

# Traitement de l'azote et du phosphore

## Des stations filtres plantés de roseaux pour dépasser le niveau d'épuration D4

*Les procédés d'épuration des eaux utilisant les macrophytes sont des systèmes semi extensifs, rustiques, fiables et performants. Ils s'intègrent bien dans le paysage rural, sans nuisances olfactives pour le voisinage et peuvent accepter des variations de charge importantes. Pour les collectivités rurales, les filtres plantés de roseaux dont le mode de traitement intégré des eaux usées et des boues ne nécessite aucune décantation préalable simplifient la gestion des boues. Ces procédés sont adaptés à des capacités inférieures ou égales à 2 000 EH. Le parc actuel des filtres plantés de roseaux serait de plus de 600 stations en France alors qu'une centaine de nouvelles installations se construisent chaque année.*

Depuis une dizaine d'années, les collectivités rurales ont de plus en plus fréquemment recours en épuration aux procédés utilisant les macrophytes et plus particulièrement au "filtre planté de roseaux". C'est un système de traitement semi extensif, rustique, fiable et performant. De plus, il s'intègre bien dans le paysage rural, sans nuisances olfactives pour le voisinage et peut accepter des variations de charge importantes. Son traitement intégré des eaux usées et des boues, sans décantation au préalable, allège considérablement pour les collectivités rurales l'épineuse question de la gestion des boues.

Aujourd'hui, des filtres plantés de roseaux ou des variantes de ce procédé sont proposés non seulement par des entreprises et bureaux d'études spécialisés telle que la SINT mais aussi par la majorité des entreprises travaillant traditionnellement dans le domaine du traitement des eaux usées des petites collectivités et sont prescrits, en tant que solution de base pour des stations de moins que 2000 EH, par de nombreux maîtres d'œuvre.

Les auteurs estiment que le parc actuel des "filtres plantés de roseaux" comprend au moins 600 stations en France et qu'au moins une centaine de nouvelles se construisent actuellement par an dans la

gamme des 200 à 2000 EH, correspondant à 25 % des 400 stations environ de cette taille pour lesquelles les annonces des appel d'offres paraissent chaque année au Moniteur.

Une station classique "filtres plantés de roseaux" à 2 étages de filtres plantés à écoulement vertical permet d'atteindre un niveau d'épuration conforme au niveau D4 de la circulaire du 17 février 1997.

L'expérience montre même que les performances réelles sont souvent nettement meilleures.

Pour une filière à deux filtres verticaux, on peut atteindre des concentrations inférieures à 15 mg/L en MES et DBO5 et, grâce à une bonne nitrification, notamment sur le deuxième étage, inférieures à 5 mg/L en NK.

La station d'épuration par filtres plantés de roseaux, procédé "Phragmifiltre" de la commune de Roussillon (84) a été conçue par la SINT pour 1250 équivalent habitants (800 habitants en hiver, 1250 en été), et mise en service en mai 1998. Elle est constituée de deux étages à percolation verticale.

Les résultats des campagnes d'analyses depuis sa mise en service (1998) montrent de très bons rendements épuratoires pour la DCO (rendements supérieurs à 95 % en moyenne), les MES et la DBO5 (rendements

Performance des filtres plantés de roseaux de Roussillon (84)

	Entrée			Sortie			Niveau de rejet (D4)	Performance moyenne %	
	Nombre d'analyses	moy.	min.	max.	moy.	min.			Max.
DCO (mg O <sub>2</sub> /l)	10	921	573	1677	40	20	71	125	95.7
DBO5 (mgO <sub>2</sub> /l)	10	504	262	1102	6	1	19	25	98.7
MES (mg/l)	10	402	198	1072	7	0	17	35	98.3
NK (mg N/l)	7	74	25	119	5	2	11	20	92.7

Résultats obtenus à partir d'analyses entrée/sortie ponctuelles réalisées entre 1998 et 2003. Débit moyen de la station : 100 m<sup>3</sup>/j. Charge polluante : 1250 EH en été et 800 EH en hiver

**DIRK ESSER<sup>1</sup> - SINT**  
**JOSEPH PRONOST<sup>2</sup> - OIEAU**

supérieurs à 98 % en moyenne) en plus d'une très bonne nitrification (les taux d'abattements de NK se situent entre 84 et 98 %). Toutefois, dans les conditions aérobies de filtration verticale, la dénitrification n'est pas possible, ce qui donne des concentrations élevées en nitrates en sortie station. Le rendement d'élimination des phosphates (non présentés ici) est également faible sur ce genre de dispositifs.

Comme dans certains cas, il peut être nécessaire d'aller plus loin que le simple traitement des matières carbonées et de l'azote réduit et d'éliminer les nutriments, l'azote et le phosphore, il est intéressant de s'interroger sur les modalités d'une telle élimination.

## Traitement de l'azote

Il semble que le rôle des nitrates dans l'eutrophisation des eaux soit aujourd'hui fortement remis en question par les scientifiques, en France [Barroin et al., 1997, Barroin 2004] et sur le plan international. [WQI, 1998]. Tout d'abord, parce que l'eutrophisation se régulerait généralement, au moins en eaux douces, par les concentrations en phosphates. Ensuite,

**Résultats d'analyses en sortie de la station « Phragmifiltre » de Bonnefamille (38) : (18 et 19 février 2004)**

Bilan 24 h	DB05	DCO	MEST	NK	NGL
Rendement épuratoire	98 %	> 95 %	> 99%	97%	81 %
Sortie station (mg/L)	4,3	<30	<2	2,5	14,4
Norme de rejet (D4 + dénitrif)	25 mg/L	125 mg/L	35 mg/L	R = 90%	R = 70%

parce que réguler l'eutrophisation en induisant un manque d'azote pourrait engendrer, sous certaines conditions, la prolifération de certaines algues bleues (Cyanobactéries), qui sont capables de fixer l'azote atmosphérique. Comme ces algues ont des effets néfastes pour l'écosystème aquatique, il pourrait être tout à fait nuisible de dénitrifier sans déphosphater en même temps. Par ailleurs, la présence de nitrates dans des cours d'eau à écoulement lent, faiblement oxygénés, pourrait aider à stabiliser les sédiments [De Maeseneer et al., 1998] et de ce fait empêcher la mobilisation des phosphates qu'ils contiennent.

Par contre, l'azote ammoniacal, présent dans les eaux usées par l'apport de l'urée et l'ammonification de l'azote organique (des protéines) est fortement consommatrice d'oxygène : il faut environ 4,5 g d'oxygène pour nitrifier un gramme d'azote ammoniacal. De plus, l'azote ammoniacal est potentiellement toxique pour les alevins, car lorsque le pH augmente le  $\text{NH}_4^+$  se transforme en gaz ammoniac.

Nous pourrions donc considérer que, dans beaucoup de cas, il serait tout à fait suffisant d'éliminer l'azote Kjeldahl (NK = azote organique plus azote ammoniacal) par nitrification et qu'il serait préférable de bien traiter l'azote ammoniacal que de traiter moyennement l'azote global.

Néanmoins, dans certains cas, et notamment lors d'un rejet dans le sous-sol, on pourrait raisonnablement privilégier l'abattement de l'azote global. Même si le problème des concentrations de nitrates dans les nappes phréatiques prend naissance surtout dans l'application mal maîtrisée des fumures organiques et minérales.

Sans vouloir trancher le débat sur l'opportunité ou non d'éliminer l'azote global, nous pouvons affirmer qu'il est aujourd'hui tout à fait possible techniquement d'obtenir des bonnes performances en azote global avec des filtres plantés de roseaux.

La station d'épuration par « Phragmifiltre » (figure 1) de la commune de Bonnefamille (800 équivalent habitants, conçue par la SINT et mise en ser-

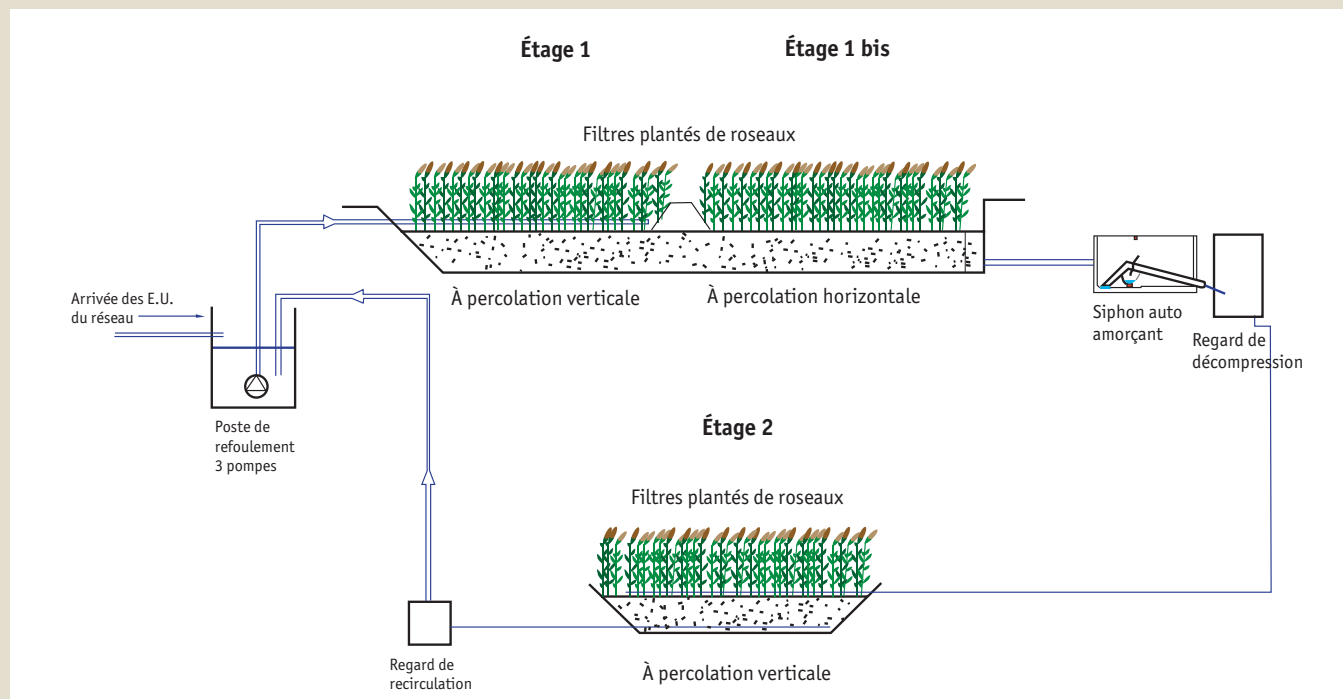


Figure 1 : Procédé Phragmifiltre de SINT

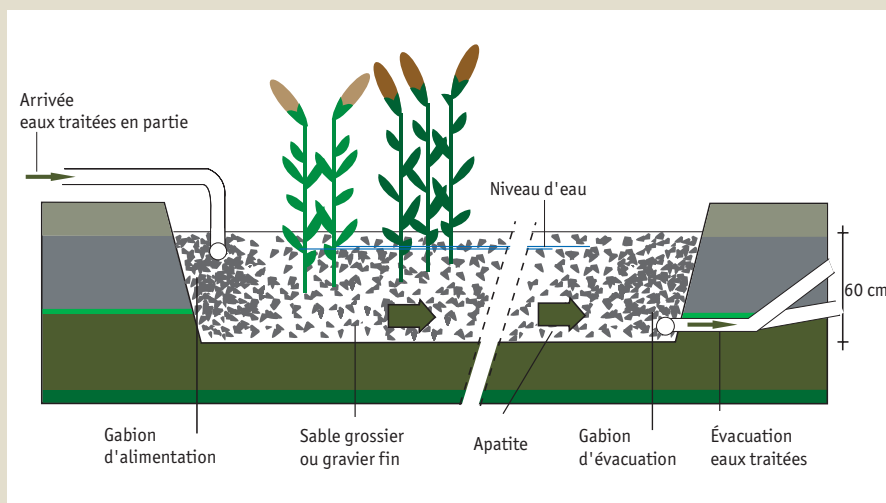


Figure 2 : Schéma d'un filtre planté de roseaux à écoulement horizontal dans lequel est disposée une couche d'apatite afin de permettre la fixation du phosphore (brevet Cemagref N° 04 08447).



Station Phragmifiltre de Bonnefamille (38)

vice en 2001) montre, par intégration d'un filtre horizontal anoxique au milieu de la filière et avec une recirculation des eaux nitrifiées, qu'il est également possible d'obtenir des rendements conséquents pour l'azote global (variant entre 77 % et 86 % lors des trois bilans 24 h), tout en conservant de très bons rendements pour l'azote Kjeldahl.

Ce procédé nécessite toutefois l'apport de l'énergie électrique pour la recirculation (même si la consommation électrique reste faible à cause d'une faible HMT) et une certaine maîtrise des débits entrants. Il trouve ses limites sur le plan hydraulique en présence d'apports importants d'eaux claires parasites et, dans le cas

de réseaux unitaires, il faut, par un automatisme adapté, limiter ou suspendre la recirculation par temps de pluie.

## Traitement du phosphore

L'élimination du phosphore contenu dans les eaux résiduaires vise en général à lutter contre l'eutrophisation des milieux aquatiques qui affecte différents usages de l'eau.

Depuis les années 70 et avec les travaux de nombreux chercheurs, notamment

Vollenweider, et Barroin en France, le phosphore a été identifié comme facteur limitant de l'eutrophisation des eaux douces superficielles. En effet, lorsque les conditions sont propices, notamment dans des milieux aquatiques fermés, dans lesquels le taux de renouvellement de l'eau est faible, ou dans les cours d'eau à écoulement lent, peu ombragés, quelques dizaines de microgrammes de phosphore dissous peuvent suffire pour engendrer un développement algal important (bloom algal), qui ne se mesure pas toujours, dans le cas des cyanobactéries, par les taux de chlorophylle.

Contrairement à l'élimination de l'azote dont l'intérêt peut paraître plus limité, il peut être nécessaire de traiter le phosphore dans des stations d'épuration à macrophytes.

On constate en moyenne 30 à 40 % d'abattement du phosphore au début de la mise en service d'une station d'épuration par filtres plantés de roseaux. Le rendement devient ensuite nettement plus faible dès que tous les sites d'adsorption du support minéral sont saturés, étant donné que la seule rétention du phosphore se fait alors dans les boues accumulées dans les filtres. L'absorption par les végétaux reste très faible, étant donné les surfaces mises en œuvre. De plus, le phosphore incorporé dans la biomasse végétale est transféré dans les rhizomes des roseaux avant la coupe hivernale, il reste donc dans le système et est reminéralisé avec la décomposition de la matière végétale morte.

Le faible rendement sur le phosphore n'est pas spécifique à cette filière biologique. Dans les stations d'épuration de type boues activées dépourvues de dispositif de déphosphatation, l'abattement des concentrations en phosphore total de l'effluent est compris entre 20 % et 40 %. L'abattement du phosphore est dû à l'exportation par l'extraction des boues excédentaires.

Étant donné qu'il est impossible de faire transformer le phosphore en phase gazeuse par des micro-organismes, comme on le fait pour la matière organique et pour l'azote, on ne peut que transférer les molécules du phosphore de la phase aqueuse sur un solide qui s'accumule et qu'on peut extraire du système à des intervalles plus ou moins espacés.

A priori, ces solides peuvent être :

- des végétaux, au sein du filtre ou en aval

du filtre ;

- de la biomasse bactérienne ;
- des minéraux, au sein du filtre ou en aval du filtre ;
- des sels de fer ou d'aluminium avec lesquels on fait précipiter le phosphore.

### Les végétaux

Comme nous l'avons déjà dit, l'absorption du phosphore par mètre carré de roseaux reste très faible, par rapport aux 3 g de phosphore environ apporté par équivalent habitant et jour. Dans des conditions eutrophes, le tissu des parties vertes du roseau peut contenir jusqu'à 0,4 % de phosphore par rapport à la matière sèche, soit 4 g par kg [Kadlec & Knight, 1996]. Pour une production de biomasse verte annuelle allant jusqu'à 4 kg de MS/m<sup>2</sup> [Stengel, 1985, Rodewald-Rudescu, 1974], la capacité d'absorption annuelle du roseau peut donc atteindre 16 g/m<sup>2</sup> de phosphore, soit 160 kg par an et ha. En récoltant les parties aériennes, la moitié de cette biomasse, et donc la moitié de cet apport en phosphore (8 g/m<sup>2</sup>) pourraient théoriquement être exportés du système. Pour les enlever, il faudrait faucher le roseau en été lorsque les parties aériennes sont encore en phase de croissance, avant que le roseau ne transfère le phosphore dans les rhizomes à l'automne. Étant donné que ceci ne représente, pour des surfaces de l'ordre de 2 m<sup>2</sup>/EH, que l'apport de 3 jours environ, le fauchage estival des filtres plantés de roseaux est dénué d'intérêt pratique, d'autant plus qu'un fauchage estival répété ne manquerait pas d'affaiblir les roseaux, les rendre moins compétitifs par rapport à d'autres types de végétation et les ferait disparaître à terme.

Lorsqu'on choisit de s'orienter vers une exportation des nutriments par la production de biomasse végétale en sortie des filtres plantés de roseaux, il faudrait considérer les points suivants :

- Les teneurs en phosphore dans la biomasse produite annuellement ne varient pas beaucoup entre les différentes espèces de plantes : elles restent toujours de l'ordre de quelques grammes par kg de matière sèche produite. La production de matière sèche par an est, par contre, plus variable : si on souhaite optimiser l'absorption du phosphore par des plantes, il faudrait chercher des plantes ayant une forte production de biomasse, ce qui est



Taillis de saules

plutôt le cas pour des herbacées.

- Il faut choisir des plantes qui - contrairement au roseau (Phragmites) - supportent bien la coupe régulière de leurs parties aériennes en période végétative, car le phosphore est essentiellement accumulé dans les parties vertes ;

- Il faudrait se poser la question du devenir et de la valorisation de la biomasse récoltée ;

- Le coût de la récolte de cette biomasse végétale peut être important, surtout si cette récolte n'est pas mécanisable.

Aujourd'hui, deux types de cultures sont proposés en France pour une exportation des nutriments par récolte de la biomasse :

- les saules en taillis à courte ou très courte rotation (TTCR) ;
- et, depuis peu, l'utilisation des bambous.

### Les saules en taillis à courte ou très courte rotation

Pour les saules en taillis à courte ou très courte rotation (TTCR), dans le cas d'une irrigation avec des eaux usées, la production de biomasse verte est de l'ordre de 15 t MS par ha/an environ (soit 1,5 kg de MS par m<sup>2</sup>), ce qui est 2 à 3 fois plus que sans irrigation.

La coupe des TTCR s'effectue tous les 2 à 5 ans pendant 20 ans en sachant que plus le cycle est court, plus l'exportation de N et P est importante.

Selon des différents programmes de recherche, les exportations des nutriments s'élèveraient à :

- 100 kg N par ha/an et de 14 kg de P par ha/an (Projet Biomepur, Jossart, 2002). Pour exporter plus d'éléments par hectare, il serait également possible de récolter avec les feuilles pendant la saison de croissance. Cela permettrait, selon un calcul théorique, d'enlever des quantités supplémentaires de 35 à 125 kg de N, de 4 à 20 kg de P et de 25 à 65 kg de K par ha lors de la coupe.

- 18 à 73 kg de N et 3 à 9 kg de P par ha et par an, selon le projet Fair5-CT-97-3947

- et jusqu'à 380 kg N par ha et par an et 90 kg de P par ha et par an selon le projet Life97 Env/F/182,

Quoi qu'il en soit, si on souhaite exporter une partie significative de la charge annuelle en phosphore avec des saules en TTCR, les surfaces à mettre en œuvre restent, même dans le cas des conclusions les plus optimistes, très importantes : Même pour des petites stations en milieu rural, il faudrait des surfaces de plusieurs hectares, étant donné que la charge rejetée en P est, pour une charge de 3 g par jour et par EH, d'environ un kg par EH et par an.

L'étude Biomepur conclut sur un dimensionnement de 60 EH par ha, soit 170 m<sup>2</sup> par équivalent-habitant sur la base d'une irrigation de 240 jours et d'un apport de 2,2 g de P par équivalent-habitant et par jour. Mais cette charge pourrait être augmentée si on considère que l'eau peut traverser le système avec une charge acceptable en minéraux dissous [Jossart, 2002].

Ou, en ce qui concerne le phosphore, que celui-ci s'accumule dans le sol.

Nous ne sommes alors plus dans ce dernier cas dans un traitement par des végétaux, mais, au moins en partie, dans un cas de traitement par le sol, donc une fixation sur des minéraux que nous aborderons dans la colonne suivante.

### Bambous

La culture de bambous, depuis peu proposée en France, permettra potentiellement une assimilation nettement plus importante du phosphore, étant donné la très forte production de biomasse de cette plante. Selon la société Phytorem, qui développe de procédé, l'assimilation du phosphore par des bambous atteindra 250 kg de P par ha/an.

Évidemment une exportation des nutriments par les végétaux peut également être assurée par irrigation ou épandage en agriculture. Les nutriments apportés avec les eaux usées se substitueront alors aux apports d'engrais minéraux ou organiques. Les eaux usées nécessiteront alors, selon la nature des cultures arrosées et les techniques d'irrigation mise en œuvre, un traitement des pathogènes conforme aux recommandations de l'OMS et du CSHF.

Dans les cas les plus contraignants, une qualité de type baignade est exigée. Elle

peut être obtenue par divers moyens : un lagunage tertiaire avec trois lagunes d'un temps de séjour de 20 jours (sous nos latitudes), par une filtration sur des massifs de sable suffisamment épais et homogènes ou sur le sol en place.

Nous pouvons aussi mentionner la biomasse végétale produite par des algues dans les lagunes. Elle permet, par assimilation et sédimentation, un traitement partiel du phosphore, ce qui donne pour une filière lagunage des rendements sur le phosphore de l'ordre de 60 à 70 % [Cemagref et al.1997]. Ainsi, trois lagunes d'une surface totale de 5 m<sup>2</sup> en aval d'un premier étage de filtres plantés de roseaux, comme à Gensac la Pallue (16), permettent d'atteindre un rendement de l'ordre de 70 % pour l'ensemble de la filière (dont de 50 % pour la partie lagune) et des concentrations en sortie de l'ordre de 6 mg/l.

### De la biomasse bactérienne

La voie de l'exportation du phosphore par la biomasse bactérienne est peu intéressante dans le cas d'une filière de traitement par filtres plantés de roseaux, vue la faible production de boues accumulées et extraites du système. Néanmoins, une petite partie de l'abattement du phosphore observé est sans doute à

attribuer à une absorption par la biomasse bactérienne et sa transformation, en partie, en résidus organiques assez stables.

### Des minéraux

Nous savons de l'agronomie que le phosphore est très bien retenu dans le sol, où il forme des composés peu solubles avec le fer (sous la forme Fe<sup>3+</sup>), l'aluminium et le calcium, généralement associés à des complexes d'échange de l'argile. Dans le cas des sols alcalins, les réactions avec le calcium sont plutôt dominantes, alors que dans des sols acides la fixation du phosphore par le fer et l'aluminium est dominante. Toutefois, si le milieu est anaérobie, le fer précipite plutôt avec le soufre (ce qui donne la couleur noire aux boues anaérobies) et le phosphore reste libre dans le sol.

De ce constat, deux voies de traitement du phosphore s'ouvrent :

- La rétention du phosphore au sein du filtre même, en utilisant des massifs filtrants riches ou enrichis en fer, aluminium et/ou calcium.
- La rétention du phosphore par un traitement par le sol en place en sortie des filtres.

Depuis des années, voire des décennies, l'utilisation des matériaux filtrants suffisamment riches en fer, aluminium et/ou calcium est explorée par les différentes équipes qui travaillent à l'amélioration des filtres végétalisés de par le monde et des communications sur ce sujet ont été présentées à toutes les dernières conférences spécialisées.

Le défi à relever est de trouver des matériaux à des prix de fourniture et de transport raisonnables, permettant de fixer les phosphates dans un volume relativement faible pour une durée suffisamment importante pour que le remplacement du massif filtrant à sa saturation devienne économiquement envisageable, tout en présentant des caractéristiques hydrauliques compatibles avec le fonctionnement des filtres, ce qui exclut l'utilisation des complexes argileux.

Ces recherches n'ont toutefois pas encore abouti à des résultats probants pour une utilisation en conditions réelles.

Les résultats des recherches au Cemagref sur l'efficacité de nouveaux matériaux filtrants à base de calcium (granulométrie plus fine, riche en éléments à plusieurs radicaux libres, présence de

## LA SINT AU CŒUR DU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE "FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX"

En France, l'historique de la technique des filtres plantés de roseaux remonte au début des années quatre vingt, avec les recherches du Cemagref [Liénard et al, 1990]. En 1991, la concrétisation et le développement de cette filière ont été confiés en exclusivité au bureau d'études SINT (Société d'ingénierie nature & technique), spécialement créée pour assumer ce rôle.

Témoin et acteur du succès du procédé, la SINT aura bientôt plus de 350 références à son actif, en France et à l'étranger (Grèce, Suisse, Inde, Espagne...), pour le traitement des eaux usées domestiques, viticoles, d'élevages, pour le traitement des eaux pluviales et des boues des stations d'épuration. Elle travaille pour de nombreuses collectivités rurales, pour presque toutes les sociétés autoroutières en France, pour des restaurateurs comme Eliance et Autogrill, pour des campings et le Club Méd.

Pour le traitement des eaux usées domestiques, la SINT conçoit aujourd'hui plus de 10 filières distinctes de filtres plantés de roseaux, qu'elle commercialise sous le nom de "Phragmifiltre". Ces filières articulent la filtration verticale, la filtration horizontale, éventuellement des recirculations, etc.

Actuellement, la SINT oriente ses recherches, entre autres, sur la problématique du phosphore dans le traitement des eaux par filtres plantés de roseaux. Son but est de traiter efficacement cet élément dans des conditions économiques optimales.

Dans les prochains mois, la première station expérimentale de la SINT avec un matériau filtrant spécifique orienté vers une adsorption optimale du phosphore verra le jour. La Société d'ingénierie nature & technique étudie actuellement la possibilité d'un couplage entre la filière biologique "Phragmifiltre" et un traitement physicochimique du phosphore par coagulation floculation en utilisant le chlorure ferrique.

## Épuration des eaux

noyaux de cristallisation etc.) pour l'adsorption du phosphore à long terme sont cependant encourageants, même si tous les problèmes pratiques de la mise en œuvre de ces matériaux ne sont pas encore résolus.

Le traitement par le sol en finition, derrière une station de traitement, par filtres plantés de roseaux ou autre, est une solution relativement facile à mettre en œuvre, au moins dans le cas où les sols en place sont compatibles avec un épandage. Étant donné que les applications sont généralement nettement plus extensives que dans le cas d'un filtre, les contraintes hydrauliques sont moins importantes et la saturation des sites d'adsorption du phosphore moins rapide.

Les réserves des sols en P minéral sont très importantes : des sols sableux contiennent 1,5 à 2 t par ha, alors que certains sols plus lourds peuvent contenir jusqu'à 5 t/ha dans le premier mètre de leur profondeur. Des générations de végétaux ont accumulé ce phosphore au cours des siècles, car chaque génération de végétaux a puisé quelques kg de P par ha dans les

réserves géologiques et les a restitué à la surface du sol sous forme de détritiques (si les plantes n'ont pas été récoltées). Dans les sols cultivés, une fumure généreuse a également contribué à l'accumulation du phosphore.

Le lessivage du phosphore dans le sous-sol reste généralement négligeable : moins de 300 g par ha et par an, sauf pour des sols sableux, où il peut être considérablement plus important, notamment dans le cas de l'apport de phosphore dissous avec du lisier ou des eaux usées.

Différents essais ont montré que des apports de longue durée des engrais phosphatés n'ont eu d'effets d'accumulation que sur les premiers décimètres d'un sol. Ainsi, en Angleterre, l'apport de 33 kg de P/ha et an pendant un siècle sur une prairie n'a augmenté les concentrations du phosphore que dans les premiers 50 cm du sol. Un autre essai a démontré qu'un apport de 94 kg/ha et par an pendant dix ans n'a causé une accumulation que dans les premiers 10 cm.

Nous pouvons conclure que, pour la plupart des sols non sableux, des apports excédentaires aux prélèvements par des

végétaux (ou en absence de prélèvement par des végétaux) ne contribueront pas à polluer les eaux souterraines, même s'ils se poursuivent pendant quelques décennies. Et il est toujours possible de cesser l'épandage des eaux usées à la saturation des parcelles en phosphore et de les destiner à nouveau à une utilisation agricole suffisamment longtemps pour que le phosphore apporté soit en grande partie remobilisé et exporté avec les cultures, ce qui permet un recyclage complet de ce fertilisant.

### **Des sels de fer ou d'aluminium pour faire précipiter le phosphore**

Les premiers essais qui consistaient à injecter des chlorures ferriques directement dans la lame d'eau alimentant les filtres et à procéder à la séparation des phases directement par filtration sur le premier étage n'ont pas eu les résultats escomptés [Esser et al. 2004].

Une précipitation avec une décantation pourrait s'avérer nécessaire. Le plus simple serait de procéder à une précipitation en tête, mais étant donné que les eaux sont

200 000 documents disponibles

## Vous cherchez des informations sur l'Eau ?

Technologie

Institutions

Législation

Economie

- l'actualité en France et dans le Monde,
- l'agenda des événements,
- les nouvelles publications,
- les études et synthèses,
- la veille technologique,
- les programmes de recherche en cours,
- les liens vers le monde de l'eau sur le Web.

Connectez-vous !

Office  
International  
de l'Eau

# EAUDOC

Votre portail Internet de documentation sur l'eau

!

<http://eaudoc.oieau.fr>

encore riches en matières organiques en suspension, cette solution engendrera une surconsommation des réactifs.

En alternative, une précipitation du phosphore en sortie du premier ou second étage peut être envisagée. Cette solution sera plus coûteuse en termes d'investissement, mais nécessitera une moindre consommation de réactifs.

Les boues ainsi produites sont suffisamment stables pour être apportées sur les filtres du premier étage, où elles sont maintenues en aérobiose, et elles peuvent s'accumuler sur les filtres sans libérer le phosphore.

## Conclusions

Le premier objectif à atteindre pour une bonne élimination de l'azote est une bonne nitrification, car l'azote ammoniacal est sans doute le plus nocif pour le milieu naturel.

Dans le cas où il est jugé opportun d'éliminer l'azote global, c'est-à-dire de dénitrifier, il convient de reproduire, au sein d'une station de filtres plantés de roseaux, les conditions propices à une dénitrification, c'est-à-dire un milieu anoxique suffisamment riche en carbone dissous facilement assimilable.

La station d'épuration par "Phragmi-filtre" de la commune de Bonnefamille (800 équivalent habitants, conçue par la SINT et mise en service en 2001) montre un exemple réussi de dénitrification, en intégrant un filtre horizontal anoxique au milieu de la filière et avec une recirculation des eaux nitrifiées.

L'enjeu du traitement des phosphates est sans doute plus important, étant donné que le phosphore est sans doute le nutriment par lequel on peut maîtriser l'eutrophisation en limitant les apports, au moins pour les eaux douces, et que le traitement des phosphates dans des petites stations en milieu rural est difficile.

Pour le traitement du phosphore, sur filtres plantés de roseaux, plusieurs voies peuvent être explorées : l'assimilation par les plantes, la fixation sur la biomasse bactérienne, l'adsorption sur des minéraux et l'adjonction de réactifs chimiques.

L'exportation par la biomasse bactérienne est très limitée étant donné que la quantité de boues exportée des filtres plantés de roseaux est très faible.

De même l'exportation par les plantes reste quantitativement très limitée. L'absorption du phosphore par les roseaux eux-mêmes reste très marginale par rapport aux quantités apportées avec les eaux usées et la récolte des parties aériennes du roseau en stade végétative, qu'il faudrait effectuer pour exporter le phosphore, affaiblira à terme les roseaux.

Mais même une adsorption du phosphore par des végétaux en sortie des filtres, comme par exemple par des saules en taillis de très courte rotation, nécessitera des surfaces très importantes, sans doute supérieure à 100 m<sup>2</sup>/EH. Seule l'utilisation des plantes ayant une très forte production de biomasse, tels que les bambous, permettrait de réduire significativement les surfaces nécessaires.

Un bilan économique doit être effectué afin d'envisager l'utilisation des végétaux pour l'exportation du phosphore derrière un filtre planté de roseaux (ou derrière toute autre station d'épuration) : le coût de la récolte peut être important, surtout en absence de possibilité de mécanisation, et une valorisation des végétaux récoltés n'est pas toujours évidente, surtout si l'importance du gisement est limitée.

En pratique, la mise en œuvre de plantes en sortie des stations, compte tenu des surfaces requises, constitue surtout un traitement du phosphore par le sol. Si les sols ne sont pas trop sableux, ceci peut constituer une excellente solution pour retenir le phosphore ; mais on pourrait à la limite s'affranchir des contraintes d'exploitation liées à la coupe des végétaux.

Pour des sols limoneux et argileux, le risque de lessivage du phosphore vers le sous-sol est quasiment inexistant et de tels sols peuvent stocker plusieurs tonnes de phosphore à l'hectare. Ceci permet un épandage pendant des décennies, étant donné que les doses appliquées seront en tout état de cause limitées par la perméabilité du sol.

Des techniques plus intensives sont en voie d'exploration, dont l'utilisation de massifs filtrants ayant une capacité importante de rétention de phosphore (ajout d'apatite ...) et l'adjonction de réactifs chimiques tel que le chlorure ferrique. Même si les résultats obtenus sur des différentes expérimentations semblent très encourageants, de telles filières n'ont pas encore actuellement atteint la maturité technique. ■

## BIBLIOTHÈQUE

### Code de l'environnement commenté 2005

Par Jean Lamarque, Chantal Cans et Philippe Billet

Le droit de l'environnement a son code officiel depuis septembre 2000 (à ce jour pour la partie législative seulement), qui codifie les droits de l'eau, de l'air, de la nature, de la chasse et de la pêche, des nuisances, des risques et des installations classées.

Le code Dalloz de l'environnement, créé dès 1980, anticipait cette évolution « naturelle » de la codification. La 8ème édition (2005) nous apparaît être la plus complète et mieux élaborée avec l'ajout d'un grand nombre de textes d'applications et connexes aux parties législatives codifiées. Cet ouvrage apporte également un enrichissement majeur par toutes les annotations de jurisprudence et de renvois aux textes réglementaires comme aux références bibliographiques. A tout cela s'ajoutent les commentaires d'introduction comme de précisions pour l'ensemble des matières traitées.

Un outil indispensable.

Édition Dalloz, édition 2005,

format 19x14 cm, broché, 2486 pages,

Prix 64 euros.

ISBN : 224 7053890

Gabriel Ullmann

### Notes :

1. Société d'ingénierie nature et technique (SINT), 5 rue Boyd, F- 73 100 Aix- Les- Bains, France Phone : + 33 4 79 34 05 66, Fax : + 33 4 79 34 02 17, e-mail : dirk.esser@sint.fr,

2. Office international de l'eau, 22, rue Édouard Chamberland 87 000 Limoges, France Phone : + 33 5 55 11 47 70 Fax : + 33 5 55 11 47 01, e-mail : HYPERLINK. J.pronost@oieau.fr