

EMPLOI DES GÉOSYNTHÉTIQUES DANS LES BASSINS D'UNE STATION D'ÉPURATION PAR FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX

USE OF GEOSYNTHETICS IN A WATER TREATMENT PLANT USING FILTERS PLANTED WITH REEDS

Farid CHERIFI¹, Omar BOUREGAA²

¹ AFITEX ALGERIE

² HYDRO SM ALGERIE

RÉSUMÉ - Dans le cadre d'aménagement du parc pour la protection de la zone humide (lac de la localité de Réghaïa, Algérie) par traitement naturel des eaux usées issues de la station d'épuration de la ville de Réghaïa, basé sur la nécessité de sauvegarder un équilibre écologique afin de maintenir un aspect naturel des milieux terrestres, lagunaires, concevoir des loisirs adaptés au milieu, valoriser des milieux naturels d'intérêts écologiques, recourir à une architecture adaptée, créer des sentiers équestres et piétonniers au tour du parc, concevoir une station d'épuration par filtres plantés de roseaux. Cet article présente la conception d'une station d'épuration par filtres plantés de roseaux (pour éliminations de l'azote, phosphore et des matières en suspension). Cette plante, très connue dans les zones humides, atteint un à deux mètres de haut, vivace qui, par ses rhizomes, donnent de nombreux rejets. La croissance souterraine de la plante contribue à décolmater et aérer les vases, permettant un travail d'épuration de l'eau. Le dispositif géosynthétiques est constitué d'une géomembrane en PEHD 2mm qui permet de rendre le filtre étanche et d'empêcher que les eaux usées ne s'infiltrent dans le terrain avant leur traitement. Les géotextiles inférieurs de 700 g/m² ont pour rôle de protéger la géomembrane des roches et cailloux en dessous.

Mots-clés : géotextile, geomembrane, roseaux, Station d'épuration, eaux usées, bactéries.

ABSTRACT – Within the framework of the development of protected humid area (lake of Reghaïa, Algeria) through natural treatment of waste water coming from water treatment plant of Reghaïa, based on the requirement to safeguard an ecological balance in order to keep a natural aspect of terrestrial and lagoon environments, design leisure adapted to the environment, increase the value of natural environments of ecological interests, use an adapted architecture, create equestrian and pedestrian paths around the park, design a water treatment plant by using filters planted with reeds. This article presents a design of a water treatment plant by using filters planted with reeds (for the removal of nitrogen, phosphorus and suspended substances). This plant, very common in humid areas, is one to two meters high, perennial and, through its rhizomes, gives many releases. Underground growth of the plant contributes to the unclogging and ventilation muds, even in winter, when vegetation is at rest, by bacteria existing on roots. The geosynthetic system is made up of 2mm PEHD geomembrane, which allows making the filter airtight and preventing the infiltration of waste waters in land before being treated. The role of geotextiles less or more than 700 g/m² play is to protect the geomembrane against rocks and stones underneath.

Key words geotextile, geomembrane, reeds, water treatment, waste waters, bacteria.

1. Introduction

Après un dégrillage (traitement primaire où les particules de diamètres importants sont retenues), les eaux sont orientées vers un filtre végétal où les particules plus fines et les matières solides sont récupérées. Les filières biologiques aérobies font appel aux micro-organismes présents dans le milieu naturel pour dégrader la pollution. Elles s'inspirent des propriétés d'épuration des sols (filtres plantés de roseaux - phytoépuration, filtres à sable) ou des rivières (lagunage, boues activées). L'apport d'oxygène peut être naturel (le vent ou système de cascade) dans les petites installations de lagunage (Savoie, 2007)

Les bactéries peuvent être libres (boue activée, lagunage) ou fixées (lit bactérien, filtres plantés, filtres à sable, bio-filtre).

Le filtre à roseaux est un système de traitement des eaux usées qui s'appuie sur le rôle catalyseur des plantes. Les eaux usées circulent sur deux niveaux de lits plantés de roseaux dans lesquels ces eaux usées subissent deux traitements successifs et complémentaires.

Par ailleurs, les roseaux se nourrissent de composés polluants dissous dans l'eau et favorisant le développement des micro-organismes, responsables de l'épuration (figure 1).

Les roseaux ont la propriété de transporter, en grande quantité, de l'oxygène depuis leurs feuilles vers leurs racines. Ainsi, tout l'environnement racinaire, et donc la masse de boues, devient un milieu oxygéné propice à la dégradation de la matière organique sans odeurs (pas de fermentation).

Les cheminées d'aération dans chaque lit filtrant évite également les phénomènes de fermentation producteurs de mauvaises odeurs.

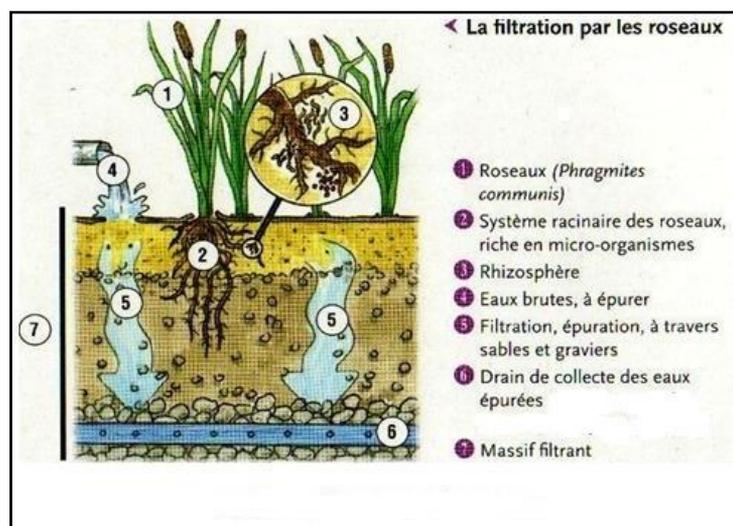


Figure 1. Filtre à roseaux

2. Principe de la phytoépuration

La phytoépuration comprend l'épuration par :

- les filières plantées de macrophytes, qui favorisent la biodiversité des espèces végétales plantées dans les bassins ; une station d'épuration par filtres plantés de macrophytes fonctionne comme un marais naturel ;
- les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical ou horizontal (figure 2).

Dans les deux cas, les eaux brutes (eaux grises et eaux vanes) passent à travers des bassins remplis d'un substrat minéral (sable, gravier, pouzzolane selon les cas) où sont plantés différents végétaux subaquatiques : roseaux, massettes, joncs, iris... (Espèces locales de préférence car elles sont adaptées au climat). Ces plantes, et plus spécifiquement les roseaux (*Phragmites Communis* ou *Phragmites Australis*), ont la particularité de former un tissu racinaire et un réseau de galeries qui drainent, apportent de l'oxygène et servent de support aux bactéries aérobies. Ces bactéries, ainsi que la macrofaune du sol (lombrics...), ont un rôle de dégradation et de minéralisation de la matière organique, qui devient dès lors assimilable par les plantes. Ainsi le système ne produit pas de boues, lesquelles sont compostées et forment un humus sur place (Alexandre et al., 1997).

3. Principe de fonctionnement

On distingue deux types de filtres plantés (figure 2) :

- les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : l'eau s'écoule depuis la surface du lit vers l'intérieur, de manière verticale ;
- les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal : l'eau s'écoule dans le lit de manière horizontale.

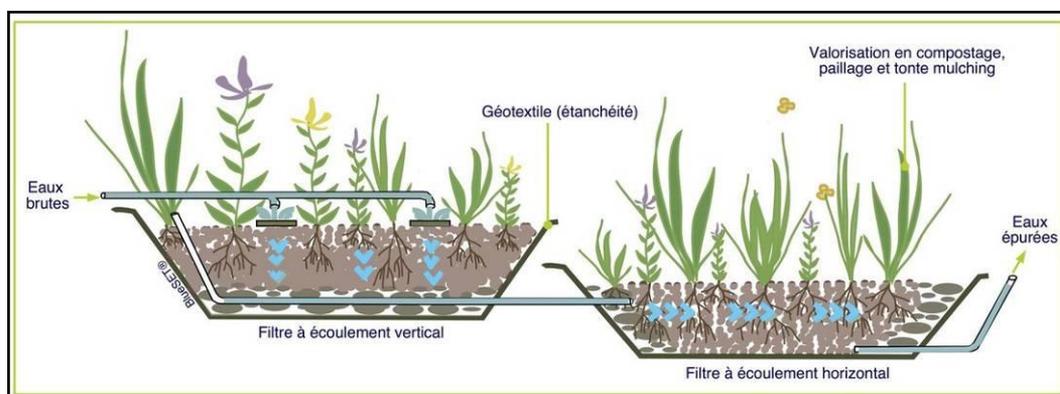


Figure 2. Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical et horizontal.

Dans les deux cas, les roseaux sont plantés dans les massifs filtrants constitués d'un substrat minéral d'une granulométrie soigneusement choisie. Ces massifs peuvent être étanches ou non. Un système non étanche permettrait aux eaux traitées de s'infiltrer dans le sol (par le fond du filtre), qui participe ainsi à l'épuration. Selon les contraintes du site, la perméabilité du sol et la présence ou non d'une nappe phréatique, on s'orientera vers un système étanche ou non.

Les stations de filtres plantés sont souvent des combinaisons de lits à écoulement vertical et/ou horizontal, en parallèle et/ou en série qui permettent d'assurer le prétraitement et le traitement des eaux usées. Dans la présente étude, ce sont les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical qui sont investigués.

4. Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPRV)

Le filtre planté de roseaux à écoulement vertical (figure 3) est alimenté en surface par les eaux brutes ayant subi un premier traitement. L'effluent circule par percolation verticale à travers un massif de graviers fins. Ce massif filtrant permet de retenir les matières en suspension à la surface du filtre, où elles s'accumulent. Par ailleurs, les micro-organismes y assurent les processus de dégradation de la matière organique (comme expliqué précédemment), ce qui amorce un début de nitrification. Un FPRV peut donc effectuer à la fois le prétraitement, en retenant les matières solides, et le traitement, grâce à l'action des micro-organismes.

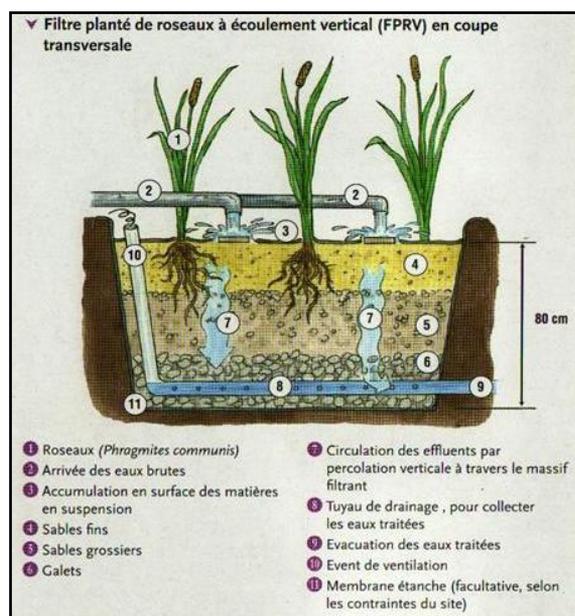


Figure 3. Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

Les effluents perdent par filtration jusqu'à 90% de leurs matières en suspension en traversant la couche de granulats contre seulement 50% par décantation classique. Les boues sont déshydratées et compostées sur place par l'action conjuguées des bactéries et des plantes. Leurs volumes diminuent très fortement et le résidu est transformé en terreau qui s'accumule très lentement (1 cm par an) sur la surface des filtres.

Les roseaux ont la propriété de transporter, en grande quantité, de l'oxygène depuis leurs feuilles vers leurs racines. Ainsi, tout l'environnement racinaire et donc la masse de boues, devient un milieu oxygéné propice à la dégradation de la matière organique sans odeurs (pas de fermentation).

Les cheminées d'aération dans chaque lit filtrant évitent également les phénomènes de fermentation producteurs de mauvaises odeurs.

Les interventions humaines sont réduites (nettoyage hebdomadaire du dégrilleur), le fauchage annuel des roseaux (faucardage) se fait après 3 ans de plantation pour éviter le pourrissement des roseaux, ainsi que enlèvement de la matière résiduelle sur les filtres tous les 10 ans. Le dispositif s'intègre bien au paysage. Lorsque les roseaux sont développés, ils donnent une image plus esthétique qu'une station d'épuration traditionnelle.

Le terme « *Rhizosphère* » désigne communément les stations d'épuration à lits filtrants plantés de roseaux.

Ces stations écologiques fonctionnent de manière rustique, ne requièrent que peu d'énergie et ne créent aucune gêne sonore, visuelle ou olfactive pour les riverains.

5. Dispositif d'étanchéité par géosynthétique

Le dispositif d'étanchéité (figure 4) est composé successivement des couches suivantes :

- géotextile, apposé directement au contact de la structure ; son rôle est de protéger le dispositif d'étanchéité par géomembrane (D.E.G.) du poinçonnement des modules de matériaux adjacents ;
- géomembrane PEHD (2 mm) ; sa fonction est d'étancher la structure sur toute sa périphérie ;
- gravier 20 /40 300 mm ;
- sable 300 mm ;
- roseaux.

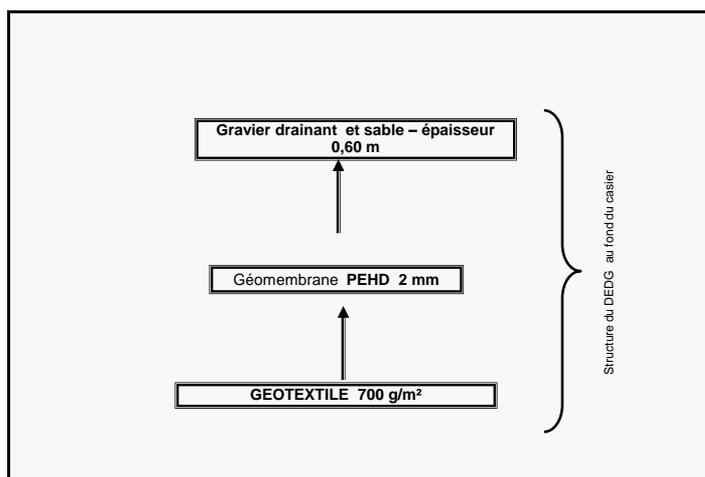


Figure 4. Structure d'étanchéité et drainage du bassin.

- en fond de casier, les géosynthétiques participent en tant que « barrière active » en complément de « la barrière passive » formée par l'argile du site jugée pas trop imperméable (le sol est argileux, l'étanchéité naturelle n'est pas atteinte (conductivité requise 1.10^{-8} m/s), la pose d'une géomembrane était nécessaire) ;
- la géomembrane sera posé directement sur un géotextile antipoinçonnant ;
- le sol support était réglé le plus finement possible et débarrassé de tous éléments nuisibles à une bonne pose (pierres, trous, végétation, etc.), néanmoins, après terrassement, il restait encore quelques bosses d'où la nécessité d'utilisation du géotextile anti-poinçonnant de masse surfacique 700 g/m², placé sous la géomembrane ;

- le filtre vertical est étanché au moyen d'une géomembrane (PEHD 2 mm) ; la surface filtrante est de hauteur de 600 mm (gravier et sable) ; le fond du bassin présentait une pente afin de diriger les effluents vers la sortie ; un réseau de drains PVC ayant un rôle de collecte et d'aération est également disposé à même la géomembrane en fond de filtre ;
- l'alimentation sur le filtre se fait par le biais de tuyauteries aériennes en inox ; le rôle principal des roseaux est de percer, grâce à leurs rhizomes, la croûte qui se forme rapidement en surface et permettre une bonne répartition de l'effluent à l'intérieur du massif filtrant ;
- l'expérience a largement démontré que les géomembranes de synthèse résistent sans aucun dommage à la présence des roseaux ; les racines de ceux-ci glissent sur la géomembrane, sans perforation.

5.1. Le géotextile de protection

Le géotextile de protection 700 g/m² (tableau 1) est choisi en fonction des caractéristiques principales suivantes : résistance à la traction, résistance à la perforation statique et résistance à la perforation dynamique. On retiendra, à défaut de document normatif ou de recommandations couvrant ce sujet particulier, que la famille des produits non tissés aiguilletés constitue sans doute le meilleur compromis. En l'absence de prescriptions minimales fixées par le maître d'œuvre (ce qui constitue pourtant la règle), l'entrepreneur a justifié les caractéristiques du produit par rapport à la nature du fond de forme après terrassements et des matériaux constituant le filtre au contact du dispositif d'étanchéité par géosynthétiques.

Tableau 1 Comparatif des caractéristiques du géotextile proposé et celles du cahier des charges.

Caractéristiques	Normes	Unités	Produit utilisé	Produit exigé
Masse surfacique.	EN ISO 9864	g/m ²	700	>680
Épaisseur sous 2 kPa.	EN ISO 9863-1	mm	5,7	>5
Résistance à la traction SP*	EN ISO 10319	kN/m	52	>50
Résistance à la traction ST*	EN ISO 10319	kN/m	52	>50
Perforation dynamique	EN ISO 13433	mm	1	<1.5
Résistance au poinçonnement CBR	EN ISO 12236	kN	9,1	>8
Résistance au poinçonnement pyramidal	EN 14574	kN	3,6	>3.5

5.2. La géomembrane

La géomembrane envisagée (tableau 2) pour assurer l'étanchéité des bassins est une PEHD 2 mm. Le document des recommandations du CFG générales pour la réalisation d'étanchéité par géomembranes (1991) ont été prise en compte.

L'ancrage en tête de talus (figure 4) sera réalisé par une tranchée dont les dimensions sont à définir (par exemple dimensions minimales 0,50 x 0,50 située à 0,50 m de la crête de talus), par la suite recouverte de terre végétale.

Tableau 2. Comparatif caractéristiques de la geomembrane proposée et cahier des charges

Propriétés	Unité	Méthode	Produit utilisé	Produit exigé
Épaisseur	mm	DIN EN ISO 9863-1	2	2
Résistance à la limite élastique	MPa	DIN EN ISO 527-3 (Type 5; 100mm/min; $l_0 = 50\text{mm}$)	17	15
Allongement à la limite élastique	%		11	10
Résistance à la rupture	MPa		35	30
Allongement à la rupture	%		800	700
Résistance à la déchirure	N	DIN EN ISO 34-1/B(a)	300	250

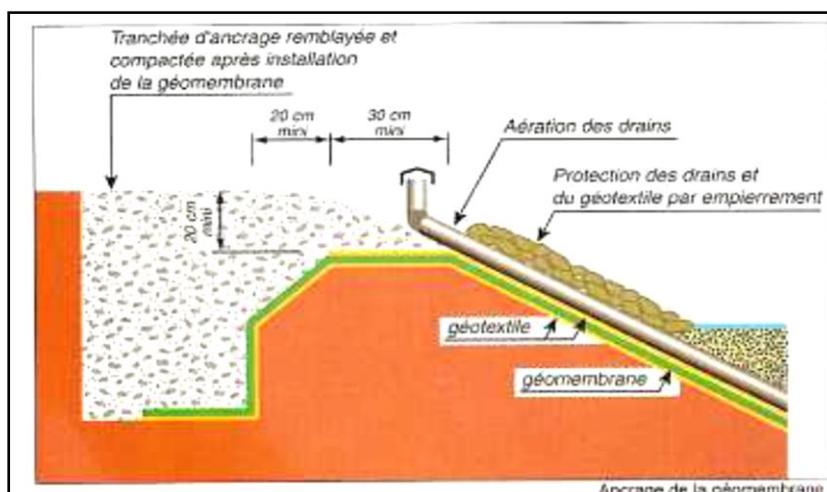


Figure 4. Ancrage des produits géosynthétiques en haut de talus.

6. illustration des travaux sur le bassin.

Les figures 5 à 9 illustrent les différentes phases de réalisation du bassin.



Figure 5. Mise en œuvre du géotextile Figure 6. Mise en œuvre de la géomembrane



Figure 7. Système de drainage des eaux avec plantation de roseaux



Figure 8. Bassin fini rempli d'eaux brutes.



Figure 9. Pousse des roseaux dans la tranchée d'ancrage.

7. Qualité des eaux après le traitement par filtres à roseaux

L'objectif des filtres plantés de roseaux est principalement l'épuration de l'eau. Ce dispositif est conçu après la phase du traitement secondaire de la station d'épuration pour avoir des eaux qui peuvent être utilisées pour l'irrigation. Les eaux sorties du traitement secondaire passent à travers des bassins remplis de graviers plus ou moins gros dans lesquels sont plantés des roseaux.

Les eaux issues du traitement secondaire ne peuvent y être utilisées, car non conformes par rapport aux normes de rejets pour l'irrigation.

La comparaison des analyses de la qualité de l'eau après et avant la mise en œuvre du système de station d'épuration par filtres plantés de roseaux est indiquée dans le tableau 3.

8. Conclusion

Depuis l'année 2014, la part de la filière « Filtres plantés de roseaux » dans les systèmes de traitement des eaux usées adaptés aux petites agglomérations devient de plus en plus importante. Les filtres plantés de roseaux sont particulièrement intéressants pour les collectivités rurales possédant, la plupart du temps, peu de moyens sur les plans humain et économique. La gestion optimisée des boues et le fonctionnement rustique de la filière sont autant d'atouts.

Constituant une alternative intéressante à la réalisation d'une étanchéité naturelle à l'aide du sol en place, l'emploi des géosynthétiques dans l'étanchéité des FPR, est amené à se développer : géotextiles de protection, géomembranes d'étanchéité, ... D'autres applications telles que la séparation, le drainage ou l'anti-érosion trouvent également des débouchés lors de la réalisation des FPR.

Tableau 3. Tableau comparatif des valeurs des eaux

Paramètre	unité	Valeurs de l'eau après le traitement secondaire	Valeurs de l'eau après traitement par les roseaux	Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes)
Température	°C	25	22	< 30
pH		7,0	7,0	6,5 à 8,5
MES	mg/l	69	12	< 30
DBO	mg/l	52	17	< 40
DCO	mg/l	165	66	< 90
Azote total	mg/l	42	02	< 50
Phosphore (PO4)	mg/l	09	01	< 02
Huile et graisse	mg/l	52	8	< 20

9. Références bibliographiques

- Alexandre O., Boutin C., Duchène P. (1997). Cahier technique n°22 du FNDAE, Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, 96 pages.
- Cfg (1991). Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géomembranes, 45 pages.
- Savoie D. (2007). Cahier des clauses techniques particulières. CCTP des filtres plantés de roseaux. 76 pages.