

Filtration membranaire des lisiers de porc

Partie 2 : Perspectives d'application pour la filière porcine

La première partie de cet article a fait l'objet d'une synthèse bibliographique des techniques de filtration membranaire sur des effluents d'élevage lors du précédent numéro (Techniporc n°2, 2010). Dans cette seconde partie, nous allons faire le point des dispositifs commerciaux existants ou ayant existés, puis des perspectives de développement de ces technologies au sein de la filière porcine.

Applications commerciales de la filtration membranaire aux déjections animales

Les tentatives de commercialisation des procédés de filtration membranaire sur des déjections animales restent peu nombreuses. Actuellement, nous n'avons pas connaissance de procédé de filtration membranaire fonctionnant directement sur lisier brut. Mais il est à noter que des (pré)traitements physico-chimiques très poussés tel que ceux mis en œuvre dans le procédé AVDA, allant parfois jusqu'à l'Osmose Inverse (Lisa, Ecoliz) étaient tout de même proposés pour la filière porcine jusqu'il y a peu de temps (Levasseur, 2004).

Le **procédé Ecoliz** proposait une filtration membranaire par Osmose Inverse (OI) après une série de pré-traitements très poussés du lisier. Ce dernier était préalablement coagulé et floculé avant de passer dans une chambre de compression munie de toiles très fines. Il en résultait un produit solide contenant 40 % de l'azote et du potassium et plus de 90 % du phosphore. Les étapes suivantes restaient plus expérimentales et n'ont pas fait l'objet d'un développement commercial. Selon Gérard (2002, citée par Masse et al, 2007), le filtrat était acidifié, afin de limiter les émissions d'ammoniac, puis stocké en lagune. Il était ensuite envoyé dans un filtre à sable puis une cartouche filtrante à 40 µm avant de passer dans 2 étapes successives d'OI permettant d'obtenir un effluent à 115 puis 10 mg/l d'azote résiduel. Le coût du traitement complet était alors estimé à 12 €/m³.

Le **procédé AVDA**, mis au point par l'Ecole de Chimie de Rennes en partenariat avec le grou-

pement Coopagri Bretagne, comprend deux étapes de séparation liquide-solide dans sa version initiale. La première consiste, après ajout de polymères, à employer un filtre-presse à bandes. La seconde étape, plus originale, opère une précipitation physico-chimique de l'azote ammoniacal par ajout de magnésie et d'acide phosphorique. Un tourteau minéral est ainsi constitué à l'aide d'un filtre-presse à plateaux. A notre connaissance, il n'y a pas eu de test de filtration membranaire à l'issue de ces 2 séparations de phases mais les taux d'épuration de la fraction liquide élevés, permettent d'obtenir un effluent à 0,1-0,15 % de MS, 300-400 mg/kg de N-NH₄⁺ et 10-20 mg/kg de P (Brionne et Martin, 1994). La teneur en potassium n'est pas communiquée, mais à ce niveau d'épuration, une filtration par OI semble envisageable.

Ces deux procédés n'ont pu se développer commercialement car ils étaient jugés **trop coûteux** par rapport aux procédés concurrents : sur une problématique basée dans un premier temps, exclusivement sur l'**azote** puis, dans une moindre mesure et aussi dans un second temps, sur le **phosphore**, le **traitement biologique par boue activée** était effectivement bien plus compétitif que les techniques de filtration membranaire. Cependant, si les contraintes environnementales s'étendaient aux éléments solubles, les coûts de traitement s'en trouveraient accrus.

Dans le contexte environnemental actuel qui ne tient compte que de l'azote et du phosphore, de nouveaux procédés faisant appel à des technologies de filtration membranaire ont tout de même fait leur apparition. Ainsi, nous



Résumé

Malgré les écueils techniques auxquels sont confrontées les méthodes de filtration membranaire des déjections animales, cet article montre qu'il existe d'ores et déjà des applications industrielles, notamment après une phase de digestion aérobie ou anaérobie.

Les résultats satisfaisants obtenus après un bio-réacteur membranaire laissent des perspectives intéressantes pour le traitement des eaux résiduaires issues de stations de traitement biologique.

Le couplage méthanisation-filtration membranaire présente l'avantage indéniable, outre de réduire l'acuité des problèmes de colmatage, de constituer une source potentielle de profit.

La rentabilité n'est cependant possible que pour des situations très particulières.

Sur du lisier de porc brut, l'application de la filtration membranaire semble par contre difficilement envisageable à court terme.

Pascal Levasseur
Rémi Monchal

Cette étude a été financée par le programme national de développement agricole.

Le procédé WES a pour objectif de traiter du lisier porcin brut jusqu'à l'osmose inverse, en passant par l'utilisation d'un Bio-Réacteur Membranaire.

Le V*SEP® utilise une technique de décolmatage dynamique lors de l'opération d'osmose inverse.



décrivons en particulier 2 procédés fonctionnant à l'aide d'un Bio-Réacteur Membranaire (WES et Biosep®) et un troisième (V*SEP®) fonctionnant après une phase de digestion anaérobie.

Le procédé WES (Wijngaart Engineering Services)

Ce procédé, commercialisé par la société Néerlandaise WES, a pour objectif de traiter du lisier porcin brut jusqu'à de l'osmose inverse, en passant par l'utilisation d'un Bio-Réacteur Membranaire (BRM). En 2008, nous avons vu ce procédé aux Pays-Bas, le synoptique de fonctionnement est représenté par le schéma n°1. Chaque BRM est dimensionné pour un débit journalier de 6-7 m³. Les équipements amont et aval sont dimensionnés pour traiter la quantité d'effluents de 3 BRM disposés en parallèle, soit un débit global journalier de 18-20 m³ en version optimisée. Le procédé nécessite en amont une fosse d'homogénéisation (1), puis une vis compacteuse (2) afin d'extraire du substrat le maximum de matières organiques solides à moindre coût. Une injection (3) de chlorure ferrique (1 à 2 litres dosés à 40 % par m³ de lisier) et de polymères (description non communiquée) est ensuite effectuée avant une séparation par décanteuse-centrifuge (4). Le concentrat passe ensuite dans un BRM (5) d'une capacité utile de 12 m³, correspondant à

un temps de rétention hydraulique moyen de 2 jours. Dans chaque BRM, un dispositif d'ultrafiltration membranaire immergée permet de soutirer un perméat qui sera injecté, sous une pression de 20 bars, dans des modules d'OI (6). Selon le constructeur, les trois co-produits obtenus sont : une fraction solide à 20 % de matière sèche représentant 20 % du volume initial, un concentrat liquide issu de l'OI et des BRM (16 % du volume initial) et une eau résiduaire (64 % du volume initial).

Selon la société WES, l'unité de filtration visitée est en fonctionnement depuis au moins 4 ans, sans difficulté technique majeure (colmatage,...). Plusieurs projets auraient fait l'objet de devis en 2008 (Wijngaart, communication personnelle) sans autre réalisation que l'unité de démonstration. Sur la base de ces devis, l'investissement estimé, pour une unité de 6 600 m³ de lisier brut traité par an, serait de 350 000 € (soit un coût, amortissement et frais financiers, de 7 €/m³) et les frais annuels de fonctionnement de 55 000 € (soit un peu plus de 8 €/m³).

Le Biosep®

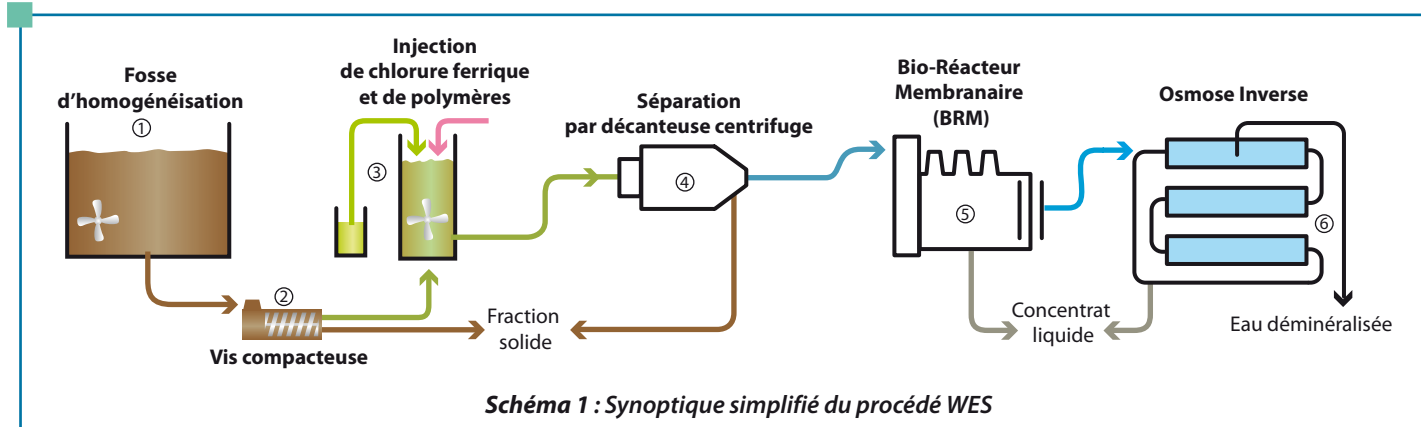
D'autres applications industrielles du BRM ont été déclinées pour le traitement d'effluents d'abattoirs. Ainsi, Veolia Water a installé, pour l'entreprise Cooperl à Lamballe en 2003, le procédé Biosep®. Les

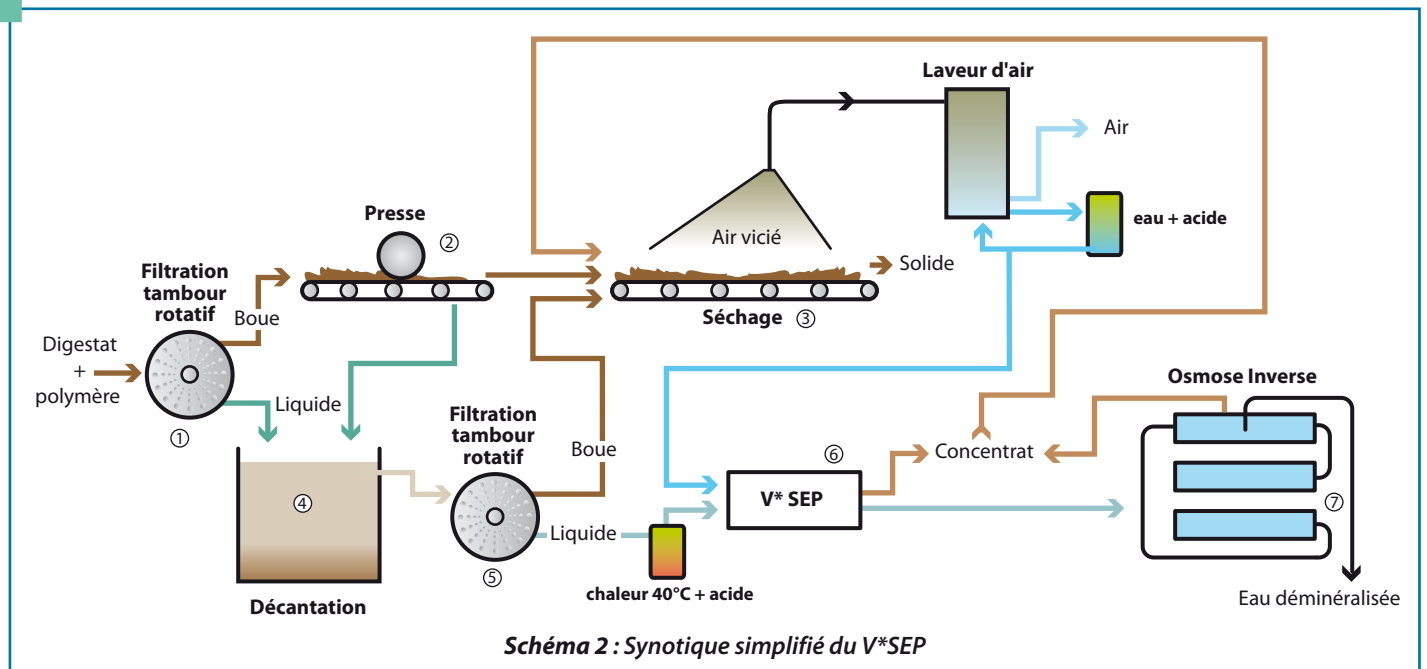
1 040 m³ d'effluents d'abattoirs traités quotidiennement passent ainsi, après un traitement physico-chimique, dans un bassin d'anoxie de 600 m³, un bassin d'oxygénation de 1 030 m³ puis sur 3 700 m² de membranes de filtration en fibres creuses, et enfin une filtration par OI.

Le V*SEP® (Vibratory SEParation)

Le V*SEP® de la société New Logic Research utilise une technique de décolmatage dynamique lors de l'opération d'OI telle que décrite précédemment. Il y aurait au moins 4 installations en fonctionnement à l'échelle industrielle : une en Corée, une aux Pays-Bas (New Logic, 2004, cité par Masse et al, 2007) mais aussi 2 unités en Belgique. Une rencontre avec la société Eco-projects ayant réalisé ces 2 installations belges, nous a permis de préciser la technologie mise en œuvre (Schéma 2).

Les effluents d'élevage, en mélange avec des cultures énergétiques et des déchets organiques, subissent préalablement une digestion anaérobie. Le digestat produit, à 40°C, est alors refroidi, mélangé avec des polymères, puis filtré dans un dispositif à rotation lente (environ 10 tr/min, 1). Les boues qui en sont issues ne contiennent encore que 16 % de matière sèche. Elles passent dans un filtre-presse





à bandes (2) avant d'être déshydratées (3) au moyen de l'énergie thermique produite par le co-générateur. La fraction liquide contenant 1,5 % de MES est décantée pendant 48 heures dans une cuve (4), puis filtrée une nouvelle fois dans un filtre à tamis rotatif à 50 µm (5). Le but est d'enlever toute matière sableuse qui pourrait dégrader les membranes, ainsi que tous floccs résiduels. Elle est ensuite réchauffée à 40°C dans un échangeur de chaleur, puis acidifiée, avant d'entrer dans le V*SEP® (6). Ce dernier est équipé de membranes d'osmose inverse et fonctionne sous 37 bars de pression avec un débit membranaire de 60-65 l/m²/h. Le liquide est ensuite envoyé vers une seconde étape d'OI plus classique (7), avant d'être rejeté dans le milieu naturel (la réglementation flamande l'autorise lorsque la teneur en azote est inférieure à 15 ppm). Le volume de concentrat, issu des modules d'OI, représente environ 20 % de l'effluent entrant. Sur la totalité de la chaîne de traitement, les co-produits représentent toutefois 35 à 40 % du volume de digestat à traiter. Les concentrats, issus des deux dernières étapes de traitement, sont enfin déshydratés

sur des tapis de séchage pour atteindre 85 % de MS. L'air issu du séchoir est lavé par barbotage dans de l'eau acidifiée. L'énergie thermique issue du co-générateur est suffisante pour chauffer le méthaniseur et déshydrater la totalité des concentrats.

L'une des 2 installations belges fonctionne avec 20 000 tonnes d'intrants par an lui permettant d'alimenter un co-générateur d'une puissance de 500 kW, alors que l'autre, dotée de 60 000 tonnes d'intrants plus méthanogènes, fait fonctionner une génératrice de 3 MW. Le coût de cette dernière installation serait de 12 à 13 millions d'€ (incluant terrain, tapis de séchage, méthanisation, lavage d'air,...) dont 380 000 € pour le V*SEP®. Le coût par m³ traité s'élève tout de même à plus de 26 € ; il est partiellement compensé par les recettes liées aux indemnités de traitement des déchets mais surtout à la **vente de l'électricité**. La société Eco-projects a ainsi 3 unités en cours de réalisation et 14 projets. L'un de ces projets, basé sur un traitement de 240 000 tonnes d'intrants/an, une puissance installée de 16 MW d'électricité et

un coût global de 50 millions d'€, est appelé à fonctionner sur un site industriel, sans subvention. Le seuil de rentabilité de ce type d'installation, estimé par les promoteurs, serait ainsi de 30 à 40 000 tonnes de déchets méthanisés par an.

En l'état, le V*SEP® et ses pré-traitements **ne peuvent pas fonctionner avec du lisier brut**. Il est suggéré, pour traiter un lisier brut, d'utiliser deux modules V*SEP® en série, munis respectivement d'une membrane MF ou UF, puis d'une membrane d'OI. Toutefois, ce scénario pourrait présenter un coût élevé, sans les recettes apportées précédemment par la co-génération.

Masse et al (2007), qui avaient également décrit le V*SEP®, font par ailleurs référence à une unité de filtration membranaire construite au **Danemark** par la société Bioscan. Le principe consiste en une filtration par OI après une phase de digestion anaérobie couplée à une UF suivie d'une phase de stripping de **l'ammoniac et des carbonates**. Cependant, nous n'avons pas de référence sur l'état d'avancement industriel de ce procédé.

Le but est d'enlever toute matière sableuse qui pourrait dégrader les membranes.



Le contexte tarifaire actuel ne suffit pas encore à permettre un véritable essor de la méthanisation en France.

Perspectives d'application pour la filière porcine française

Après une digestion anaérobie (méthanisation)

Les applications industrielles de la filtration membranaire à des digestats de méthanisation pourraient intéresser la filière porcine française. A court terme, il s'agit du scénario le plus pertinent pour un développement des techniques de filtration membranaire, la technologie semblant mature et l'existence de recettes (vente d'électricité et indemnisation pour le traitement des déchets) permettant de compenser tout ou partie des coûts. Les possibilités de déshydrater le concentrat permettent de bénéficier pleinement de la **prime à l'efficacité énergétique et d'obtenir un co-produit sec, stabilisé, éventuellement hygiénisé**. Malgré ces atouts, il ne devrait y avoir que peu d'opportunités : en effet, le contexte tarifaire actuel ne permettra pas un véritable essor de la méthanisation en France (Levasseur et al, 2007) ; à l'issue du Plan de Performance Énergétique, pas plus d'une centaine d'unités de méthanisation agricole, toutes filières animales confondues, ne devrait voir le jour. Enfin, les coûts de ces technologies, confirmés par les exemples ci-dessus, montrent la nécessité de bénéficier de fortes **économies d'échelle**. Or, selon l'ADEME (Bastide, communication personnelle), moins de 20 % des projets de méthanisation agricole en France disposent d'une puissance supérieure à 500 kW.

Il est à noter que dans le cas d'excédents en éléments fertilisants, le dégagement de chaleur du co-générateur peut déshydrater directement le digestat au lieu du concentrat. Toutefois, l'énergie thermique disponible ne permet

généralement que le traitement de 20 à 40 % du volume initial, selon le pouvoir méthanogène des intrants. Ainsi, le choix de l'une ou l'autre de ces techniques dépendra du niveau d'excédent en éléments fertilisants : déshydratation d'une partie du digestat pour un petit excédent ; filtration membranaire suivie d'une déshydratation des refus solides et du concentrat, pour des niveaux d'excédents moyens à élevés. La déshydratation rend cependant nécessaire la présence d'un **laveur d'air afin de capter les émissions d'ammoniac**. Ce dispositif représente un surcoût non négligeable.

Après une digestion aérobie

La bibliographie a également montré une application satisfaisante des techniques de filtration membranaire après une phase de digestion aérobie, notamment par l'emploi de Bio-Réacteurs Membranaires. Ces derniers présentent de fortes **similitudes avec les processus de traitement biologique par boue activée** : succession de phases d'anoxie et d'aérobiose aboutissant à un abattement de l'azote ammoniacal et plus généralement à une réduction des principaux critères de pollution (MES, DBO5, DCO, turbidité). Bien que les processus ne semblent pas clairement identifiés, cette digestion aérobie aurait également pour effet de **réduire la concentration en colloïdes organiques ayant un fort pouvoir colmatant**. Les eaux résiduaires issues des stations de traitement biologique devraient ainsi poser assez peu de problème de colmatage lors d'opérations de filtration membranaire, même s'il n'y a pas eu, à notre connaissance, d'essais en ce sens. En cas de réglementation environnementale plus contraignante, un complément aux techniques déjà opérationnelles devrait ainsi être

envisageable à court terme : des **procédés mobiles**, d'une capacité de traitement de plusieurs dizaines de milliers de m³/an, serait alors à envisager afin de **mutualiser les coûts**. Il s'agirait néanmoins d'un coût supplémentaire, s'ajoutant à ceux du traitement biologique par boue activée. Si de telles contraintes se précisaient, il serait nécessaire de repenser les procédés de traitement actuels : il s'agirait alors de concevoir une ou des solutions de traitement adaptées à une gestion globale des éléments produits, **incluant les odeurs, les GES, et prenant en compte l'hygiénisation des co-produits**, en évitant d'ajouter seulement des étapes successives aux procédés existants.

Après une séparation liquide-solide initiale

Même si les essais de filtration membranaire ont été très peu appliqués à des urines, cette possibilité mérite d'être approfondie, dans l'**hypothèse d'un développement des techniques de raclage des déjections sous caillebotis**. En effet, les urines, collectées à la source, contiennent la plupart des éléments solubles, notamment l'**azote** (initialement sous forme d'urée) et le **potassium**. La teneur en matière sèche des urines, moins de 1 %, en font un produit à gérer principalement sur les parcelles les plus proches de l'exploitation. En cas d'excédent, l'exportation des fèces, éventuellement après transformation en produit organique, permet de **résorber plus de 50 % de l'azote et plus de 90 % du phosphore**. Cependant la plupart des sels demeurent **dans la fraction liquide** et le problème se pose au même titre que pour les stations de traitement biologique par boue activée. Les urines, contenant a priori peu de matières colmatantes d'origine organique, pourraient



méthanisation

vraisemblablement être traitées par **filtration membranaire** (la formation de précipités inorganiques sur les surfaces membranaires est cependant possible).

Sur du lisier brut

Les trois domaines d'application vus précédemment peuvent être considérés comme des situations particulières. L'application des techniques de filtration membranaire à du lisier brut couvrirait une palette plus large de situations. Cependant, une application à **court terme** semble difficilement envisageables tant **les contraintes liées au colmatage sont élevées**. Pour autant, les initiatives en cours et à venir méritent d'être suivies et soutenues compte tenu des enjeux.

La gestion des co-produits

Outre la maîtrise du colmatage et donc des coûts de traitement proprement dits, la gestion du concentrat résiduel devra être également optimisée. Cet aspect n'est pratiquement jamais abordé dans les publications traitant de la filtration membranaire des déjections animales. Pourtant, les coûts de conditionnement, logistique et transport des co-produits représentent une part non négligeable du coût global du traitement. Même si le prix de vente de ces produits organiques est à prendre en compte, il reste difficile à déterminer et variable dans le temps car fonction du prix des engrais minéraux (Levasseur et Aubert, 2006). Par rapport aux refus de séparation de phases qui font actuellement l'objet de transport dans le cadre de la résorption des excédents porcins, le concentrat présente des atouts et inconvénients : s'il n'est pas passé par un BRM, il présentera un **rapport N/P bien mieux équilibré par**

rapport aux besoins des cultures ; en revanche, sa forte teneur en **azote ammoniacal** impose des précautions de gestion afin d'éviter une perte par **volatilisation**. Par ailleurs, le concentrat ne dispose pas actuellement d'homologation, ni de norme qui lui soit spécifique. Enfin, un facteur de réduction volumique de 3 à 3,5 (fraction solide éventuelle + concentrat liquide) représenterait, peu ou prou, l'optimum économique. Une augmentation de ce facteur entraîne une augmentation notable des coûts car **la pression** doit être augmentée pour compenser le colmatage et conserver les flux de traitement. **Les volumes** résiduels demeurent finalement assez élevés par rapport aux volumes initiaux ce qui ne réduit que modérément les coûts de transport par rapport au produit brut ; toutefois, il serait nécessaire de préciser, pour chaque situation, l'arbitrage optimal entre une augmentation du FRV (donc du coût de traitement) et la distance de transport du concentrat. D'autres possibilités de réduction du volume de concentrat sont aussi à étudier. A côté des possibilités évoquées de déshydratation permises par une unité de méthanisation, il pourrait être envisagé de **composter** une partie du concentrat avec la fraction solide séparé ou de la paille.

La filtration membranaire, notamment par OI, génère par ailleurs une **eau résiduaire** presque totalement déminéralisée. La qualité chimique et microbiologique serait alors suffisante pour une utilisation comme eau technique, le surplus pouvant théoriquement rejoindre les eaux superficielles. En pratique, il pourrait être demandé un **épandage par irrigation**. Et contrairement aux eaux résiduaires issues des stations de traitement biologique, il n'y aurait pas lieu d'imposer une

limite environnementale quant aux quantités épandables.

Coût de la filtration membranaire

Nous avons tenté une estimation du coût de traitement du lisier de porc par filtration membranaire avec la collaboration de concepteurs/constructeurs spécialisés dans ce type d'installation (Pall France, Finaxo, Univar, Vanlaer). Certains d'entre eux disposaient d'une expérience dans ce domaine. Compte tenu des économies d'échelle attendues avec ce type d'installation, **l'investissement** estimé de 550 000 à 1,3 millions d'€, donne des coûts de 4 à 5 €/m³ pour des installations comprises entre 20 000 et 40 000 m³/an. Le coût par m³ de lisier traité ne pourrait être que notablement plus élevé pour des petites installations. Ces ordres de grandeur nous semblent comparables à ceux des procédés actuellement en fonctionnement mais pour des volumes traités moins élevés. **Les coûts de fonctionnement** ont parallèlement été estimés entre 4 et 7 €/m³. Avec les coûts cités précédemment pour Ecoliz et le procédé WES, nous obtenons un coût total, investissement et fonctionnement, compris entre 10 et 15 €/m³. **Ce chiffrage est à considérer avec précaution** compte tenu de nombreuses incertitudes. En effet, l'imprécision porte tant sur les débits membranaires qui dans la bibliographie, varient de 5-10 l/m²/h à plus de 50-60 l/m²/h, que sur les techniques mises en œuvre. Le coût probable d'une solution opérationnelle sur lisier brut se situera plus vraisemblablement autour de 15 voire 15 à 20 €/m³. Quoiqu'il en soit, pour contenir ces coûts, le traitement de grands volumes sera à privilégier, ce qui signifie vraisemblablement des installations en version



raclage des déjections sous caillebotis

Le choix de l'une ou l'autre de ses techniques dépendra du niveau d'excédent en éléments fertilisants.

Les coûts de conditionnement, logistique et transport des co-produits représentent une part non négligeable du coût global du traitement.

Pour contenir les coûts, le traitement de grands volumes sera à privilégier, ce qui signifie des installations en version mobile ou fixe mais partagée.

L'emploi d'un bio-réacteur membranaire sur du lisier brut présente l'inconvénient d'abattre l'azote ce qui réduit l'intérêt agronomique des co-produits à valoriser.

mobile ou fixe mais partagée. La compacité de nombreux dispositifs de filtration membranaire mais aussi de séparateurs de phases plus conventionnels comme les décanteuses centrifuges pour le pré-traitement permet de répondre à ces conditions.

Conclusion

La bibliographie montre qu'il existe d'ores et déjà des applications industrielles de l'emploi des membranes sur des effluents d'élevage après une phase de digestion aérobie ou anaérobie. L'emploi d'un bio-réacteur membranaire sur du lisier brut présente l'inconvénient d'abattre l'azote ce qui réduit l'intérêt agronomique des co-produits à valoriser. En revanche, les résultats

obtenus dans ce cadre ouvrent des perspectives intéressantes pour la gestion des eaux résiduaires issues des stations de traitement biologique par boue activée. Les coûts supplémentaires engendrés par ce traitement tertiaire seraient cependant, difficilement supportables par les éleveurs. Si une demande administrative et/ou sociétale forte s'exprimait en faveur d'une gestion plus durable des éléments solubles, il serait alors nécessaire de repenser complètement les processus de traitement des lisiers actuellement en place.

Après une phase de méthanisation, il existerait, là aussi des solutions directement applicables à l'échelle industrielle. La mise en œuvre d'une co-génération per-

mettrait, par la vente d'électricité, d'avoir un ensemble qui puisse même devenir source de profit. Cet avantage indéniable n'est cependant pas généralisable compte tenu de **la nécessité de disposer de co-substrats rémunérateurs (ou du moins gratuits) et très fermentescibles**. Enfin, l'application de la filtration membranaire à du lisier de porc brut semble difficilement envisageable à court terme : en l'état actuel des connaissances, il demeure encore beaucoup d'écueils techniques, en particulier sur **les problèmes de colmatage**. Selon l'évolution des contraintes environnementales et des moyens dont disposera la recherche, des solutions pourraient être envisageables à moyen ou long terme. ■

Contact :

pascal.levasseur@ifip.asso.fr

Références bibliographiques

- BRIONNE E., G. MARTIN (1994). Valorisation de l'azote ammoniacal du lisier de porc par précipitation du phosphate ammoniacomagnésien. Journées Rech. Porcine en France, 26, 135-140.
- JORF, 2006. Arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz.
- LEVASSEUR P. (2004). Traitement des effluents porcins - Guide pratique des procédés, 36 p. ISBN 2-85969-163-4.
- LEVASSEUR P. et C. AUBERT (2006). Contexte, atouts et faiblesses des effluents porcins et avicoles destinés à être exportés. Techniporc n°2, 3-11.
- MASSE L., D.I. MASSE, Y. PELLERIN (2007). The use of membrane for the treatment of manure: a critical literature review. Biosystems Engineering, 98, 371-380.

En savoir plus

Le traitement des lisiers (Formation)

- Faire le point sur les différents procédés de traitement des lisiers
- Mieux connaître la réglementation spécifique au traitement. *1 jour (Sur mesure)*

Sur le site [www.ifip.asso.fr/Formations & Audits](http://www.ifip.asso.fr/Formations_Audits) > Formations & interventions > (thème : Environnement, sous thème : Gestion des effluents)

Traitement des effluents porcins (Brochure)

Guide pratique des procédés. Coûts d'investissement et de fonctionnement, maintenance, abattements N et P, principe et coproduits. Pour éclairer les éleveurs face à des procédés nombreux et évolutifs. *Édition 2004 - 36 pages 21 x 29.7 prix 35 € (+frais de port)*

Sur le site www.ifip.asso.fr/Publications > Catalogue des éditions (thème : Environnement,, sous thème : estion des effluents)

