

Répartie de façon assez aléatoire en France (elle est très fréquente à rare selon les régions), cette plante affectionne les berges vaseuses et riches des cours d'eau, ou les zones marécageuses de leurs bras morts. On la retrouve essentiellement en plaine.

## En phytoépuration

Le butome en ombelle peut être utilisé dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Son intérêt ornemental est certain. Par ailleurs, le butome en ombelle était autrefois utilisé en vannerie.



# Cératophylles

*Ceratophyllum* spp. (Cératophyllacées)

**Autre nom vernaculaire :** cornifles

**Catégorie :** hydrophyte immergée non enracinée

**Température minimale :** -15 °C

## Description

Ces plantes entièrement immergées sont dépourvues de racines, mais peuvent parfois être fixées dans la vase par des rhizoïdes\* latéraux. La tige est rigide et peut mesurer jusqu'à 3 m de longueur chez le cératophylle épineux (*C. demersum*).

Les nombreuses feuilles, de couleur vert sombre, sont disposées en cercle autour de la tige, et divisées en lanières en deux parties identiques. Les fleurs apparaissent de juin à septembre à la base des feuilles. Elles sont minuscules, solitaires

*Ceratophyllum demersum*.

et dépourvues de tige. Les deux espèces présentes en France sont le cératophylle épineux et le cératophylle submergé (*C. submersum*).

## Écologie

Ces plantes aiment les eaux calmes ou à faible courant.

## En phytoépuration

Les cératophylles peuvent être utilisées dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons. Elles sont notamment efficace contre l'arsenic (par phytoaccumulation\* et rhizofiltration\*) et contre l'atrazine (par phytodégradation\*).



# Consoude

*Symphytum officinale* (Borraginacées)

**Autres noms vernaculaires :** grande consoude, consoude officinale, oreille d'âne

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -28 °C

## Description

La consoude est une robuste plante herbacée pouvant atteindre 1,50 m de hauteur. Alors qu'elles disparaissent généralement durant l'hiver, ses feuilles, dressées, réapparaissent au printemps pour former d'importantes rosettes. Elles sont velues, comme toutes les autres parties de la plante, et peuvent mesurer plus de 40 cm. En été se dresse une grande tige, elle aussi couverte de poils, et portant les fleurs. Celles-ci ont la forme de clo-



chettes, de couleur rose pourpre, bleue ou jaune. La racine est composée d'un pivot principal cylindrique noir à l'extérieur et blanc à l'intérieur.

## Écologie

Originnaire de toutes les régions tempérées d'Europe, la consoude a d'abord été utilisée pour ses propriétés médicinales et alimentaires. Elle aime les terrains frais voire humides, tels que les fossés, le bord des rivières et les lisières des forêts humides.

## En phytoépuration

La consoude peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- Ses feuilles sont comestibles et peuvent être consommées crues ou cuites. Elles sont riches en protéines, ce qui les rend particulièrement intéressantes, notamment pour les végétariens.
- Les jardiniers utilisent aussi ses feuilles, très riches en potasse, pour enrichir le sol ou pour confectionner un engrais liquide.
- La consoude est également connue pour ses propriétés médicinales : elle permet de lutter contre la toux, et en usage externe, elle est efficace pour stopper les saignements et pour favoriser la cicatrisation.
- Ses fleurs roses ou jaunes lui confèrent un intérêt ornemental certain. L'une de ses proches cousines, la consoude du Caucase (*S. caucasicum*) arbore même des clochette bleu roi... une merveille !

# Cornouiller sanguin



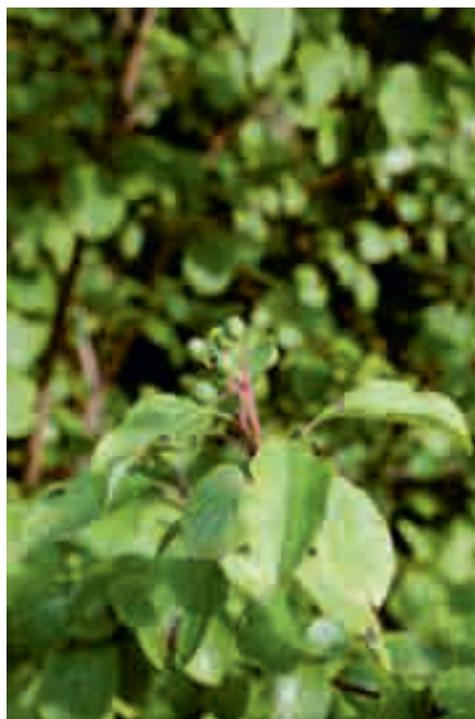
*Cornus sanguinea* (Cornacées)

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -35 °C

## Description

Le cornouiller sanguin est un arbrisseau de 1 à 4 m de hauteur, à jeunes rameaux rougeâtres et à feuillage rougissant dès la fin de l'été. Ses rameaux, droits et effilés, portent des feuilles opposées\*, munies d'une courte queue, largement ovales et brusquement terminées en pointe au sommet. Elles sont entières et présentent des nervures principales arquées, convergeant au sommet. Les petites fleurs blanches, à quatre pétales et quatre étamines, sont réunies en corymbes\*, denses, à l'extrémité des rameaux. Elles s'épanouissent en mai et juin, puis



donnent de petits fruits globuleux, noirs à pulpe vert clair, amers, mûrs en septembre-octobre.

## Écologie

Cet arbuste affectionne les terrains frais, voire humides et gorgés d'eau. On le retrouve dans les haies, les bois frais et les ripisylves. Il est commun dans toutes les régions de France.

## En phytoépuration

Le cornouiller sanguin peut être utilisé dans les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- Son bois, à la fois dur et souple, est intéressant en vannerie.
- Des cultivars horticoles ont été créés pour l'ornementation. Leur écorce est alors vivement colorée.
- Grâce à son système racinaire ramifié dans toutes les directions et à sa forte tendance à drageonner, le cornouiller est efficace dans la stabilisation des sols et dans la lutte contre l'érosion. Sa présence dans les ripisylves présente donc un intérêt majeur.

# Élodée du Canada

*Elodea canadensis* (Hydrocharitacées)

**Autre nom vernaculaire :** peste d'eau

**Catégorie :** hydrophyte immergée enracinée

**Température minimale :** -15 °C

mité de longs pédoncules et flottent à la surface de l'eau. En Europe, les individus sont tous issus d'un plant femelle introduit en 1936 en Irlande. Faute de pollen pour être fécondées, les fleurs que l'on observe sont donc toutes stériles...

## Description

Parfois appelée la « peste d'eau » en raison des tapis denses qu'elle forme dans les eaux calmes, riches et bien oxygénées, l'élodée peut parfois devenir très envahissante. Plutôt décorative, elle est vendue en animalerie comme plante d'aquarium. Sa tige, pouvant atteindre 3 m de longueur, est articulée et très ramifiée. Cette plante ne forme pas de stolons, mais peut parfois produire des racines latérales au niveau des nœuds. Ses feuilles, ne dépassant pas 15 mm de longueur et 2 mm de largeur, sont légèrement ondulées et denticulées. Entre les mois de mai et d'août, de petites fleurs blanchâtres apparaissent à l'extré-

## Écologie

Assez commune en France, cette plante affectionne tout particulièrement les eaux calmes ou à faible courant. Néanmoins, elle apprécie les milieux bien oxygénés et riches (en azote et phosphore notamment).

## En phytoépuration

L'élodée du Canada peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons. Il s'agit de la plante la plus oxygénante, et elle est par ailleurs capable de stocker le tétrachloroéthène (par rhizofiltration).



# Épi d'eau



*Aponogeton distachyus*  
(Aponogetonacées)

**Catégorie :** hydrophyte flottante  
enracinée

**Température minimale :** -10 °C

## Description

Cette plante herbacée vivace est ancrée dans le substrat par un rhizome depuis lequel sont produites des tiges pouvant atteindre plusieurs mètres de long. Ses feuilles sont alternes\*, mais celles situées vers les extrémités des tiges peuvent parfois être opposées\*. Les feuilles inférieures, entièrement submergées, peuvent atteindre 50 cm de long, tandis que les feuilles supérieures, ovales, qui flottent sur l'eau, ne font que 12 cm de long sur 5,5 cm de large. La floraison en épis a lieu, selon les climats, au printemps et en automne, mais une floraison spontanée peut se produire toute l'année. Les épis,

de couleur blanc beige, se dressent alors au-dessus de l'eau. Ils peuvent mesurer jusqu'à 8 cm de long lorsque la plante est adulte.

## Écologie

Originnaire d'Afrique du Sud, l'épi d'eau a été introduit en Europe à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle dans de nombreux jardins botaniques. Il apprécie les eaux claires peu profondes et stagnantes, ou à faible courant. Bien que la plante affectionne les expositions ombragées, c'est lorsqu'elle est installée en plein soleil que sa floraison est la plus remarquable.

## En phytoépuration

L'épi d'eau peut être utilisé dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Épilobes



*Epilobium* spp. (Onagracées)

Catégorie : rivulaire

Température minimale : -30 °C

## Description

Il existe plusieurs dizaines d'espèces d'épilobe, mais les plus communes et les plus ornementales en France sont sans doute l'épilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium*), également appelé épilobe en épi ou « laurier de Saint-Antoine », et l'épilobe hirsute (*E. hirsutum*).

L'épilobe en épi peut atteindre 2 m de hauteur et se développe en colonies denses grâce à la production de rhizomes. Ses feuilles sont en forme de fer de lance, éparses sur la tige. Ses fleurs ont quatre pétales de couleur rose violacé. Elles sont disposées sur une hampe florale rougissante mesurant plus d'une trentaine de centimètres. L'épilobe hirsute lui ressemble beaucoup, mais diffère par sa floraison : ses fleurs, rose pourpre, sont en forme d'entonnoir et regroupées en grappes feuillées.

## Écologie

Les épilobes préfèrent les terrains frais bien ensoleillés. Ils sont fréquent dans toute l'Europe, en Asie et jusqu'en Afrique. L'épilobe en épi et l'épilobe hirsute poussent tous deux jusqu'à plus de 2 500 m d'altitude dans les clairières, les éboulis et au bord des chemins. On les retrouve dans les fossés, les prés humides ou sur le bord des cours d'eau. En plaine, ils peuvent être plantés au nord ou sous lumière tamisée. Il est fréquent que l'épilobe hirsute apparaisse spontanément dans les bassins d'ornement ou dans les dispositifs de phytopéuration.

## En phytoépuration

Les épilobes peuvent être utilisés dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- Les épilobes possèdent des qualités ornementales incontestables.
- L'épilobe en épi est une plante nectarifère très prisée par les insectes pollinisateurs, dont l'abeille. Malheureusement très rare, le miel d'épilobe est excellent en bouche... La plante est comestible, et les jeunes pousses peuvent être consommées cuites, comme des asperges.

*Épilobe en épi.*





*Épilobe hirsute.*

# Eupatoire chanvrine



*Eupatorium cannabinum* (Astéracées)

**Autres noms vernaculaires :** eupatoire à feuilles de chanvre, chanvre d'eau, cannabine

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -20 °C

## Description

L'eupatoire chanvrine est une plante vivace, herbacée, dépassant 1 m de hauteur et pouvant même atteindre les 2 m ! Ses tiges sont couvertes de poils, souvent rougeâtres, dressées et robustes. Ses feuilles opposées\* sont composées de trois à cinq folioles munies de tiges, en forme de fer de lance et dentées, sauf les feuilles supérieures, qui elles, peuvent être simples. Les fleurs, qui apparaissent vers juillet-août, sont en tube, et forment de nombreux capitules\* réunis en corymbes\* ramifiés au sommet des tiges. Le fruit est un akène\* surmonté d'un faisceau de poils soyeux qui facilite son transport par le vent.



## Écologie

Cette jolie plante se rencontre dans divers endroits humides plus ou moins exposés à la lumière du soleil. Elle se plaît particulièrement dans les fossés et sur les rives en fond de vallée.

## En phytoépuration

L'eupatoire chanvrine peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration collectifs et individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- La plante entière possède des propriétés médicinales. Elle est antivirale, tonique, diurétique et sudorifique. Elle serait efficace dans les infections virales telle que la grippe, en préventif comme en curatif.
- Lors de sa floraison, elle attire de nombreux insectes qui viennent consommer son précieux nectar.

# Gunnère



*Gunnera manicata* (Gunnéracées)

**Autres noms vernaculaires :** rhubarbe géante, campos des lages

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -8 °C

## Description

Cette immense plante très structurée se reconnaît aisément à ses feuilles à bord épineux pouvant atteindre 1,5 m d'envergure. La plante peut ainsi dépasser les 3 m d'envergure ! De mai à septembre, des inflorescences coniques vert clair apparaissent. Elles sont suivies de cosses brun orangé.



## Écologie

Originnaire du sud du Brésil, cette plante est peu rustique. Elle est réservée aux régions les plus clémentes de l'Hexagone. En hiver, il est possible de lui pailler le pied pour la protéger du froid. Elle affectionne par dessus tout les sols humides, frais et très riches en humus.

## En phytoépuration

La gunnère peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

De par sa taille et son graphisme, cette plante est spectaculaire au bord des bassins et des points d'eau, dont elle change toute la physionomie. Sa croissance est très rapide : les feuilles se forment en quelques semaines seulement !

## Attention !

Les tiges épineuses de la gunnère provoquent facilement de petites plaies, qui peuvent s'infecter.

# Iris des marais



*Iris pseudacorus* (Iridacées)

**Autres noms vernaculaires :** iris faux açore, iris aquatique, iris d'eau  
**Catégorie :** héliophyte  
**Température minimale :** -20 °C

## Description

Comme les iris terrestres, cette espèce possède un puissant rhizome ramifié. Sa tige, qui peut atteindre 1,50 m de hauteur, est ramifiée dans sa partie supérieure. Ses feuilles sont rigides et aussi longues que sa tige. Ses fleurs, jaune vif, peuvent mesurer jusqu'à 10 cm et sont groupées par deux ou par trois, portées par une longue tige. D'abord enveloppées dans une grande bractée\*, elles s'épanouissent dès la fin du mois de mai, jusqu'en septembre parfois. Les fruits sont des capsules composées de trois loges, libérant chacune de nombreuses graines rouge pourpre.

## À noter

Une autre espèce d'iris affectionne les milieux aquatiques et les terrains humides : l'**iris versicolor**. Originaire d'Amérique du Nord, cette plante ressemble beaucoup à son cousin, mais sa fleur est violette au cœur jaune. Ses qualités ornementales en font une plante très appréciée autour des bassins et des piscines écologiques, et elle est également utilisée dans les dispositifs d'assainissement individuel.

## Écologie

Cette plante est fréquente dans tout l'Hexagone, jusqu'à 800 m d'altitude. Elle apprécie toutes les zones humides et marécageuses, tels que les bords des étangs, les fossés, les bras morts des rivières calmes, etc. Elle est généralement associée aux

laïches (voir p. 163). Bien que très tolérante, elle préfère les substrats neutres à acides plutôt que trop calcaires.

## En phytoépuration

L'iris des marais peut être utilisé dans les dispositifs de phytoépuration individuels, dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons. Il est efficace pour la dépollution des sols contaminés aux métaux lourds tels que le zinc et le plomb.

## Autre(s) intérêt(s)

Grâce à leur système racinaire rhizomateux traçant et extrêmement dense, tous les iris ont de fabuleux pouvoirs de fixation des sols, principalement en surface. Le rôle de stabilisation des berges que peut jouer l'iris aquatique est donc évident.

## Attention !

Les rhizomes de certains iris renferment des composés chimiques encore mal connus mais toxiques ! Extrêmement âcres, ils peuvent provoquer des vomissements et irriter les muqueuses.



# Jacinthe d'eau



*Eichhornia crassipes* (Pontédériacées)

**Autre nom vernaculaire :** camalote

**Catégorie :** hydrophyte flottante non enracinée

**Température minimale :** 10 °C (espèce réservée aux régions les plus clémentes)

## Description

Cette jolie vivace flottante forme des rosettes de feuilles à la surface de l'eau. Les pétioles renflés des feuilles servent de flotteurs et lui donnent un aspect original qui n'est pas sans intérêt au bassin d'ornement. Des épis de fleurs lilas s'épanouissent en juillet-août. La jacinthe d'eau se multiplie par rejets latéraux et peut littéralement envahir la surface de l'eau. D'ailleurs, dans certaines régions d'Afrique, elle cause des dégâts écologiques importants en raison de son caractère envahissant.



## Écologie

Originnaire des régions subtropicales d'Amérique du Sud, cette plante se développe à la surface des eaux dormantes.

## En phytoépuration

La jacinthe d'eau peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons. Cette plante est très efficace sur la lambda-cyhalothrine (molécule active très utilisée dans les insecticides). Elle peut également phytoaccumuler certains métaux lourds (chrome, cadmium et plomb). Enfin, elle est efficace sur le cadmium et le chlore par rhizofiltration.

*Le système de flottaison de la jacinthe d'eau est très original !*



# Joncs

*Juncus spp.* (Juncacées)

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -10 °C à -30 °C  
selon les espèces

## Description

Les joncs sont des plantes vivaces dépourvues de poils (quelques-uns sont annuels), généralement dressées, poussant en touffes dans les lieux humides ou mouillés. Leurs feuilles sont étroites, quand elles existent. À la différence des graminées et des carex (voir p. 163), ils ont de petites fleurs vertes, brunes ou jaunâtres, pourvues de six tépales (pétales et sépales non distincts), lesquels apparaissent vers fin juin, voire en juillet. Leurs fruits sont des petites capsules à trois valves, souvent indispensables pour l'identification de l'espèce.



## Écologie

Les joncs sont très fréquents dans toutes les régions de France. Ils apprécient particulièrement les lieux humides tels que les fossés, le bord des cours d'eau et des étangs, les prés humides, etc.

## En phytoépuration

Les joncs peuvent être utilisés dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

La tige du jonc était utilisée avant la bougie ou la chandelle pour s'éclairer : elle était trempée dans de la graisse végétale ou animale qu'on laissait ensuite durcir.

*Les joncs poussent en touffe dans les lieux humides ou mouillés.*



# Laïches

*Carex spp.* (Cypéracées)

**Autre nom vernaculaire :** carex

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -10 °C à -30 °C  
selon les espèces

## Description

Les carex, ou laïches, sont des plantes vivaces qui ressemblent parfois fortement à des graminées en raison de leur feuillage et de leurs inflorescences. Cela dit, leurs tiges sont toujours pleines, souvent à trois côtés et dépourvues de nœuds à l'insertion des feuilles, ce qui permet de les distinguer avec un minimum d'observation. Leurs fleurs sont disposées tout autour de la tige, formant une ou plusieurs panicules\* en forme d'épi (alors qu'elles sont en rangées chez les graminées). Elles n'ont ni pétales, ni sépales, mais elles possèdent chacune une écaille à leur base (une bractée). Les fleurs mâles et les fleurs

femelles sont séparées, mais sont présentes dans la même inflorescence (sauf chez quelques espèces qui font exception). La plupart des carex fleurissent : les anthères\* jaunes sont alors bien visibles vers les mois de mai et juin. Leurs fruits sont secs et ne s'ouvrent pas spontanément à maturité : ce sont des akènes\*. Ils sont bien souvent indispensables pour l'identification.

## Écologie

Le genre *Carex* est l'un des plus vastes du règne végétal. En France, on dénombre plus d'une centaine d'espèces différentes, dont la plupart affectionne les prés humides, les fossés, les bords des mares et des rivières, etc.

## En phytoépuration

Les laïches peuvent être utilisées dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Laitue d'eau

*Pistia stratiotes* (Aracées)

**Catégorie :** hydrophyte flottante non enracinée

**Température minimale :** 10 °C (espèce réservée aux régions françaises les plus clémentes)

## Description

La laitue d'eau est une plante flottante aux feuilles épaisses, d'une magnifique couleur vert pomme velouté, et disposées en rosettes. La couleur de ses racines fines et plumeuses vire du blanc au pourpre, puis au noir. Elles sont un refuge prisé des poissons, qui y pondent, et des alevins. Tout comme la jacinthe d'eau, elle se multiplie par jets latéraux et colonise la surface des eaux dormantes jusqu'à devenir parfois envahissante.

## Écologie

Originaires des régions subtropicales de la planète, cette plante affectionne la surface des eaux dormantes, seulement si leur température est supérieure à 15 °C.

## En phytoépuration

La laitue d'eau peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Lentilles d'eau

*Lemna spp.* (Lemnacées)

**Autre nom vernaculaire :** lenticules

**Catégorie :** hydrophyte flottante non enracinée

**Température minimale :** -25 °C

## Description

Les plantes de la famille des Lemnacées sont des plantes flottantes ou submergées, de taille très réduite ou de très petite taille (quelques millimètres seulement). Elles ne possèdent qu'une seule racine. Chez *L. minor*, l'espèce la plus répandue, les frondes foliaires sont ovales et ne dépassent pas 6 mm. Toutes les espèces de cette famille se reproduisent principalement par multiplication asexuée jusqu'à former de véritables tapis à la surface de l'eau. D'ailleurs, il arrive parfois que le

point d'eau en devienne complètement invisible...

## Écologie

Ces plantes apprécient les eaux calmes, de préférence riches en azote. Elles sont très communes en France jusqu'à 600 m d'altitude environ.

## En phytoépuration

Les lentilles d'eau peuvent être utilisées dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons. Elles sont très efficaces pour phytoaccumuler le mercure, ainsi que pour absorber le phosphore, l'azote, le chlorure et l'aluminium.



# Massette à larges feuilles



*Typha latifolia* (Typhacées)

**Autres noms vernaculaires :** quenouille, chandelle, roseau à massette

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -20 °C

## Description

Cette plante très commune en France peut dépasser les 2 m de hauteur. Ses feuilles vert grisâtre sont donc très longues et mesurent environ 20 mm de largeur. Sa tige est terminée par un épi de fleurs mâles dont la floraison est très courte. Cette inflorescence surmonte un épi serré de fleurs femelles, qui ressemble à une massue d'une quinzaine de centimètres de longueur et de 2 à 5 cm de diamètre. D'abord vert, cet épi femelle devient brun avant d'éclater en hiver pour libérer une multitude de graines légères que le vent emporte.

## Écologie

La massette à larges feuilles est une plante pionnière qui colonise rapidement les zones littorales des eaux stagnantes et des rivières lentes. Elle affectionne particulièrement les milieux humides en voie d'assèchement.

## En phytoépuration

La massette à larges feuilles peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- Plusieurs parties de la plante, comme les inflorescences mâles ou l'intérieur des racines, sont comestibles.
- Cette plante était autrefois utilisée pour la confections de nattes et de sacs.



# Menthe aquatique



*Mentha aquatica* (Lamiacées)

Catégorie : héliophyte

Température minimale : -30 °C environ

## Description

La menthe aquatique est une plante herbacée vivace qui peut atteindre près d'1 m de hauteur. Ses tiges sont reconnaissables à leur section carrée de couleur verte violacée. Ses feuilles, ovales, mesurent de 2 à 6 cm de long pour 1 à 4 cm de large, et leur couleur varie, comme les tiges, du vert au violet. La menthe aquatique est ancrée dans le sol par un rhizome très étalé et charnu.

## À noter

Une autre espèce de menthe, la menthe argentée (*M. longifolia*) est fréquente le long des ruisseaux et sur le bord des zones humides. Elle se caractérise par des feuilles allongées et par une teinte grisâtre, presque argentée, caractéristique.

## Écologie

De culture très facile, la menthe aquatique aime le soleil et les sols humides et frais. Elle s'étale facilement, et se multiplie donc par division.

## En phytoépuration

La menthe aquatique peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons. Cette espèce est une plante hyperaccumulatrice de nickel.

## Autre(s) intérêt(s)

Les menthes sont des plantes aromatiques appréciées en tisanes ou comme condiments. Riches en antioxydants, elles possèdent des vertus digestives et antispasmodiques reconnues. Au Moyen-Âge, elles étaient utilisées sous le nom de *menastrum*.



# Nénuphar jaune



*Nuphar lutea* (Nymphaeacées)

**Autre nom vernaculaire :** jaunet d'eau, aillout d'eau

**Catégorie :** hydrophyte flottante enracinée

**Température minimale :** -20 °C

## Description

Le nénuphar jaune est une plante vivace aquatique, entièrement dépourvue de poils, à longs et très gros rhizomes verdâtres. Ses feuilles sont arrondies ou ovales, parfois en forme de cœur, et munies d'une longue tige. Ses fleurs, qui s'épanouissent tout l'été, sont jaunes, plutôt grosses, et peu odorantes. Elles sont composées de cinq sépales, verts sur le dos et jaunes à l'intérieur. Les nombreux pétales et les stigmates sont jaunes eux aussi. Le fruit est une capsule en forme de poire, qui ne s'ouvre pas spontanément à maturité, compartimentée de plusieurs loges contenant chacune plusieurs graines.

## Écologie

Cette plante aime les eaux calmes à lentes. Contrairement à de nombreux autres nénuphars, elle supporte des profondeurs plutôt élevées. De plus, elle peut parfois pousser jusqu'à des altitudes proches de 1 500 m, sauf peut-être sur le pourtour méditerranéen et dans les Alpes.

## En phytoépuration

Le nénuphar jaune peut être utilisé dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Attention !

Cette plante est toxique crue, mais comestible une fois cuite. La cuisson permet notamment d'éliminer tous les parasites qu'elle pourrait comporter. Il ne faut jamais manger de plantes aquatiques crues !



# Noisetier commun

*Corylus avellana* (Bétulacées)

Catégorie : rivulaire

Température minimale : -30 °C

## Description

Le noisetier est un arbrisseau touffu pouvant mesurer jusqu'à 12 m de hauteur. Ses nombreux rameaux portent des feuilles caduques, larges et presque rondes, bordées de larges dents aiguës et mollement velues. Sa floraison est un peu particulière puisqu'il s'agit d'une espèce monoïque, c'est-à-dire qui possède des fleurs unisexuées, mâles ou femelles, mais portées par le même individu. Ses fleurs mâles, regroupées en chatons pendants, sont bien visibles, alors que ses fleurs femelles ressemblent à des bourgeons et se caractérisent par des styles\* d'un pourpre vif mesurant quelques millimètres seulement.

*Le noisetier 'Red Majestic', au feuillage pourpre.*



## Écologie

Le noisetier est très commun dans les ripisylves et les lisières des forêts de nos régions.

## En phytoépuration

Le noisetier peut être utilisé dans les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- La noisette est comestible et largement appréciée, fraîche ou, le plus souvent, sèche.
- Les feuilles du noisetier ont des vertus astringentes et s'utilisent comme celles de l'hamamélis en cas de troubles circulatoires des membres inférieurs (varices).
- Du fait de sa floraison précoce, le noisetier est une remarquable ressource protéique pour les abeilles, qui en consomment le pollen dès la sortie de l'hivernage.
- Des cultivars horticoles au feuillage pourpre ou bien aux rameaux tortueux ont été créés pour répondre aux besoins du jardin d'agrément. Ils ornent à la perfection les jardins d'ombre et les jardins d'eau.



# Nymphéas



*Nymphaea spp.* (Nymphaeacées)

**Autre nom vernaculaire :** nénuphars

**Catégorie :** hydrophyte flottante enracinée

**Température minimale :**  $-15^{\circ}\text{C}$  à  $-25^{\circ}\text{C}$  selon les espèces

## Description

Le nénuphar se caractérise principalement par ses feuilles rondes allongées qui flottent à la surface des masses d'eau dans lesquelles le courant est nul ou très faible. Le limbe des feuilles flottantes mesure 10 à 25 cm de longueur. La feuille est arrondie ou ovale et à long pétiole. La face supérieure est vernissée et vert foncé alors que la face inférieure est brun-rougeâtre. Les feuilles immergées présentent des pétioles courts et un limbe dépourvu de poils. La fleur, régulière, en forme de boule, mesure 5 à 12 cm de large. Elle est constituée d'environ vingt pétales et de quatre sépales. Le réceptacle se termine en pointe vers la tige de la fleur. Les anthères\* sont de couleur jaune foncé. Le pistil est

constitué de plusieurs carpelles\* soudés. Selon l'espèce et la variété, la couleur de la floraison peut varier du blanc ou rouge pourpre en passant par le jaune et le rose.

## Écologie

Les plantes appartenant à ce genre aiment les eaux calmes et craignent les profondeurs supérieures à 2 m. En France, on les retrouve jusqu'à 800 m d'altitude. Déclinées sous de nombreuses formes ornementales, elles sont très appréciées dans les bassins d'agrément et pour égayer les jardins d'eau.

## En phytoépuration

Les nymphéas peuvent être utilisés dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

*Il existe des nymphéas de toutes les couleurs...*



# Pesse d'eau

*Hippuris vulgaris* (Hippuridacées)

**Autre nom vernaculaire :** pesse vulgaire

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -28 °C

## Description

La pesse d'eau possède un long rhizome rampant sur lequel se développent des tiges dressées au-dessus du niveau de l'eau, d'environ 40 cm de hauteur. Dans certaines conditions, elles peuvent atteindre 1 m ! Ses feuilles sont organisées en cercle autour de chaque tige articulée. Elles sont entières, pointues et en forme de fer de lance. À l'aisselle des feuilles supérieures qui émergent de l'eau, apparaissent des fleurs réduites de couleur verdâtre avec des anthères\* rouges, dont l'épanouissement s'étale de mai à août. Le fruit est un akène\* lisse mesurant de 2 à 3 mm.

## Écologie

Originaires d'Europe et d'Asie occidentale, la pesse d'eau affectionne les eaux dormantes. On la rencontre sur les rives des cours d'eau ou dans la vase, où elle forme des peuplements continus. Dans des milieux plus courants, elle peut parfois prendre une forme immergée. Elle préfère les milieux basiques plutôt qu'acides.

## En phytoépuration

La pesse d'eau peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Peuplier noir

*Populus nigra* (Salicacées)

**Autres noms vernaculaires :** liard, liardier, piboule, bouillard

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -35 °C

## Description

Le peuplier noir est un grand arbre pouvant atteindre 30 à 35 m de hauteur et qui peut vivre jusqu'à 400 ans (!!). Bien que sa forme varie beaucoup selon le contexte, il adopte généralement un port droit, élancé, avec des branches longues et fines qui s'élancent verticalement pour chercher la lumière. Il n'est pas rare d'observer des broussins (des protubérances) sur son tronc. Ce dernier possède une écorce brune et plutôt sombre, fissurée longitudinalement, s'épaississant avec l'âge. Son feuillage est de forme triangulaire à losangique. Ses feuilles sont bordées de petites dents, vertes et dépourvues de poils sur les deux faces, visqueuses au débourrement. Leur tige, parfois rougeâtre, est aplatie au sommet. Les fleurs, qui apparaissent avant les feuilles, sont des chatons de couleur pourpre pour les mâles, mesurant de 8 à 10 cm de long à maturité, et de couleur vert-jaune, de 6 à 8 cm de long à maturité, pour les femelles.

## Écologie

Le peuplier noir est une essence dominante le long des rivières et des fleuves de France. Malheureusement, elle est aujourd'hui menacée par les activités humaines, qui exercent une pression sans précédent sur son milieu (urbanisation, pollution, exploitation), mais aussi et surtout à cause de l'hybridation de l'espèce avec d'autres peupliers, notamment des cultivars ornementaux. Afin de lutter contre ce phénomène, un programme de

conservation des ressources génétiques du peuplier est actuellement mené, notamment par l'INRA (Institut national de la recherche agronomique).

## En phytoépuration

Le peuplier noir peut être utilisé dans les zones tampons. Il présente la faculté d'énormément évapotranspirer. Il est très efficace pour dépolluer le trichloréthylène par phytovolatilisation\* et phytodégradation. Il permet également de lutter contre d'autres polluants tels que le sélénium, l'atrazine et les benzène, toluène, éthylbenzène et xylène (des composés organiques volatils présents dans les peintures, les vernis... et très toxiques).

## Autre(s) intérêt(s)

- Le bois de peuplier est largement valorisé dans différentes filières (pâte à papier, construction, bois-énergie, etc.).
- Chez le peuplier noir comme chez les autres espèces indigènes, l'écorce a jadis été consommée (crue ou cuite), tout comme la sève, qui peut être bue.
- Les bourgeons possèdent quant à eux des propriétés diurétiques, expectorantes et antiseptiques.
- Par ailleurs, les feuilles du peuplier noir peuvent servir à teinter la laine.



# Plantain d'eau commun



*Alisma plantago-aquatica*

(Alismatacées)

Autre nom vernaculaire : flûteau

Catégorie : héliophyte

Température minimale : -18 °C

## Description

Cette plante à souche bulbeuse et au système racinaire très développé peut atteindre 100 à 120 cm de hauteur. Elle colonise aisément les prairies inondables, les fossés et les rives marécageuses. Ses feuilles possèdent un long pétiole et sont généralement ovales, voire en forme de fer de lance. Ses fleurs blanchâtres sont hermaphrodites et peuvent apparaître tout au long de l'été. Elles ne dépassent jamais le centimètre, et s'organisent en grandes panicules\* ramifiées et pyramidales.



## Écologie

Cette plante n'est pas inféodée aux cours d'eau. Comme on l'a dit, il n'est pas rare qu'elle se développe dans les prairies humides ou dans les fossés. Elle est très commune en France et n'a pas d'exigence particulière en ce qui concerne le substrat.

## En phytoépuration

Le plantain d'eau peut être utilisé dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Pontédérie à feuilles en cœur



*Pontederia cordata* (Pontédériacées)

Catégorie : héliophyte

Température minimale : -15 °C

## Description

Cette plante herbacée est vivace grâce à son rhizome épais et traçant. Elle adopte un port buissonnant élané avec des feuilles ovales ou en fer de lance, parfois en forme de cœur, de couleur vert brillant, dépourvues de poils et lisses. Elles peuvent mesurer jusqu'à 25 cm de longueur et 12 cm de large. Elles sont portées par un long pétiole érigé, de 40 à 60 cm de hauteur. En été, ses petites fleurs en tube bleues sont groupées en inflores-

cences en forme d'épis. Les graines sont rouges, ovoïdes, collantes, et peuvent être consommées fraîches, grillées ou réduites en poudre.

## Écologie

Originaire de l'est de l'Amérique du Nord, cette plante a été importée en Europe pour ses qualités ornementales. Elle se développe sans difficulté sur les terrains marécageux et sur les berges des cours d'eau.



## En phytoépuration

La pontédérie à feuilles en cœur peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Toute la plante est comestible. Ses feuilles se cueillent de préférence lorsqu'elles sont jeunes et encore tendres. Ses graines ont été largement consommées dans les régions d'origine de la plante, notamment moulues en farine.

# Populage des marais



*Caltha palustris* (Renonculacées)

**Autre nom vernaculaire :** souci d'eau

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -20 °C

## Description

Cette plante de 20 à 40 cm de hauteur possède des feuilles en forme de cœur arrondi, munies d'une longue tige, dépourvues de poils, crénelées ou dentées. En avril-mai apparaissent des fleurs jaune intense, composées de cinq sépales. Leur teinte contraste fortement avec les teintes vert sombre du feuillage.

## Écologie

On retrouve cette plante dans tous les prés humides et marécageux de l'Hexagone, excepté peut-être dans le Midi. Elle aime le plein soleil et les sols gorgés d'eau.

## En phytoépuration

La populage des marais peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- Sa floraison jaune doré est très lumineuse et très agréable. Cette plante apporte incontestablement de l'esthétisme là où elle est installée.
- Crues, ses feuilles sont toxiques. Mais une fois cuites ou marinées, elle sont alors parfaitement comestibles.
- Séchées, ses feuilles sont utilisées en phytothérapie. Elles possèdent en effet des propriétés désintoxicantes et antirhumatismales intéressantes.



# Potamots

*Potamogeton spp.* (Potamogetonacées)

**Catégorie :** hydrophyte flottante  
enracinée

**Température minimale :** environ -20 °C

## Description

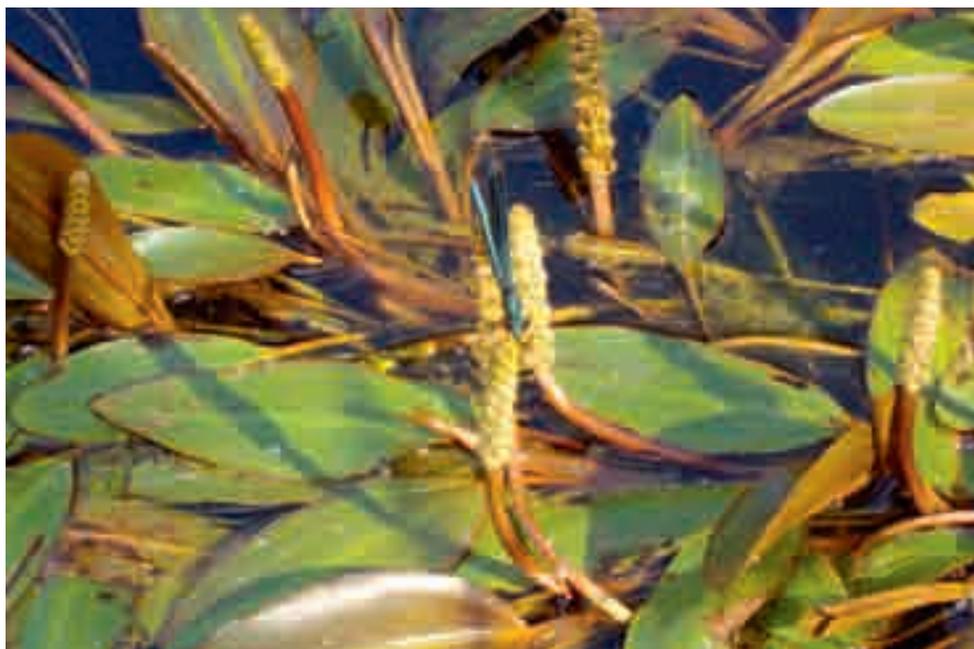
On trouve communément plus d'une dizaine d'espèces de potamots en France. Toutes sont des plantes herbacées au feuillage flottant ou immergé. Leurs tiges, simples, sont solidement ancrées dans le substrat (généralement vaseux) par de longs rhizomes pouvant dépasser le mètre ! Les feuilles sont alternes\* et de forme variable. C'est d'ailleurs à cela qu'on les distingue les unes des autres. Les fleurs, quant à elles, sortent de l'eau et apparaissent au cours de l'été. Elles sont regroupées en épis verdâtres de quelques centimètres, portés par un pédoncule qui mesure généralement le double de leur longueur.

## Écologie

Les potamots poussent dans toute la France, sauf peut-être sur le pourtour méditerranéen. On peut les retrouver au-delà de 2 000 m d'altitude, notamment dans certains lacs de montagne. Certains sont fréquents dans les eaux calmes, tels que *P. natans*, alors que d'autres sont caractéristiques des eaux courantes, tels que *P. fluitans*, très justement appelé « potamot des rivières ».

## En phytoépuration

Les potamots peuvent être utilisés dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Prêles



*Equisetum* spp. (Équisétacées)

**Autre nom vernaculaire :** queues de renard

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -15 °C à -40 °C selon les espèces

## Description

Les prêles sont des plantes vivaces à tiges creuses, striées, sans feuilles, un peu rudes et articulées. Chaque nœud est recouvert par une gaine dentelée d'où partent des rameaux sans feuilles, côtelés, articulés et linéaires. Leur fructification en épis se trouve à l'extrémité de tiges roussâtres, qui apparaissent avant les tiges stériles, ou en même temps selon les espèces. Toutes les espèces présentes dans l'Hexagone sont des plantes inféodées



aux cours d'eau, en particulier *E. palustre* et *E. fluviatile*, toutes les deux très aquatiques, à l'exception de l'espèce *E. arvense*, également appelée « prêle des champs », qui croît dans des sols plus secs.

## Écologie

Il existe de nombreuses espèces de prêles et toutes ne sont pas inféodées aux milieux aquatiques. Néanmoins, on les retrouve pour la plupart dans les marais et fossés humides, dans presque toute la France.

## En phytoépuration

On peut utiliser les prêles dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- La prêle est une plante médicinale aux propriétés reminéralisantes, diurétiques et anti-inflammatoires. Elle est employée pour traiter l'ostéoporose, favoriser la consolidation des os suite à une fracture, soulager des œdèmes et les douleurs causés par un traumatisme superficiel, accélérer la cicatrisation de plaies bénignes, traiter les douleurs liées à l'arthrose et les tendinites, etc.
- La prêle peut être utilisée au jardin sous forme de purin, comme on le fait plus communément avec l'ortie (*Urtica dioica*). Le purin de prêle est un fongicide efficace dans la lutte contre la plupart des maladies qui touchent les arbres fruitiers, mais aussi les légumes du potager et les plantes ornementales.
- De par le graphisme de son feuillage et son port, la prêle possède des qualités ornementales très originales. Attention toutefois à bien la cultiver en pot : elle peut s'avérer envahissante...

# Reine des prés



*Filipendula ulmaria* (Rosacées)

**Autres noms vernaculaires :** filipendule  
ulmaire, barbe de chèvre

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -25 °C

## Description

Cette plante vivace de la famille des Rosacées peut atteindre plus de 1,50 m de hauteur. Ses feuilles sont alternes\* et divisées en folioles dentées. De mai à septembre, apparaissent des petites fleurs blanc crème, composées de longues étamines, et formant une panicule\* terminale ramifiée.



## Écologie

La reine des prés pousse dans les sols frais et humides. On la retrouve au bord des eaux et dans les bois frais, mais aussi dans les prairies humides. Elle est fréquente partout en France, excepté peut-être dans le Midi et en Corse.

## En phytoépuration

La reine des prés peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Utilisée depuis des siècles comme plante médicinale, la reine des prés possède des vertus antidouleur. Elle a également des propriétés drainantes, raison pour laquelle on l'associe parfois à d'autres plantes dans le cadre des régimes amincissants. Ancêtre de l'aspirine, elle remplace ce médicament avantageusement en évitant au patient les effets secondaires de ce traitement chimique comme les brûlures d'estomac. En application interne ou externe, elle n'est pas sans intérêt pour calmer les douleurs articulaires comme les rhumatismes.

# Renoncule en crose



*Ranunculus circinatus* (Renonculacées)

**Catégorie :** hydrophyte immergée  
enracinée

**Température minimale :** -28 °C

## Description

Cette longue herbe aquatique dépasse facilement les 50 cm de longueur. Ses tiges sont grêles, molles et fragiles, et s'étalent juste sous la surface de l'eau. Ses feuilles sont toutes découpées en lanières filiformes disposées en cercle autour de la tige. Sa floraison s'étale de la fin du printemps jusqu'à la fin de l'été. Les fleurs émergentes sont composées de cinq pétales blancs et jaunes à leur base.

## Écologie

Cette plante colonise les mares et les ruisseaux calmes d'une grande partie de la France. Elle est commune dans toute l'Europe jusqu'à la Scandinavie et l'Asie occidentale.

## En phytoépuration

La renoncule en crose peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Renouée amphibie

*Polygonum amphibium*, ou *Persicaria amphibia* (Polygonacées)

**Autres noms vernaculaires :** renouée aquatique, persicaire des eaux

**Catégorie :** hydrophyte immergée enracinée ou hélophyte

**Température minimale :** environ -20 °C

## Description

Cette plante au long rhizome rampant peut être aquatique ou terrestre. Lorsqu'elle est aquatique, sa tige est ramifiée et peut mesurer jusqu'à 1 m de long. Ses feuilles sont alors flottantes, en forme de cœur, dépourvues de poils, à bords rudes, et luisantes. Ses fleurs sont regroupées en épis rose vif et allongés, et sont fièrement dressées au-dessus de l'eau. Lorsque la plante croît sur terre, sa tige ne dépasse pas 50 cm de longueur, et ses feuilles sont velues et ternes. Ses épis sont

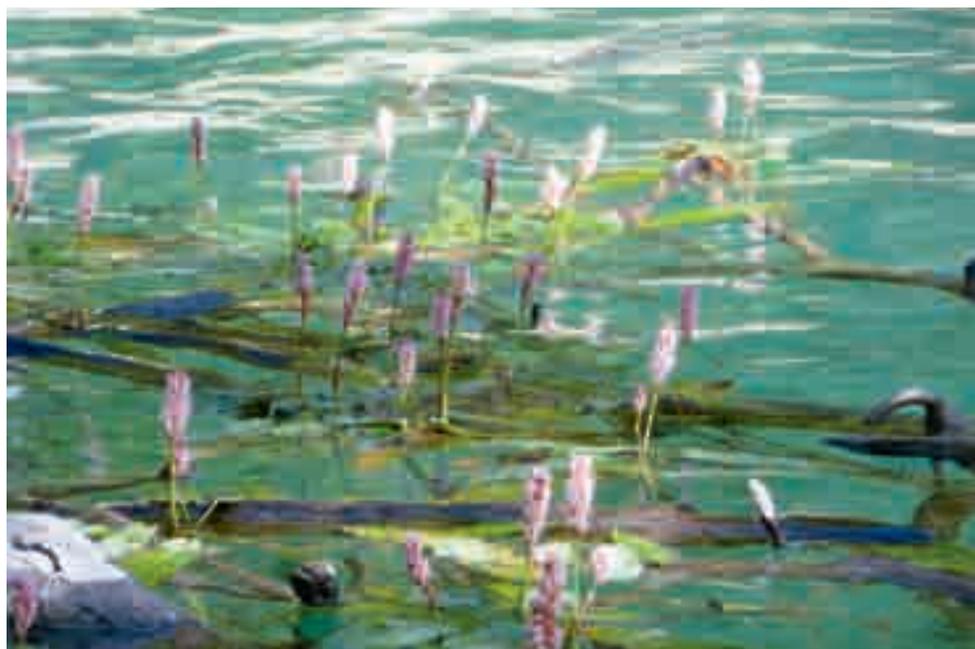
alors beaucoup plus courts, et aussi plus ternes. Chez ces deux formes, les fleurs s'épanouissent en juin, juillet et août.

## Écologie

Cette plante est très commune en France, où elle côtoie parfois les nénuphars. Tout comme eux, elle apprécie les eaux calmes. Par contre, elle s'étend bien souvent au-delà de la ceinture qu'ils forment, car elle tolère mieux le courant et les substrats grossiers. On la retrouve dans toutes les régions de l'Hexagone, jusqu'à 2 000 m d'altitude, sauf peut-être en région méditerranéenne.

## En phytoépuration

La renouée amphibie peut être utilisée dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Roseau commun

*Phragmites communis*, anciennement appelé *P. australis* (Poacées)

**Autres noms vernaculaires :** roseau à balais, phragmite commun

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -35 °C

## Description

Cette graminée vivace et rhizomateuse peut mesurer entre 1 et 4 m de hauteur. Elle possède une tige rigide qui reste en place tout l'hiver. Ses rhizomes sont longs, rampants et ramifiés, formant ainsi de véritables tapis où aucune autre espèce végétale n'est capable de s'installer. Ses feuilles sont longues, pointues, et mesurent jusqu'à 4 cm de largeur. Ses fleurs sont regroupées en épillets garnis de poils blancs. L'épaisse panicule\* qu'ils forment peut atteindre 40 cm de longueur.

## Écologie

Vivace et particulièrement résistant à la salinité, aux périodes de sécheresse et aux grands froids, le roseau commun est très fréquent au bord des eaux, dans les marais, les prairies humides.

## En phytoépuration

Le roseau commun demeure l'espèce la plus efficace en phytoépuration, et ce, pour plusieurs raisons : il résiste aux conditions de vie dans les filtres (taux de matière organique, climat, alternance des périodes sèches et submergées, etc.), sa croissance est rapide, son développement racinaire important, son système foliaire dense... Il est donc massivement utilisé dans les systèmes de phytoépuration collectifs et individuels, même s'il peut être accompagné par d'autres espèces, notamment pour des raisons d'esthétique et de diversité, mais en quantité moindre. Il peut également être utilisé dans les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Grâce à son système racinaire, le roseau n'est pas sans intérêt dans la stabilisation des berges. Il permet de lutter contre l'érosion, de faciliter l'infiltration de l'eau et d'oxygéner le substrat.





*Les roseaux communs forment de grandes colonies appelées « roselières ». Ils constituent alors une protection efficace des cours d'eau contre les pollutions.*

# Rubanier dressé et rubanier simple

*Sparganium erectum* et *Sparganium emersum*, ou *S. simplex* (Typhacées)

**Autres noms vernaculaires :** ruban d'eau, rubanier d'eau, rubanier rameux, clou de dieu

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -20 °C

## Description

Ces deux espèces sont relativement proches et particulièrement ressemblantes. Ce sont des plantes rhizomateuses à tige cylindrique, dressée et ramifiée sur sa partie supérieure. Plus courte que les feuilles, cette tige florale apparaît quelques semaines avant que les fleurs ne s'épanouissent, entre juin et août. Ces dernières, de couleur verdâtre à blanche, forment des capitules\* sphériques groupés en épis. Cette inflorescence est ramifiée chez *S. erectum* alors qu'elle est simple chez *S. emersum*. (Il s'agit là de la principale différence entre ces deux cousins. Cependant, la détermination est plus difficile pour des individus stériles ou à inflorescence peu développée. Pour les différencier, on peut alors regarder la base des feuilles inférieures. Celle-ci présente des nervures parallèles et des nervures transversales chez *S. emersum*, ce qui n'est pas le cas pour *S. erectum*).

Les fleurs laissent ensuite place aux fruits, des akènes\* globuleux verts et garnis de pointes. Les feuilles du rubanier peuvent parfois avoisiner les 2 m de longueur ! Disposées en rosette à la base de la plante, elles ont une section d'abord triangulaire, puis elles s'aplatissent vers le sommet. Grâce à ses stolons, cette plante participe à l'envasement rapide des points d'eau.

## Écologie

Ces plantes se développent en bordure des eaux stagnantes ou très calmes. On les retrouve en France continentale, au-dessous de 500 m d'altitude.

## En phytoépuration

Les rubaniers peuvent être utilisés dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

La floraison peut s'avérer particulièrement originale et surprenante.



# Sagittaire à feuilles en flèche

*Sagittaria sagittifolia* (Alismatacées)

**Autres noms vernaculaires :** flèche d'eau, flèche, sagette

**Catégorie :** hydrophyte immergée enracinée ou héliophyte

**Température minimale :** -15 °C

## Description

Cette plante, qui mesure généralement 30 à 80 cm de hauteur, possède des feuilles flottantes en forme de fer de lance, et des feuilles aériennes en forme de pointe de flèche et à nervures rayonnantes. Les tiges florifères, tout comme les longues tiges des feuilles, sont de section triangulaire. Les fleurs blanches ou rosées apparaissent entre mai et juin. Composées de trois pétales, elles sont disposées en rayon sur une même tige. Les fleurs mâles pos-

sèdent une longue queue, et sont situées au-dessus des fleurs femelles, qui sont quant à elles moins nombreuses et possédant des pédoncules courts.

## Écologie

Comme de nombreuses autres espèces présentées dans cette partie, la sagittaire à feuilles en flèche est assez courante dans l'ensemble de l'Hexagone, excepté sur le pourtour méditerranéen et en Corse. Elle aime les eaux calmes ou à faible courant et préfère les substrats riches. Sa présence se limite à des altitudes assez faibles.

## En phytoépuration

Le sagittaire à feuilles en flèche peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.



# Salicaire commune



*Lythrum salicaria* (Lythracées)

**Autres noms vernaculaires :** lythrum salicaire, lysimaque rouge

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -25 °C

## Description

Cette plante vivace à large souche est commune en France, où on la retrouve au bord des eaux douces dans toutes les régions. Ses tiges rougeâtres sont dressées, quadrangulaires, et peuvent atteindre plus de 1,20 m de hauteur. Ses feuilles sont en forme de cœur à leur base et généralement caduques. En été, ses fleurs forment un long épi terminal rouge violet. D'ailleurs, le nom *Lythrum* signifie « couleur de sang mêlé de poussière ».



## Écologie

Cette plante affectionne particulièrement les sols gorgés d'eau et les situations ensoleillées. On la retrouve sur le bord des cours d'eau, mais aussi dans les talus humides, les fossés ou sur les bras morts des rivières. On la retrouve à l'état sauvage jusqu'à 1 400 m d'altitude.

## En phytoépuration

La salicaire commune peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- L'intérêt esthétique de cette plante est incontestable. D'ailleurs, elle est parfois vendue par les pépiniéristes comme plante d'ornement et/ou plante pour bassin.
- Ses sommités fleuries ont longtemps été consommées pour lutter contre les dysenteries et les diarrhées.

# Scirpe lacustre

*Scirpus lacustris* ou *Schoenoplectus lacustris* (Cypéracées)

**Autre nom vernaculaire :** jonc des tonneliers

**Catégorie :** hydrophyte

**Température minimale :** -18 °C

## Description

Cette plante, qui ressemble à un grand jonc, peut atteindre près de 3 m de hauteur. Sa tige est pleine et de couleur vert brillant. Grossièrement cylindrique, elle s'effile en pointe vers le haut. Ses feuilles sont généralement réduites à de simples gaines qui entourent les tiges à leur base. Ses fleurs, qui s'épanouissent de mai à septembre, sont rousses et hermaphrodites. Elles sont regroupées



en petits épis qui forment une sorte d'ombelle latérale située au sommet de la tige.

## Écologie

Cette plante est caractéristique des eaux dormantes, parfois profondes. On la retrouve également dans les eaux calmes des rivières. Son système racinaire rhizomateux peut la rendre parfois envahissante. Elle est très commune en France métropolitaine au-dessous de 1 500 m d'altitude.

## En phytoépuration

Le scirpe lacustre peut être utilisé dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Cette plante est parfois utilisée dans la lutte contre l'érosion, pour protéger et stabiliser les berges, et elle a été pendant longtemps coupée pour la vannerie.

# Saules

*Salix spp.* (Salicacées)

**Autre nom vernaculaire :** osier

**Catégorie :** rivulaire

**Température minimale :** -35 °C environ

## Description

Le genre *Salix* regroupe environ 300 espèces d'arbres ou d'arbustes de l'hémisphère nord, ou d'Amérique du Sud pour certaines espèces. Toutes les espèces présentes en Europe sont caduques et dioïques, c'est-à-dire que les organes mâles et femelles sont portés par des pieds séparés.

Le saule blanc, *Salix alba*, est très répandu en Europe et en Asie occidentale et septentrionale. Il s'agit d'un arbre pouvant atteindre 25 m de hauteur. Il pousse spontanément dans les sols humides ou détrempés, dans les zones marécageuses ou le long des cours d'eau. Son feuillage est lancéolé, d'un vert éteint sur la face supérieure, et argenté sur le revers. Le saule marsault (*S. caprea*) est tout aussi répandu, mais ne se rencontre pas en altitude. Lui est un arbrisseau dont le bois est rouge brun chez les pieds mâles, et vert chez les pieds femelles. Le saule pourpre, ou osier rouge (*S. purpurea*) est très connu pour le jeune bois qu'il fournit à la filière de la vannerie. Ne dépassant pas 3 m de hauteur, son jeune bois est grêle, rouge, lisse et brillant, et il se travaille très bien. Le saule noir (*S. nigra*), comme son nom l'indique, possède quant à lui une écorce sombre qui n'est pas sans intérêt ornemental. Il est facilement reconnaissable à la couleur de son bois, mais aussi à ses ramifications, qui débutent dès la base du tronc, c'est à dire au ras du sol. *S. babylonica*, ou saule de Babylone (mieux connu sous le nom de « saule pleureur »), doit son nom à ses origines orientales, d'où il a été importé vers 1730. Il est aujourd'hui

très fréquent dans les parcs publics et les jardins, notamment dans le sud de la France, où l'ombre qu'il fournit en été est précieuse...

## Écologie

Les saules sont des espèces de régions aux saisons marquées. Ils sont rustiques et apprécient particulièrement les situations fraîches voire humides.

## En phytoépuration

Les saules peuvent être utilisés dans les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

- Les saules jouent un rôle majeur dans la composition des ripisylves et la prévention de l'érosion.
- Leur production de biomasse est intéressante (exploitation du bois).
- De nombreuses parties des saules (cambium, chatons, feuilles) ont jadis été utilisées à des fins alimentaires.

*Saule noir.*





*Les saules poussent spontanément le long des cours d'eau et dans les zones marécageuses. D'ailleurs, ils sont bien souvent les premiers arbres à s'y installer.*

# Véronique des ruisseaux

*Veronica beccabunga* (Plantaginacées)

**Autre nom vernaculaire :** cresson de cheval, salade de chouette

**Catégorie :** héliophyte

**Température minimale :** -18 °C

## Description

Les feuilles de la véronique des ruisseaux sont courtement pétiolées, à limbe un peu charnu, ovales, obtues au sommet et crénelées sur le bord. Sa tige, qui mesure entre 20 et 80 cm, est couchée ascendante et radicante\* dans le bas, de section cylindrique et presque pleine. Entre mai et septembre, apparaissent des grappes de fleurs opposées\*. La corolle, de 5 à 7 mm de diamètre, est bleu vif, voire rosée exceptionnellement.

Cette plante vit dans les fossés, les suintements, le long des résurgences, sur le bord des ruisseaux, et toujours en zone inondable l'hiver. Elle est présente dans toutes les régions de France.

## En phytoépuration

La véronique des ruisseaux peut être utilisée dans les dispositifs de phytoépuration individuels, les piscines naturelles, les bassins d'ornement et les zones tampons.

## Autre(s) intérêt(s)

Cette plante est comestible. Attention toutefois, elle peut être contaminée par la douve du foie. Elle ne doit donc pas être consommée dans les zones soumises au pâturage, et être toujours cuite, comme toutes les plantes aquatiques.



# Conclusion

Ces dernières années, la phytoépuration n'a cessé de progresser et de faire ses preuves. Bien qu'ils ne constituent pas une solution miracle, les dispositifs de **traitement des eaux usées** par les plantes sont aujourd'hui reconnus efficaces et fiables, et ils ne cessent de gagner du terrain. La recherche et les expérimentations avancent désormais dans d'autres domaines annexes tels que la **dépollution des sols**, le traitement des **lixiviats\***, etc. Les perspectives ouvertes par ces dispositifs végétalisés sont donc nombreuses, prometteuses et porteuses d'espoirs importants. Il faut dire que les enjeux sont colossaux !

Mais il ne faudrait pas que ces découvertes et ces techniques nous rendent moins vigilants, occultant ainsi le fond du problème : la **prévention des pollutions**. Autrement dit, il ne faudrait pas que nos techniques de dépollution de l'eau ne soient une

excuse pour continuer à polluer. L'un des enjeux majeurs de notre époque reste donc inchangé : **limiter notre impact sur l'environnement** en réduisant notre production de déchets. Pour reprendre un célèbre adage : mieux vaut éviter de polluer que d'avoir à dépolluer !

Heureusement, et une fois de plus, la biodiversité et la complexité de ses connexions nous apportent une solution que la technologie moderne n'a su proposer... Admettons-le, la nature fait souvent mieux que les créations humaines ! Voici quatre siècles, René Descartes avançait dans sa philosophie mécaniste que tous les processus biologiques pouvaient être remplacés ou reconstitués par des processus mécaniques. Les résultats apportés par la phytoépuration et les perspectives qu'elle ouvre sont incontestablement la preuve du contraire...



# Annexes

# Glossaire

**Adsorption** : phénomène chimique par lequel un atome ou une molécule se fixe sur une surface selon diverses interactions.

**Adventices** : plante qui pousse dans un endroit sans y avoir été intentionnellement semée ou plantée.

**Aérenchyme** : tissu aérifère présent chez certaines espèces végétales formant un canal et permettant des échanges gazeux entre les parties aériennes et les racines.

**Aérifère** : qui participe à la circulation de l'air.

**Aérobie** : se dit d'un milieu où l'oxygène est présent, et des organismes vivants qui ont besoin d'oxygène pour vivre.

**Akène** : fruit sec qui ne s'ouvre pas spontanément à maturité (indéhiscant).

**Alterne** : inséré isolément sur la tige d'une plante à différents niveaux.

**Ammonification** : libération d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) par de la matière organique azotée, du fait de l'action de micro-organismes. C'est l'une des phases du cycle de l'azote qui se déroule en milieu aérobie\*.

**Anaérobie** : se dit d'un milieu où l'oxygène est absent, et des organismes vivants qui ne peuvent pas se développer en présence d'oxygène.

**Anoxique** : milieu privé d'oxygène.

**Anthères** : parties terminales de l'étamine portant le pollen.

**Autotrophe** : se dit d'un être capable de produire sa propre matière organique en assimilant du carbone minéral.

**Bâchée** : caractérise un mode d'alimentation d'un dispositif d'assainissement par arrivées massives d'eau par intermittence, à l'inverse d'une alimentation par un flux d'eau continu.

**Biotope** : milieu de vie défini par des caractéristiques physiques et chimiques bien déterminées.

**Bractée** : feuille réduite, souvent colorée, accompagnant les fleurs.

**By-pass** : canalisation de contournement (d'évitement) d'un ouvrage d'assainissement.

**Capitule** : inflorescence formée de nombreuses petites fleurs insérées sur un pédoncule élargi, caractéristique des plantes de la famille des Astéracées.

**Carpelle** : enveloppe protectrice d'origine foliacée enfermant les ovules.

**Charge organique** : quantité de pollution organique contenue dans les effluents.

**Chasse à auget** : dispositif placé avant un ouvrage d'assainissement permettant une alimentation par bâchées\*.

**Chimique (pollution)** : sous le terme de « pollution chimique » se cache en réalité une grande diversité de molécules, toutes plus nocives les unes que les autres, telles que les hydrocarbures, les produits pharmaceutiques, les résidus médicamenteux, les métaux et les métaux lourds, les tensioactifs, etc.

**Chloroplaste** : organite\* cellulaire des algues et des plantes contenant des pigments (chlorophylle) permettant de capter la lumière solaire dont l'énergie est nécessaire pour réaliser la photosynthèse.

**Clarificateur (ou décanteur secondaire)** : ouvrage dans lequel les boues activées sont séparées par décantation des eaux épurées.

**Complexation** : phénomène chimique par lequel des molécules créent des interactions pour former une structure de plus grande taille.

**Composés calciques** : composés chimiques contenant du calcium.

**Corymbe** : inflorescence présentant des fleurs sur un seul plan portées par des pédoncules de longueurs inégales.

**Daphnies** : petits crustacés aquatiques se nourrissant de phytoplancton.

**Décantation** : séparation physique, sous l'action de la gravité, des matières en suspension dans l'eau.

**Décanteur** : bassin dans lequel la majorité des matières solides sont séparées par décantation des eaux usées brutes ou pré-traitées qui le traversent.

**Dégrilleur** : appareil placé en entrée d'une station d'épuration et destiné à séparer des particules grossières et des objets contenus dans les eaux usées, par rétention sur des grilles raclées manuellement ou mécaniquement.

**Demande biochimique en oxygène** : concentration en oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder la matière organique pendant 5 jours à 20 °C (on parle alors de DBO<sub>5</sub>).

**Demande chimique en oxygène (DCO)** : consommation en oxygène par les oxydants chimiques.

**Dénitrification** : réduction des nitrates et des nitrites pour libérer principalement de l'azote gazeux, généralement sous l'action des bactéries.

**Désorption** : phénomène chimique opposé à l'adsorption\*, par lequel un atome ou une molécule se détache d'une surface à laquelle il/elle était lié(e) selon diverses interactions.

**Dystrophie** : phénomène par lequel un milieu naturel subit un excès d'apports nutritifs conduisant à sa dégénérescence.

**Eaux brunes** : eaux issues du ruissellement des eaux pluviales sur les aires agricoles souillées par des déjections animales (fumier et/ou lisier).

**Eaux vertes** : eaux issues du nettoyage des aires et des quais de bâtiments d'élevage

après enlèvement des déjections animales et des boues.

**Écotone** : milieu naturel jouant le rôle de transition entre deux écosystèmes. La ripisylve est un écotone entre le milieu aquatique et le milieu forestier.

**EH (équivalent-habitant)** : cette unité correspond à la quantité moyenne d'eaux usées et de pollution produite par habitant et par jour.

**Eutrophe** : se dit d'un milieu dans lequel les éléments nutritifs sont présents en abondance.

**Eutrophisation** : phénomène évolutif par lequel la production importante de matière organique profite à une chaîne alimentaire bien développée.

**Exsudats** : excrétion élaborée par un végétal et libérée dans le milieu *via* les racines.

**Exutoire** : milieu naturel dans lequel se fait le rejet des eaux traitées en sortie de station d'épuration.

**Filtres compacts** : massif filtrant contenu dans un ouvrage compact.

**Filtres plantés** : massif filtrant végétalisé à sa surface.

**Fond de fouille** : dans le domaine des travaux publics, le fond de fouille correspond au fond d'un creusement ouvert dans le sol.

**Gabion** : massif de graviers permettant la diffusion ou le drainage des eaux.

**Hélophytes** : plantes enracinées dont les bourgeons sont submergés pendant la période de repos (l'hiver) dans l'eau ou la vase, et dont les organes végétatifs (le feuillage) sont situés au-dessus du niveau de l'eau. Il s'agit en fait des plantes qui poussent les pieds dans l'eau.

**Hépatiques** : petits végétaux d'apparence semblable aux mousses, qui se développent dans les lieux humides.

**Humifié** : transformé en humus\*.

**Humus** : couche supérieure du sol créée et entretenue par la décomposition de la matière organique, principalement par l'action combinée des animaux, des bactéries et des champignons du sol.

**Hydrolysat**ion : dégradation d'une molécule sous l'action de l'eau.

**Hydrophytes** : plantes aquatiques dont l'appareil végétatif est soutenu par l'eau grâce à la présence d'aérenchymes\* dans leurs tissus.

**Ionique** : qui se présente sous la forme d'un ion, c'est-à-dire une espèce chimique électriquement chargée. Par exemple, l'azote peut prendre diverses formes ioniques comme l'ion nitrate  $\text{NO}_3^-$ , ou l'ion nitrite  $\text{NO}_2^-$ .

**Ligule** : membrane située au sommet de la gaine des graminées et embrassant le chaume.

**Lits** : compartiments d'un filtre planté.

**Lixiviats** : liquides résiduels provenant de la percolation d'eau à travers un massif pollué.

**Macrophyte** : plante aquatique de grande taille, par opposition aux microphytes\*.

**Matières en suspension (MES)** : ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu et présentes dans l'eau. Plus une eau en contient, plus elle est dite turbide.

**Mésotrophe** : se dit d'un milieu dans lequel les éléments minéraux sont présents en quantité raisonnable.

**Métabolites** : composés stables, issus de la transformation biochimique d'une molécule initiale par le métabolisme.

**Micro-organismes** : organismes vivants microscopiques comprenant notamment les bactéries et certains champignons microscopiques.

**Microbiologique (pollution)** : pollution qui comprend tous les germes pathogènes pouvant être présents dans les eaux usées.

**Microphytes** : plantes aquatiques microscopiques, par opposition aux macrophytes\*.

**Minéralisation** : processus de dégradation de la matière organique sous l'action des micro-organismes conduisant à la libération de matières inorganiques.

**Nitrification** : processus biologique se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et par lequel la forme ammoniacale de l'azote est transformée en ions nitrites puis nitrates.

**Noie** : fossé large et peu profond, temporairement inondé et végétalisé par des espèces rivulaires\* ou aquatiques.

**Oligotrophe** : se dit d'un milieu dans lequel les éléments nutritifs, azote et phosphore principalement, sont présents en faible quantité.

**Opposé** : inséré isolément sur la tige d'une plante au même niveau.

**Organique (pollution)** : la pollution organique est la conséquence de la dégradation d'organismes ou de leurs déchets biologiques (excréments par exemple).

**Organite** : structure spécialisée contenues dans le cytoplasme des cellules.

**Oxydation** : processus de dégradation de la matière organique sous l'action des micro-organismes en présence d'oxygène, conduisant à la libération de composés inorganiques.

**Panicule** : inflorescence dans laquelle les axes secondaires vont en décroissant de la base au sommet.

**Pédologie** : science du sol, étude des sols.

**Percolation** : désigne le passage d'un fluide à travers un milieu plus ou moins perméable.

**Phytoaccumulation** : capacité de certaines plantes à stocker une molécule polluante dans ses parties aériennes.

**Phytodégradation** : capacité de certaines plantes à transformer une molécule polluante en sous-produits.

**Phytoépuration** : ensemble de techniques associant des processus naturels issus de la combinaison végétaux + substrat

+ micro-organismes réunie dans un écosystème artificiel doué d'une capacité d'épuration.

**Phytoextraction** : capacité de certaines plantes à absorber une molécule polluante présente dans le milieu dans lequel elle se développe.

**Phytoremédiation** : technique basée sur l'utilisation de végétaux pour la décontamination des sols pollués.

**Phytostabilisation** : capacité de certaines plantes à empêcher le transfert de molécules polluantes dans le milieu par séquestration dans leurs racines (rhizofiltration) ou leurs parties aériennes (phytoaccumulation), sans pour autant que ces molécules polluantes soient dégradées.

**Phytotoxique** : toxique pour les plantes.

**Phytovolatilisation** : capacité de certaines plantes à mettre en phase gazeuse (volatiliser) certains polluants présents dans l'eau, les sols, les boues ou les sédiments contaminés.

**Poste de relevage** : ouvrage muni de pompes permettant de relever les eaux face à une contre-pente du terrain.

**Radicante** : qui court sur le sol et qui se marcotte naturellement sans difficulté.

**Réacteur biologique** : ouvrage dans lequel sont créées des conditions de vie favorables à des micro-organismes afin d'en tirer un bénéfice (épuration des eaux usées par exemple).

**Revanche** : espace vertical libre entre le tuyau d'arrivée des eaux usées et la surface du filtre planté.

**Rhizofiltration** : capacité de certaines plantes à séquestrer une molécule polluante dans leurs racines.

**Rhizoïdes** : poils latéraux ressemblant à des racines et assurant la fixation.

**Rhizosphère** : zone d'influence des racines.

**Rhizostimulation** : phénomène de stimulation des micro-organismes par les plantes, *via* la production d'exsudats, l'oxygénation, etc.

**Ripisylve** : formation végétale, composée d'espèces ligneuses et herbacées, qui borde les cours d'eau. Elle constitue un espace de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre.

**Rivulaire** : qui se développe aux abords d'un milieu aquatique.

**Roselière** : zone périphérique de certains milieux aquatiques dans lesquelles les roseaux constituent l'essentiel de la végétation.

**Scarification** : action par laquelle un substrat est décolmaté et griffonné.

**Skimmer** : équipement de piscine jouant le rôle d'écumeur de surface et correspondant au point d'entrée des eaux dans le système de filtration.

**Spadice** : inflorescence allongée formée de minuscules fleurs mâles et femelles superposées sur un axe charnu.

**Spathe** : grande feuille en forme de cornet protégeant l'inflorescence.

**Style** : partie effilée qui prolonge l'ovaire du pistil et se termine en stigmate.

**Substrat** : granulat servant de support de fixation aux micro-organismes épurateurs et de plantation des végétaux.

**Surface utile** : surface de la zone de filtration effective.

**Tout-à-l'égout** : réseau de canalisations assurant le transport des eaux usées vers une station d'épuration.

**Zone humide** : milieu naturel inondé, temporairement ou en permanence, et colonisé par des espèces végétales inféodées aux milieux rivulaires et/ou aquatiques.

# Carnet d'adresses

## Sites internet officiels

**Portail internet interministériel sur l'assainissement non collectif**

[www.assainissement-non-collectif.developpement-durable.gouv.fr](http://www.assainissement-non-collectif.developpement-durable.gouv.fr)

*Informations sur la réglementation, la liste des dispositifs agréés et les plans d'action en cours menés par les ministères concernés par l'assainissement autonome. Ce portail dispose également d'une foire aux questions qui permet d'apporter de nombreuses réponses.*

**Portail internet ministériel sur l'assainissement communal**

<http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr>

*Éléments d'information sur la réglementation applicable à l'assainissement collectif, cartographie des stations d'épuration françaises avec leur niveau de conformité.*

**Portail et site internet de l'Observatoire national des services d'eau et d'assainissement**

[www.eaufrance.fr](http://www.eaufrance.fr)

[www.services.eaufrance.fr](http://www.services.eaufrance.fr)

*Point d'accès unique à toutes les informations et les données publiques relatives à l'eau et aux milieux aquatiques.*

**Site du groupe d'Évaluation des procédés nouveaux d'assainissement des petites et moyennes collectivités (EPNAC)**

<http://epnac.irstea.fr>

*Site dédié à tous les acteurs concernés par l'assainissement pour les petites et moyennes collectivités (maîtres d'œuvre, décideurs, élus, financeurs, scientifiques, bureaux d'études, constructeurs, étudiants...).*

## Sociétés agréées en assainissement individuel

**Aquatiris**

La Barberais, Percotte, 35190 Quebriac, tél. 0800 300 325, [www.aquatiris.fr](http://www.aquatiris.fr)

**Blueset** (anciennement Recycl'eau)

150 avenue des Ferrailles, ZI Les Ferrailles, 84800 Isle-sur-la-Sorgue, tél. 04 84 36 00 00, [www.blue-set.fr](http://www.blue-set.fr)

**Epur Nature**

ZAC des Balarucs, 12 rue Toussaint-Fléchaire, 84510 Caumont-sur-Durance, tél. 04 90 01 21 21, [www.epurnature.fr](http://www.epurnature.fr)

**Opure/Jean Voisin**

Les Charmilles, ZA Les Poupinières, 37360 Beaumont-la-Ronce, tél. 02 47 24 42 46, [www.jean-voisin.fr](http://www.jean-voisin.fr), [www.o-pure.fr](http://www.o-pure.fr)

## Agences de l'eau

**Agence de l'eau Adour-Garonne**

90 rue de Férétra, CS 87801, 31078 Toulouse Cedex 4, tél. 05 61 36 37 38, [www.eau-adour-garonne.fr](http://www.eau-adour-garonne.fr)

**Agence de l'eau Loire-Bretagne**

9 avenue Buffon, CS 36339, 45063 Orléans Cedex 2, tél. 02 38 51 73 73, [www.eau-loire-bretagne.fr](http://www.eau-loire-bretagne.fr)

**Agence de l'eau Seine-Normandie**

51 rue Salvador Allende, 92027 Nanterre Cedex, tél. 01 41 20 16 00, [www.eau-seine-normandie.fr](http://www.eau-seine-normandie.fr)

**Agence de l'eau Artois-Picardie**

Centre Tertiaire de l'Arsenal, 200 rue Marceline, BP 80818, 59508 Douai Cedex, tél. 03 27 99 90 00, [www.eau-artois-picardie.fr](http://www.eau-artois-picardie.fr)

**Agence de l'eau Rhin-Meuse**

Chemin du Longeau, BP 30019  
Rozerieulles, 57161 Moulins-les-Metz  
Cedex, tél. 03 87 34 47 00,  
www.eau-rhin-meuse.fr

**Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-  
Corse**  
2-4 allée de Lodz, 69363 Lyon Cedex 07,  
tél. 04 72 71 26 00, www.eaurmc.fr

## Organismes publics

### **Agence française pour la biodiversité (AFB) (ONEMA)**

*L'AFB comprend neuf délégations inter-  
régionales en métropole. En Outre-mer,  
la mission est déléguée à la direction du  
contrôle des usages et de l'action territo-  
riale.*

**Normandie - Hauts-de-France**  
2 rue de Strasbourg, 60200 Compiègne,  
tél. 03 44 38 52 52

**Bretagne – Pays-de-la-Loire**  
84 rue de Rennes, 35510 Cesson-Sévigné,  
tél. 02 23 45 06 06

**Grand Est**  
23 rue des Garennes, 57155 Marly,  
tél. 03 87 62 38 78

**Centre – Val-de-Loire**  
9 avenue Buffon, Bâtiment Vienne, 45063  
Orléans Cedex 2, tél. 02 38 25 16 80

**Auvergne – Rhône-Alpes**  
Chemin des Chasseurs, Parc de Parilly,  
69500 Bron, tél. 04 72 78 89 40

**Nouvelle-Aquitaine**  
351-353 bd du Président Wilson,  
33200 Bordeaux

**Occitanie**  
Quai de l'Étoile, 7 bd de la Gare,  
31000 Toulouse, tél. 05 62 73 76 80  
**PACA – Corse**

Domaine du petit Arbois, Pavillon  
Laënnec, Hall E-RDC, avenue Louis-  
Philibert, CS 80654, 13545 Aix-en-Provence  
Cedex 4

**Bourgogne – Franche-Comté**  
Bd Dr Jean-Veillet, 21000 Dijon,  
tél. 03 80 60 98 20

**Délégation à l'Outre-mer**  
« Le Nadar » Hall C, 5 square Félix-Nadar,  
94300 Vincennes, tél. 01 45 14 36 00

### **Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea)**

**Irstea**  
Siège social: 1 rue Pierre-Gilles de Gennes,  
CS 10030, 92761 Antony Cedex,  
tél. 01 40 96 61 21, www.irstea.fr

# Bibliographie

## Rapports et publications

- *Traitement des eaux usées domestiques par marais artificiels : état de l'art et performances des filtres plantés de roseaux en France*, P. Molle et al., « Ingénieries », numéro spécial, Cemagref, 2004.
- *Les filtres plantés de roseaux en Provence-Alpes-Côte d'Azur*, ARPE (Agence régionale pour l'environnement de la région PACA), « Dossiers techniques de l'ARPE », 2012.
- *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités*, Alexandre O. et al., « Documents techniques du Fndae », n° 22, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 1998.
- *Lumière sur le véritable rôle des végétaux dans le traitement des eaux usées*, Groupe de travail national sur l'Évaluation des procédés nouveaux d'assainissement des petites et moyennes collectivités (EPNAC), 2014.
- *Épuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes : recommandations techniques pour la conception et la réalisation*, Groupe Macrophytes et traitement des eaux, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, 2005.
- *Les procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse : éléments de comparaison techniques et économiques*, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2007.
- *Biologie*, Raven P. et al., éditions De Boeck, 2008.
- *Fosse septique, roseaux, bambous ? Traiter écologiquement ses eaux usées*, Cabrit-Leclerc S., Terre vivante, 2008.
- *Efficacité des filtres plantés de roseaux pour le traitement des métaux et hydrocarbures : cas des eaux pluviales*, Blake G., Polytech' Savoie, Journées de l'eau de l'Assemblée des pays de Savoie, 2007.
- *Efficacité des zones tampons humides à*

*réduire les teneurs en pesticides des eaux de drainage*, Vallée R., thèse de fin d'études, Université de Lorraine, 2015.

- *Guide technique à l'implantation des zones tampons humides artificielles (ZTHA) pour réduire les transferts de nitrates et de pesticides dans les eaux de drainage*, Rapport final, Tournebize J. et al., ONEMA & Irstea, 2015.
- *Plantes aquatiques, eau pure*, Lazardin A. et G., éditions Sang de la Terre, 2011.
- *Antimicrobial properties of roots exudate of three macrophytes: Mentha aquatica L., Phragmites australis (Cav.) Trin. and Scirpus lacustris L.*, Vincent G., Dallaire S., Lauzer D., 4<sup>th</sup> International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control, Guangzhou, China, 1994.
- *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*, Vymazal J., Brix H., Cooper P.F., Green M.B, et Haberl R., Backhuys Publishers, Pays Bas, 1998.

## Sites internet

**Site de l'ONEMA dédié aux zones tampons**  
<http://zonestampons.onema.fr>

*Informations sur les zones tampons ainsi que sur les enjeux et les processus à l'origine de la pollution des ressources en eau, dans le but de promouvoir les zones tampons comme moyen de réduction des pollutions.*

**Site du groupe de travail EPNAC**

<http://epnac.irstea.fr/zones-de-rejet-vegetalisees>

*Nombreux rapports et documents de travail concernant le concept, le rôle et les mécanismes mis en jeu dans les zones de rejet végétalisées.*

**Site du ministère de l'Environnement**

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

*Informations générales sur les politiques publiques en matières d'environnement et de développement durable.*

#### **Site de l'Anses**

www.anses.fr

*Documents et rapports de l'Anses, notamment en matière de santé, d'environnement et de produits phytopharmaceutiques, biocides et fertilisants.*

#### **Blog de Marc Laimé**

www.eauxglacees.com

*Marc Laimé est journaliste spécialisé et conseil sur les politiques publiques de l'eau auprès de collectivités locales. Dans son blog, il apporte un regard critique sur les politiques publiques en matière d'eau et d'assainissement, et leur actualité.*

## **Textes réglementaires**

### **Dispositifs collectifs et individuels de plus de 20 EH**

- Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO<sub>5</sub>.
- Arrêté du 7 septembre 2009 (modifié par l'arrêté du 7 mars 2012) fixant les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO<sub>5</sub>.

### **Dispositifs individuels de moins de 20 EH**

- Arrêté du 27 avril 2012 relatif aux modalités de l'exécution de la mission de contrôle des installations d'assainissement non collectif.

## **Agréments**

### **Aquatiris**

- *Journal officiel de la République française* du 20 décembre 2011, « Avis relatif à l'agrément

de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : ETSP1113459V).

- *Journal officiel de la République française* du 25 avril 2014, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : DEVL1330222V).
- *Journal officiel de la République française* du 16 janvier 2016, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : AFSP1525827V).
- *Journal officiel de la République française* du 7 août 2014, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : DEVL1417161V).
- *Journal officiel de la République française* du 8 juin 2016, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : AFSP1609863V).

### **Blueset (anciennement Recycl'eau)**

- *Journal officiel de la République française* du 13 mars 2014, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : DEVL1403095V).

### **Epur Nature**

- *Journal officiel de la République française* du 4 juillet 2012, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : DEVL1226767V).

### **Opure/Jean Voisin**

- *Journal officiel de la République française* du 19 avril 2014, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : DEVL1404471V).
- *Journal officiel de la République française* du 28 juillet 2015, « Avis relatif à l'agrément de dispositifs de traitement des eaux usées domestiques et fiches techniques correspondantes » (NOR : AFSP1517350V).

## Guides d'utilisation

- **Aquatiris** (octobre 2015), « Guide d'utilisation, dispositif de traitement des eaux usées par filtres plantés sans fosse septique, Jardis-assainissement, modèle : FV + FH, gamme 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20 EH ».
- **Aquatiris** (avril 2016), « Guide d'utilisation, dispositif de traitement des eaux usées par filtre planté de roseaux sans fosse septique, Jardis-assainissement, gamme : FV, modèle 3, 5, 6, 10, 12, 20 EH ».
- **AutoEpure®** (février 2012), « Guide utilisateur, assainissement non collectif par filtre planté de roseaux ».
- **Blueset/Recycl'eau** (25 février 2014), « Guide de l'utilisateur, dispositif de traitement des eaux usées domestiques, Phytostation Recycl'eau 6 EH ».
- **Ecophyltre** (27 avril 2015), « Dispositif de traitement Ecophyltre, guide utilisateur, modèle 5 EH, 7 EH, 10 EH ».

# Liste des sigles et abréviations

**ADEME** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

**AFB** : Agence française pour la biodiversité.

**ANC** : assainissement non collectif.

**Anses** : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

**ARS** : agence régionale de santé.

**BTEX** : benzène, toluène, éthylbenzène, xylène.

**CPBO** : charge de pollution brute organique.

**DBO<sub>5</sub>** : demande biochimique en oxygène sur 5 jours.

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**DDASS** : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales.

**EH** : équivalent-habitant.

**EPNAC** : Évaluation des procédés nouveaux d'assainissement des petites et moyennes collectivités.

**ETM** : éléments-traces métalliques.

**HAP** : hydrocarbures aromatiques polycycliques.

**HPT** : hydrocarbures pétroliers totaux.

**INRA** : Institut national de la recherche agronomique.

**Irstea** : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.

**ISDND** : Installation de stockage des déchets non dangereux.

**MES** : matières en suspension.

**PEHD** : polyéthylène haute densité.

**PRV** : polyester renforcé de fibres de verre.

**SPANC** : Service public d'assainissement non collectif.

**ZTHA** : zone tampon humide artificielle.

# Index

- Abattements théoriques 60, 61, 67, 72  
Adsorption 28, 33, 66  
Aérobic 17 et suiv., 30, 31, 42  
Agrément 24, 76, 78, 105, 106, 201  
Ammonification 31  
Anaérobic 17 et suiv.  
Analyse (d'eau) 15, 60, 67, 72, 124, 127  
Assainissement collectif 17, 20, 23, 25, 55 et suiv.  
Assainissement individuel 16, 19, 20, 22, 25, 76 et suiv., 104  
Auto-épuration 13, 118  
Azote 30 et suiv., 42, 59, 109, 134, 135
- Bâchée 58, 84, 88, 93, 98, 102  
Bambou 46, 149  
Bandes enherbées 108, 110, 120  
Bassin artificiel 21, 68  
Bassin d'ornement 128 et suiv., 142 et suiv.  
Bassin de baignade 122 et suiv.  
Bassin de décantation 66, 112  
Bassin de filtration 122 et suiv.  
Bassin de rétention 112, 117  
Bioaccumulation 37, 138  
Biodiversité 24, 37, 113 et suiv., 132, 191  
Boues 17 et suiv., 134  
Boues activées 18, 23, 78
- Carbone 30, 135  
Clarificateur 19, 20  
Curage 22 et suiv., 103  
Cuve 18 et suiv., 77, 85 et suiv., 95 et suiv., 134
- Décantation 17 et suiv., 40, 65, 68, 118, 134  
Décanteur-digesteur 17 et suiv., 66  
Décolmatage 29, 44  
Dégradation 16, 19 et suiv., 32, 36, 109, 110, 114, 142  
Dégrilleur 58, 63, 70, 75  
Demande biochimique en oxygène (DBO) 30, 55, 61, 67, 72, 76, 135  
Demande chimique en oxygène (DCO) 55, 61, 67, 72  
Dénitrification 31, 115  
Dépollution 16, 36, 38, 113, 136
- Dispositions réglementaires 77  
Disques biologiques 18, 23
- Eaux blanches 134  
Eaux brunes 134  
Eaux pluviales 45, 112 et suiv., 134  
Eaux usées agricoles 107, 134  
Eaux usées industrielles 135  
Eaux vertes 134  
Écoulement horizontal 20, 45, 56, 65, 80, 91, 99, 115, 134  
Écoulement vertical 20, 44, 56, 58, 63, 71, 80, 85, 91, 95, 99, 99, 112, 134  
Efficacité épuratoire 60, 67, 72, 76  
Effluent 19 et suiv., 58, 119, 120, 122, 134, 135, 136  
Équivalent-habitant 59  
Eutrophisation 31, 32, 46  
Évapotranspiration 19 et suiv., 45  
Exsudat 28, 41, 56
- Faucarder 51  
Filtre à sable 19, 22  
Filtre horizontal (voir Écoulement horizontal)  
Filtre vertical (voir Écoulement vertical)  
Filtres compacts 19 et suiv., 78  
Filtres plantés 20 et suiv., 44, 134  
Fossé 112, 116, 117 et suiv., 143  
Fosses toutes eaux 19 et suiv., 44
- Gabion d'alimentation 67  
Gabion d'évacuation 66 et suiv.  
Gabion de répartition 66  
Géomembrane 80, 87, 91, 98, 99  
Germe pathogène 40, 41  
Glyphosate 118
- Haie 108, 115, 143  
Hélophytes 142, 143  
Hydrolyse 33  
Hydrophytes 142
- Infiltration 20, 43, 45, 110, 112, 113, 120, 139
- Lagunage 20 et suiv., 68 et suiv., 134  
Lagunage aéré 68, 71  
Lit bactérien 17 et suiv.  
Lixiviats 134, 135, 191

**Macrophytes** 20, 44, 51 et suiv., 56, 65, 134, 135  
**Mare** 117, 132  
**Massif filtrant** 20, 42  
**Matières en suspension (MES)** 17, 29, 44  
**Métaux lourds** 34, 112, 136 et suiv.  
**Micro-organismes** 13, 17 et suiv., 28 et suiv.  
**Microphytes** 68  
**Microstation** 19 et suiv.  
**Mycorhizien (champignon)** 42  
  
**Nitrates** 14, 31, 42, 110, 113 et suiv., 131  
**Nitrification** 31  
**Nitrites** 31, 42, 61  
  
**Oxygénation** 19, 28, 41, 42, 56, 131, 139, 142  
  
**Perturbateurs endocriniens** 34  
**Pesticides** 14 et suiv., 34, 109, 114  
**Phosphore** 30, 32, 33, 42  
**Photosynthèse** 30, 136  
**Phytoaccumulation** 36, 151  
**Phytodégradation** 36, 137, 151, 172  
**Phytoplancton** 74  
**Phytoremédiation** 13, 136 et suiv.  
**Phytovolatilisation** 38, 137, 172  
**Piscine écologique** 122 et suiv., 131  
**Piscine naturelle** 122 et suiv., 132  
**Plantes de berge** 131  
**Plantes immergées** 131  
**Plantes indésirables** 52, 109  
**Pollution agricole** 13, 108  
**Pollution azotée** 32  
**Pollution chimique** 16, 28, 34 et suiv., 137  
**Pollution industrielle** 13, 34, 135  
**Pollution microbiologique** 28, 40 et suiv.  
**Pollution organique** 16, 28, 30, 42, 55, 76, 122  
  
**Pollution phosphorée** 33  
**Produits phytosanitaires** 109, 113, 118  
  
**Recirculation** 19  
**Régénération** 122 et suiv.  
**Réglementation** 17, 24, 56, 76 et suiv., 104, 109, 120, 127, 130, 134  
**Rendements épuratoires** 17 et suiv., 104, 134, 135  
**Réseau hydraulique** 117  
**Revanche** 82, 86, 100  
**Rhizofiltration** 36 et suiv.  
**Ripisylve** 75, 108, 114 et suiv., 143  
**Rivulaire** 108, 113, 142  
**Roseau** 28, 42 et suiv., 142  
  
**Sédimentation** 110  
**Station d'épuration** 52, 59, 119  
**Substrat** 13, 20, 28, 40 et suiv., 56, 135, 142  
**Symbiose** 42, 135  
  
**Tampon hydraulique** 112, 119  
**Toilettes sèches** 54  
**Traitement primaire** 17 et suiv., 45  
**Traitement secondaire** 19 et suiv.  
**Transferts de pollution** 25, 36, 108 et suiv., 139  
  
**Zone d'aération** 124  
**Zone de rejet** 59, 119  
**Zone tampon** 110, 120, 132  
**Zone tampon humide** 113 et suiv.  
**Zone tampon humide artificielle** 117 et suiv.  
**Zone tampon sèche** 110 et suiv.

# DÉJÀ PARUS AUX ÉDITIONS TERRE VIVANTE

## **Le Guide Terre vivante du potager bio**

Cultiver, soigner, conserver  
Jean-Paul Thorez et Christian Boué

**J'aménage  
ma mare naturelle**  
Gilles Leblais

**J'économise l'eau au potager**  
Quand et comment arroser  
Blaise Leclerc et Jean-Jacques Raynal

**Le verger bio**  
Arbres et arbustes  
Alain Niels Pontoppidan

**Mon petit jardin en permaculture**  
Durable, esthétique et productif !  
Joseph Chauffrey

**Le Guide Terre vivante  
de l'autonomie au jardin**  
Savoir tout faire au potager,  
poulailler, rucher...  
Collectif

## **Les clés d'un sol vivant**

Comment améliorer la terre de son jardin  
Blaise Leclerc

**Maladies et ravageurs au potager bio**  
Prévenir, identifier, soigner... sans  
produits chimiques !  
Collectif

**Plantes envahissantes, pionnières  
ou simplement expansives ?**  
Comment vivre avec au jardin écologique  
Brigitte Lapouge-Déjean et Gilles Clément

**Des fleurs sauvages dans mon jardin**  
Les choisir, les cultiver, les associer...  
Brigitte Lapouge-Déjean et Serge Lapouge

**Mon potager de vivaces**  
60 légumes perpétuels à découvrir  
Aymeric Lazardin

**Une année au jardin bio**  
Secrets de jardiniers à Terre vivante  
Collectif

Découvrez les autres titres édités par Terre vivante  
sur le jardinage biologique, l'écologie pratique  
au quotidien et l'habitat sain sur  
[www.terrevivante.org](http://www.terrevivante.org)

# Vous avez aimé ce livre ?

Participez aux  
**stages pratiques**

dans les jardins  
de **Terre vivante**,  
dans un écrin  
de nature.



Lisez  
**Les 4 Saisons  
du jardin bio**

le magazine de **Terre vivante**  
qui vous accompagne  
tous les deux mois



# CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

## **Couverture**

Remi Masson/ Naturimages  
Laurent Bessol/cNature

## **Intérieur**

Aymeric Lazarin : 8, 12, 29, 36, 39, 46, 47, 52, 71, 73, 81, 108, 111, 114, 116, 117, 128, 130, 131, 136, 146, 147, 148 (2), 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 161 (2), 165, 166, 167, 168, 169 (d), 170 (2), 171, 174 (2), 175, 179, 180, 181, 184, 186, 188, 189, 190

Guillaume Lazarin : 15, 41, 51, 57, 61, 69, 88, 89, 94, 112, 132, 160, 162 (2), 163, 178, 182, 183

Florent Lamontagne : 144, 145, 149, 155, 164, 169 (g), 176, 185, 187

Sonia Martel : 26, 132 (2), 177

Aquatiris : 79, 80, 90

Blueset : 50, 100

Opure/Jean Voisin : 96, 97

Antoine Bosse-Platière : 43

Thierry D'Hulst : 126

Gärtnerrein Forssman Studio : 151

Pascal Gréboval/Biosphoto : 54

P. et M. Guinchard/Biosphoto : 16

Andrew Lawson / Flora Press / Biosphoto : 173

Xavier Pages/Naturimages : 140