

# Un nouveau tournant dans le traitement des lixiviats

**ABSTRACT**

**A new turning point in leachate treatment.**

Leachate treatment has seen many developments, recently giving rise to multi-stage biological treatment combined with ultrafiltration membranes and membrane bioreactors (MBRs). For this type of application, most MBRs use external tubular membranes.

Recently, this basic approach was improved by making use of a new generation of helical profile tubular membranes in order to improve their performance beyond that of «straight - cylindrical» profile tubular membranes by between 20 and 50%.

This article describes the development and initial implementations of this membrane in leachate treatment.

Ronald van 't Oever, Product Manager  
PENTAIR (Pays-Bas)

Le traitement des lixiviats a connu de nombreuses évolutions, aboutissant récemment à un traitement biologique à plusieurs étapes combiné avec des membranes d'ultrafiltration en bioréacteurs à membranes (BRM). La plupart des BRM, sur ce type d'application, utilisent des membranes externes de type tubulaire.

Récemment, cette approche de base a été améliorée en mettant en œuvre une nouvelle génération de membranes tubulaires qui utilisent un profil hélicoïdal afin d'améliorer les performances de la membrane, surpassant ainsi les performances des membranes tubulaires à profil « droit - cylindrique » de 20 à 50 %.

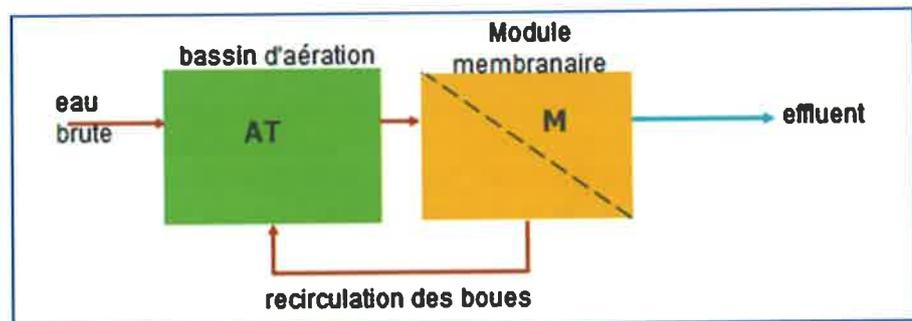
Cet article décrit le développement et les premières mises en œuvre de cette membrane dans le traitement des lixiviats.

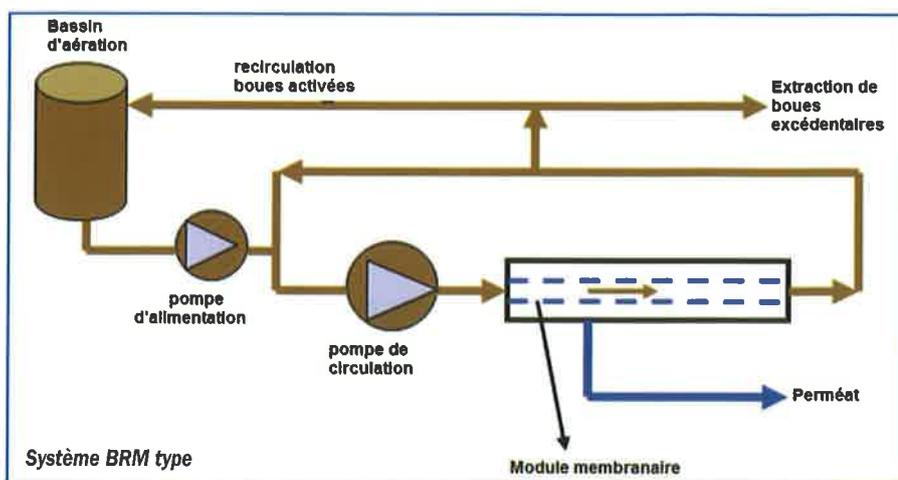
Les sites d'enfouissement sont présents dans le monde entier. Ce lieu de destination finale de nos déchets nécessite de nombreuses étapes de traitement afin de contenir les déchets sur le site et protéger l'environnement immédiat. Certains composants présents dans ces déchets peuvent également être valorisés avec, par exemple, la production d'énergie. L'un des procédés qu'il est nécessaire de mettre en œuvre sur ce type de site est la protection des sols, en particulier d'éviter que les eaux souterraines ne soient contaminées. En effet, dans le cas de sites d'enfouissement en plein air, les eaux de pluie vont s'écouler sur les décharges et s'infiltrer dans les sols. Au cours de ce processus, les eaux de pluie absorberont toutes sortes de substances qui dégraderont la qualité de l'eau. Cette eau de percolation est appelée lixiviat. Cette eau peut s'infil-

trer profondément, atteindre les nappes phréatiques et venir polluer les ressources en eau. C'est pourquoi des mesures sont prises pour éliminer ce risque de contamination. La plupart des sites d'enfouissement sont donc construits avec une protection initiale couvrant la surface du site qui permet de collecter le lixiviat et de le traiter hors site. Après cette collecte, la deuxième étape consiste à traiter ce lixiviat. Il y a quelques décennies, il était usuel de

purifier l'eau suffisamment afin de pouvoir la restituer dans des eaux de surface et de renvoyer les concentrats vers la décharge. Aujourd'hui, la réglementation a modifié cette pratique, impliquant que tout ce qui provient du site d'enfouissement doit être traité efficacement et ne pas être renvoyé en décharge.

Le procédé utilisé dans le cadre du traitement des lixiviats est le BRM (Bioréacteur à membranes) qui consiste à combi-





présent sur la surface des membranes. De plus, un paramètre indispensable pour réduire la fréquence des opérations de nettoyage chimique est la création d'une zone de turbulence à la surface des membranes. Ceci est réalisé à l'aide de la pompe de circulation permettant de créer une vitesse tangentielle qui limite le dépôt des matières en suspension sur les membranes et permet de travailler à des flux de filtration éle-

ner un traitement biologique – bioréacteur - avec des membranes d'ultrafiltration (voir schéma page précédente).

La première étape consiste en un traitement biologique (bioréacteur), similaire au traitement des eaux usées urbaines, permettant une dégradation de la pollution carbonée et azotée par des bactéries aérobies et anoxygènes et dont résulte une grande quantité de boues biologiques avec des teneurs variant de 8 à 20 g/l (liqueur mixte – MLSS).

La seconde étape consiste à séparer ces boues de l'eau épurée par le passage sur des membranes tubulaires d'ultrafiltration (taille des pores 30 µm – matériau: PVDF). Le système membranaire est raccordé au bioréacteur par un ensemble de pompes permettant son alimentation en boues activées mais également pour permettre la recirculation d'une partie de ces boues « concentrées » dans le bioréacteur et ainsi optimiser les performances du BRM.

Le traitement en BRM est considéré comme la meilleure technologie disponible pour produire des effluents d'excellente qualité grâce à la réduction significative de la DCO, de la DBO et des MES – rigoureusement en dessous des normes de rejet. Il permet également un polissage économique et sûr par osmose inverse ou par nanofiltration afin d'éliminer les matières dissoutes indésirables avant son rejet en



Photo 1: Unités membranaires pour le traitement de lixiviats.

milieu naturel ou sa réutilisation. Le schéma ci-dessus montre un système BRM type.

Le passage des boues sur les membranes d'ultrafiltration va conduire à un encrassement continu des membranes – qui doit être contrôlé et maîtrisé – afin de maintenir une pression transmembranaire aussi faible et stable que possible et donc une consommation énergétique optimisée.

C'est l'objectif des opérations de nettoyage chimique – réalisées typiquement de 1 à 4 fois par mois. Ces nettoyages permettent d'évacuer l'ensemble de l'encrassement

vés pour réduire la taille de l'unité membranaire.

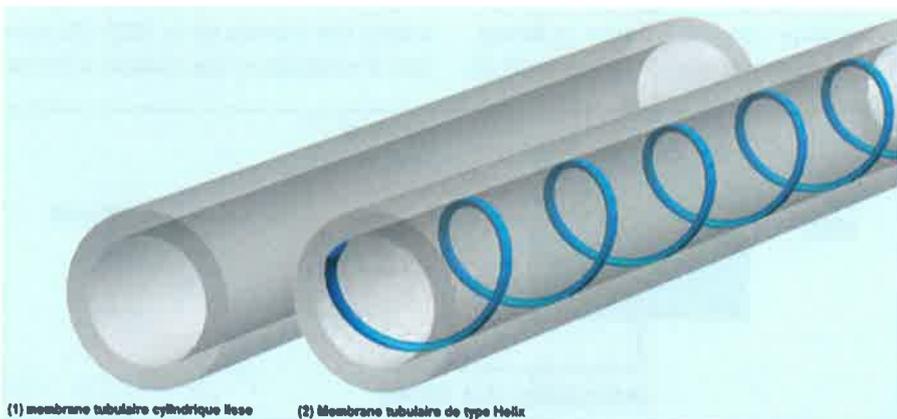
Cette vitesse tangentielle implique une consommation énergétique importante. Ce constat a amené PENTAIR à développer une nouvelle génération de membranes d'ultrafiltration tubulaires: Helix.

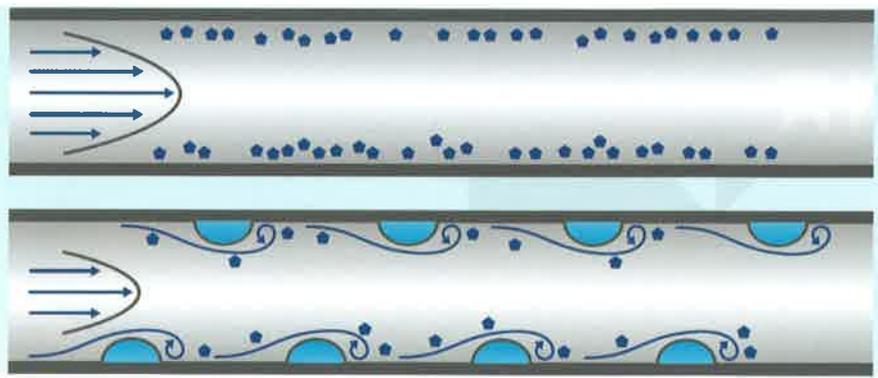
### Helix

Ainsi, nous avons vu que le principal critère pour maintenir les membranes dans un état de propreté (encrassement réduit) sur de longues périodes passe par la création d'un phénomène de turbulence à leur surface. Phénomène jusqu'ici possible par une vitesse de passage tangentielle élevée impliquant une grande consommation énergétique (1,5 à 3,0 kWh/m<sup>3</sup>).

Le département R&D de PENTAIR situé aux Pays-Bas a recherché une façon de maximiser la turbulence tout en réduisant de façon significative la consommation énergétique qui lui est associée. HELIX est le fruit de ce processus d'innovation!

Helix repose sur la mise en œuvre d'un profil hélicoïdal à l'intérieur de la membrane tubulaire au lieu d'un profil droit – cylin-





La modélisation du flux et la turbulence dans une membrane tubulaire cylindrique lisse (haut) et dans une membrane tubulaire de type Helix.

drique comme sur les anciennes générations de membranes tubulaires PENTAIR. Cette forme hélicoïdale crée un effet de torsion qui augmente la turbulence à la surface des membranes et crée ainsi un effet de nettoyage continu (voir modélisation ci-dessus). En conséquence, la membrane est maintenue plus longtemps dans un état de propreté tout en augmentant les performances de la membrane.

L'utilisation des membranes de type Helix peut conduire à deux approches pour l'amélioration du processus :

- Fonctionnement avec la même vitesse tangentielle et par conséquent l'obtention d'une augmentation du flux membranaire ;
- Fonctionnement avec une vitesse tangentielle réduite tout en maintenant le flux membranaire.

Quel que soit le choix opéré, la consommation énergétique résultant du mode de filtration tangentiel sera réduite (0,7 à 1,5 kWh/m<sup>3</sup> d'eau traitée) et dans le premier cas, la taille de l'installation (nombre de modules membranaires à mettre en œuvre) sera réduite pour une capacité de traitement similaire.

## Pilotage

Une fois la technologie et le processus de fabrication validés par une longue série

d'essais en laboratoire, des unités pilotes semi-industrielles ont été mises en œuvre pour vérifier et démontrer l'efficacité de ces nouvelles membranes d'ultrafiltration tubulaires.

Les essais ont été exécutés sur des applications requérant des performances élevées sur des eaux à haute teneur en MES mais aussi d'identifier les performances de l'autre côté du spectre, à savoir sur des eaux à faible teneur en MES.

Dans le tableau ci-dessous, une comparaison est réalisée entre les différentes configurations de membranes tubulaires à profil hélicoïdal testées et celle à profil droit - cylindrique.

Comme il peut être conclu du tableau 1, les membranes d'ultrafiltration Helix offrent, pour un nombre de Reynolds fixé à 7000 et une vitesse tangentielle de 2,5 m/s, une consommation énergétique réduite de 17 à 30 % et pour un flux de filtration augmenté respectivement de 70 à 93 % en comparaison des membranes tubulaires ancienne génération.

Le choix final entre les différents profils hélicoïdaux s'est fait sur le type Hélix double - faible épaisseur, car il offre une solution optimale afin de réduire les coûts d'investissement pour ce type de BRM en minimisant le nombre de modules mem-

branaires installé et en réduisant les coûts opérationnels liés à la consommation énergétique du système membranaire.

La dénomination commerciale Hélix couvre donc le profil double - faible épaisseur.

## Première usine de traitement des lixiviats avec les membranes Helix

Étant donné que les essais pilotes menés sur les membranes Helix pour des applications à forte teneur en MES ont tous montré des résultats positifs par rapport aux membranes ancienne génération, il a été décidé de procéder à une mise à niveau sur une installation existante par le remplacement des anciennes membranes tubulaires cylindriques lisses qui arrivaient en fin de vie après 13 ans de fonctionnement par ces nouvelles membranes Helix.

L'installation membranaire existante fonctionnait encore à des flux raisonnables de 90 - 110 l/m<sup>2</sup>.h. Cependant, la fréquence de nettoyage devenait de plus en plus élevée, témoignant ainsi d'un signe typique de fin de vie des membranes.

Le remplacement a alors été réalisé en utilisant des modules membranaires identiques à ceux précédemment installés (en tout point rétro compatible) et équipés des membranes tubulaires de type Helix.

Dès la mise en service, le constat fut immédiat. Le rendement de l'installation fut augmenté de près de 100 % par apport à l'installation initiale en atteignant des flux supérieurs à 200 l/m<sup>2</sup>.h et après une période de stabilisation, le maintien du flux à un niveau de +/- 200 l/m<sup>2</sup>.h permettant ainsi une diminution de la consommation énergétique de l'installation par m<sup>3</sup> d'eau usée traitée.

## Conclusion

Fort de ce succès, PENTAIR est heureux de mettre sur le marché des BRM une nouvelle technologie de membranes tubulaires permettant de répondre aux exigences des utilisateurs finaux à savoir des systèmes compacts pour la séparation des boues activées et de l'eau épurée en sortie du BRM, une excellente qualité de l'effluent rigoureusement en dessous des plafonds de rejets, une optimisation de la consommation énergétique et un prétraitement optimal pour les membranes d'osmose inverse. ■

**Tableau 1 : comparaison des flux entre la membrane de base et différents types d'améliorations hélicoïdales.**

Tous les flux sont basés sur une vitesse tangentielle de 2,5 m/s et un nombre Re = ~ 7000. Application BRM

	Pertes de charge [kPa]	Flux de filtration l/m <sup>2</sup> * h	Énergie par m <sup>3</sup> de perméat [kWh]
Membrane ancienne génération	0,25	49,4	1,7
Hélix simple - faible épaisseur	0,28	62,3	1,45
Hélix double - Faible épaisseur	0,33	83,8	1,3
Hélix double -Haute épaisseur	0,43	95,5	1,45