

Bioréacteurs à membranes :

un intérêt croissant

Cassettes membranaires.

L'utilisation des membranes pour la séparation solide / liquide dans le traitement des eaux usées urbaines est une nouveauté qui évolue, tant dans la technicité que dans le nombre d'infrastructures construites récemment. Le nombre et la technicité en font-ils une solution intéressante ?

Jérôme CLUZEAU
OIEau



Le procédé « réacteur biologique à membranes » (RBM) semble éprouvé vu le nombre d'installations réalisées à ce jour (plus de 70 références en France en 2009). On a pu voir la capacité épuratoire des eaux usées urbaines par ce procédé doublée entre 2008 et 2009. Après un début timide durant plusieurs années, puis une utilisation du procédé pour des installations de taille raisonnable (entre 2000 et 20 000 équivalents habitants), la technique est aujourd'hui mise en œuvre pour des stations d'épuration dont les tailles sont beaucoup plus conséquentes (300 000 équivalents habitants).

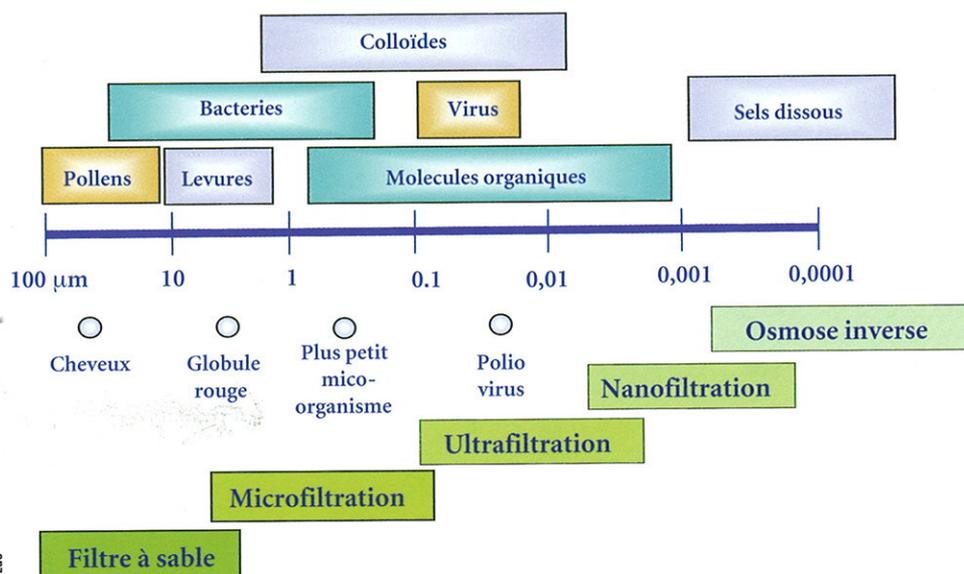
Pas d'épuration sans clarification

Le principe d'épuration par boues activées en aération prolongée est l'un, pour ne pas dire le meilleur, des procédés épuratoires, des plus efficaces

pour diminuer fortement une grosse partie de la pollution organique dans une eau usée domestique. Une des difficultés majeures dans le procédé boues activées est de clarifier l'eau traitée. Sans clarification, pas d'épuration. Et de fait, bon nombre d'exploitants connaissent des déboires sur la clarification. Le sur-débit, un taux de boues mal géré ou une mauvaise qualité de boue entraînent une mauvaise décantation. Pour s'affranchir de ces difficultés, placer une barrière physique performante, en remplacement du clarificateur, permet de garantir une bonne clarification et donc la fiabilité du process épuratoire. Les membranes ont la fonction de séparer principalement les matières en suspension (MES) et les matières colloïdales de l'eau traitée.

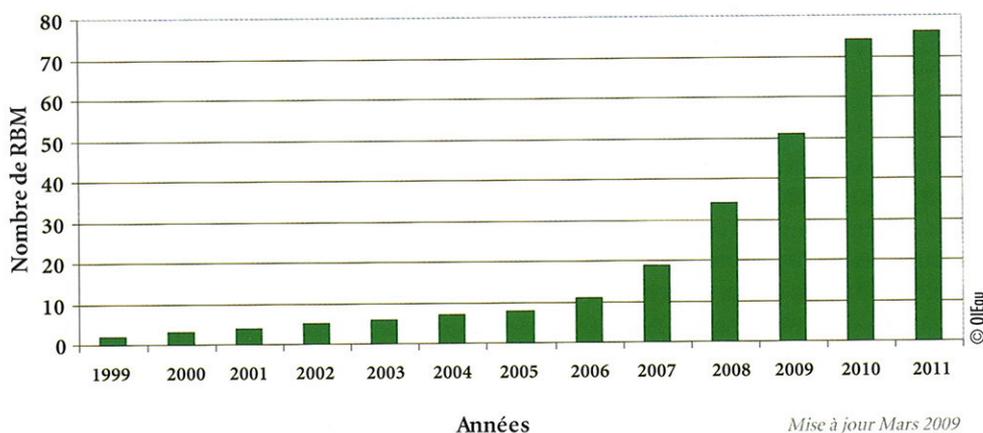
La contrainte hydraulique doit être prise en compte dès la conception. On notera ici l'importance de réaliser des

Membranes



Graphique 1 : Nombre cumulé de RBM en fonction de l'année de mise en service (© OIEau).

Nombre cumulé de RBM en fonction de l'année de mise en service



Graphique 2 : Taille des particules des particules retenues par les membranes.

Diviser par trois l'emprise au sol

Afin de clarifier, les décanteurs secondaires standards demandent une superficie conséquente et représentent une perte de place importante (notion de vitesse ascensionnelle). La mise en place de membranes permet de diviser par trois l'emprise eau sol. Ce qui convient particulièrement bien à de l'urbain dense. Compte tenu de ces différents critères, la solution RBM devient de plus en plus intéressante voire obligatoire pour répondre aux différentes exigences (réglementaires, foncières, fiabilité process...).

Le mot développement durable trouve également son sens dans l'application membranaire quand la réutilisation de bassins existants devient possible dans la nouvelle chaîne de traitement, mais également dans la réutilisation de l'eau traitée dans des applications d'arrosage, de réalimentation de nappe... Les membranes ont un rôle dans la garantie de l'efficacité des procédés avuls.

Cette technologie devient de plus en plus compétitive compte tenu de l'amélioration continue des équipements de filtration et de leur diversité. Aujourd'hui, on peut constater trois principales techniques ; à savoir : membranes plaques, tubulaires ou fibres creuses.

Microfiltration (0,45 µm) ou ultrafiltration (0,035 µm) ?

Le choix va porter sur la qualité d'eau recherchée. En plus des performances de la microfiltration, l'ultrafiltration permet également de supprimer les agents pathogènes présents dans l'eau. En résultats de performance, nous pouvons atteindre des résultats d'eau traitée < 1 mg pour les MES, < 1 NTU pour la turbidité et une désinfection physique < 100 ufp/100 ml. Ce type d'analyse nous pousse à repenser les modes de prélèvement d'échantillon car une analyse ponctuelle pour l'analyse bactériologique est plus représentative qu'un échantillon moyen.

III mesures de débit précises pour assurer un bon dimensionnement des membranes afin de ne pas perdre le bénéfice d'utiliser cette technologie par un by-pass de pollution.

Certains contextes demandent une garantie de clarification pour obtenir une qualité d'eau traitée irréprochable (rejet en zone de baignade, zone eutrophisée, proximité de conchyliculture,

désinfection avale réalisée...). Dans d'autres contextes, les Step reçoivent de fortes variations de charges (zones touristiques, rejets industriels) et la concentration en boues doit être fortement augmentée pour obtenir une épuration optimum. La séparation par membranes devient une solution potentielle de séparation des boues biologiques de l'eau traitée. On notera que l'âge des boues est alors facilement maîtrisé.

III Le facteur limitant semble à ce jour se porter sur l'aération de la biologie. En effet, le transfert d'oxygène devient difficile compte tenu de la forte concentration de boues présente dans le bassin biologique (de 8 à 15 g/L). L'apport d'oxygène baisse de 15 à 30 % selon la concentration de boues présente dans le bassin biologique. L'évolution de la température dans ce bassin n'est pas en reste et peut contribuer à limiter un peu plus le transfert de l'oxygène. Certaines installations se sont équipées d'échangeur pour lutter contre ce phénomène.

D'autres facteurs sont importants dans l'exploitation des RBM, notamment le fonctionnement des prétraitements. Les choix sur le type et le seuil de coupure du tamisage est primordial pour limiter le colmatage et les dépôts de filasses sur les membranes. L'impact de la graisse n'est pas négligeable et doit faire l'objet d'une attention particulière.

Immersion dans le bassin biologique ou bassin séparé ?

Avoir des cellules isolables pour réaliser la maintenance est un argument supplémentaire. Le volume des cellules extérieures varie de 5 à 35 % (par rapport au volume total) selon le type de membranes utilisées. L'immersion des membranes dans le bassin biologique perturbe le traitement de l'azote. En effet, l'air utilisé pour le « décolmatage » des membranes (injection d'air sous forme de grosses bulles à la base des membranes pour éviter la dépose des particules sur le matériau filtrant) transfère de l'oxygène dissous et place cette zone de bassin en aérobiose. L'anoxie stricte n'est pas obtenue et ne permet pas de dénitrifier correctement.

Pour lutter contre le colmatage, le décolmatage physique est assuré par l'air insufflé à la base des membranes (fonctionnement asservi à la mise en service de la filtration). Pour les membranes à plaques, quand la perte de charge augmente significativement, un

court arrêt de la filtration peut être réalisé et permet de faire redescendre les pertes de charge à leur valeur d'origine. Cet arrêt, souvent nommé période de relaxation, représente généralement 10 % du temps de filtration soit quelques minutes par heure. Pour le décolmatage biologique (formation de biofilm, pénétration de la MO ou dépôt minéral), il est assuré par des lavages chimiques. Sur le plan de l'entretien, plusieurs types de nettoyage des membranes sont nécessaires : on trouvera un rétrolavage (pour les membranes en fibre creuses), un lavage chimique pour la maintenance (acide citrique pour les matières minérales / javel ou soude pour les matières organiques) et une inspection poussée (une régénération) au cours du contrôle annuel.

Côté financier, le coût d'investissement en réhabilitation est en général inférieur au coût de refonte totale d'une

station d'épuration (réhabilitation de bassins existants). Les coûts de fonctionnement sont supérieurs à une séparation classique mais la qualité du rejet est d'une fiabilité et d'une qualité nettement supérieures. Les coûts énergétiques sont plus élevés qu'une boue activée conventionnelle, il faut toutefois les comparer à un niveau de traitement équivalent.

Points faibles

L'utilisation de membranes comporte plusieurs points faibles (aération, colmatage, renouvellement des membranes) et il semble judicieux d'avoir recours à des indicateurs de performances fiables qui indiqueront l'état des membranes tout comme celui de l'aération. Il faut avoir une vision claire de l'évolution de la filtration : un indicateur sur le suivi de la perméabilité permet de suivre l'évolution de la fil-

**TRAITEMENT
ET RECYCLAGE
DES EFFLUENTS
LIQUIDES
INDUSTRIELS**

**INGÉNIERIE
ÉTUDE & CONSTRUCTION**

proserpol

8, rue Jean-Pierre Timbaud
78180 Montigny-le-Bretonneux - France
Tel. +33 (0)1 30 45 90 20 - Fax +33 (0)1 30 45 90 50
www.proserpol.com - contact@proserpol.fr

III tration (exemple le débit moyen transmembranaire l/m²/h) et un indicateur sur l'aération semble également très pertinent compte tenu de l'importance de l'aération dans un système à boues activées et des difficultés pour transférer l'oxygène dans un réacteur biologique à concentration plus élevée. Un ratio sur les kg O₂ injecté/kg DCO éliminé semble intéressant comme première approche avec des confirmations sur un bilan énergétique comme les kW consommés par l'aération / kg DCO éliminé. La consommation énergétique constitue en effet un point important dans l'utilisation de membranes.

Des seuils d'alertes bien définis déclenchent les actions de maintenance et servent de base pour la provision du budget et préservent l'équilibre financier. Budgétiser au préalable de telles maintenances est indispensable pour

ne pas attendre le déblocage de fonds alors que la problématique est présente.

Fiable mais coûteux en exploitation

A ce jour, le RBM, en termes de séparation physique, reste remarquable et favorise le respect des normes de rejet. C'est une nouvelle solution fiable, compacte et modulaire mais elle reste coûteuse en exploitation. Si la protection maximale du milieu naturel et de ses usages est à l'origine du recours au RBM, alors la solution semble honorable mais pas systématique. L'ensemble des paramètres précédemment évoqués doit être pris en compte. C'est aussi un compromis entre surface au sol disponible, faibles variations de débit, investissement envisagé mais cela demande obligatoirement une fiabilité de l'ensemble des procédés disponibles sur la Step et une forte

compétence du personnel d'exploitation compte tenu du niveau élevé de technicité.

Perspectives

L'amélioration des techniques membranaires (meilleur débit transmembranaire) et l'amélioration continue du fonctionnement du process (optimisation des consommations énergétiques) augmentent l'intérêt de cette technologie. Soulignons enfin qu'afin de mieux protéger la ressource et limiter les pénuries d'eau, le procédé RBM devient une première étape dans le process de potabilisation des eaux en sortie de Step. On compte déjà plusieurs références dans le monde où le RBM permet la réutilisation d'eaux traitées en Step en eau de consommation. ■

Office International de l'Eau

CNFME

Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau

**FORMATION
EAU
DECHETS**









Plus de 5000 professionnels de l'eau

Formés lors de 500 sessions par an

Par nos 25 formateurs permanents

Et plus de 150 experts

Formations inter-entreprise et intra-entreprise

Formations en situation réelle sur plates-formes pédagogiques

**FORMATION
EAU
DECHETS**






22 rue E. Chamberland - 87065 Limoges
Tél: 05.55.11.47.70 - Fax: 05.55.11.47.01

www.oieau.org/cnfme