

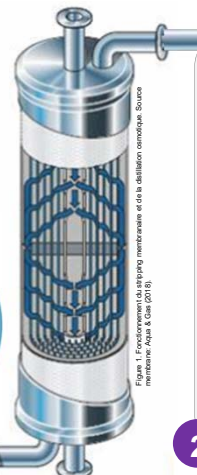
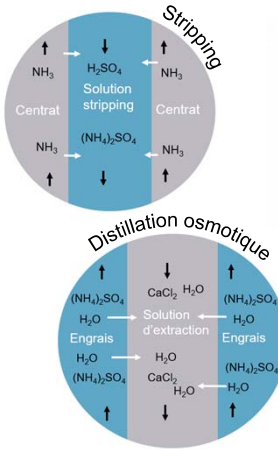
Optimiser la valorisation d'un engrais issu de boues d'épuration via un procédé membranaire

Contexte

Depuis 2016, la station d'épuration (STEP) d'Yverdon-les-Bains emploie une technologie membranaire récente appelée «stripping». Cette dernière permet d'obtenir un engrais viable à partir des centrats (eaux issues de la déshydratation des boues d'épuration) qui est ensuite distribué gratuitement aux agriculteurs locaux. Cependant, sa faible concentration engendre des coûts de transport et stockage importants pour ses utilisateurs et pose un problème de rentabilité.

Objectifs

Ce projet vise à étudier le potentiel du processus membranaire de «distillation osmotique» pour la concentration de l'engrais produit dans la STEP d'Yverdon.



Procédés membranaires

Le stripping et la distillation osmotique nécessitent tous les deux une membrane hydrophobe pour transférer des composés d'une solution à une autre. La figure ci-contre schématise leur fonctionnement à l'intérieur d'une fibre.

Le **stripping membranaire** permet le transfert d'ammonium des centrats vers une solution d'acide sulfurique sous la forme d'ammoniac gazeux (NH₃). La force motrice est la différence de pression de vapeur entre les deux solutions. Du sulfate d'ammonium (engrais) est ainsi produit.

La **distillation osmotique** permet le transfert de vapeur d'eau d'un fluide à un autre grâce à une différence de pression osmotique. La concentration de l'engrais est effectuée ici soit avec un liquide d'extraction plus concentré, soit avec un gaz.

3 Méthodes

Dispositif expérimental

Pour les expériences de distillation osmotique, un dispositif expérimental comprenant une membrane hydrophobe et deux circuits séparés circulant à contre-courant a été employé. La température, la pression ainsi que la perte de masse de l'engrais (équivalente au transfert d'eau) ont été mesurées à intervalles réguliers.

Configuration gaz et liquide

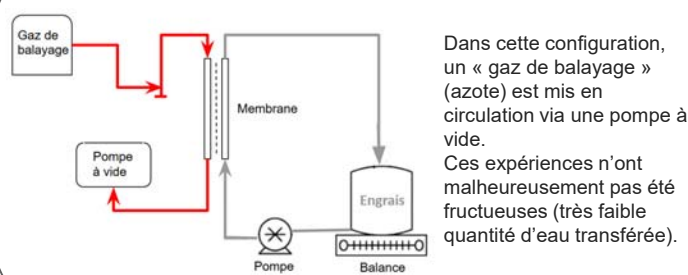


Figure 2. Dispositif expérimental de la configuration gaz et liquide.

Configuration à deux liquides

Pour la distillation osmotique à deux liquides, une série d'expériences a été réalisée afin de mettre en évidence l'influence de la concentration de la solution d'extraction (chlorure de calcium, CaCl₂) sur le transfert d'eau.

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	Expérience 4
Concentration massique de CaCl ₂	20	30	40	45
Concentration massique d'engrais	4	4	4	4

Le transfert d'eau a été mis en relation avec la différence d'activité de l'eau (Δa_w). Ce paramètre exprime la quantité d'eau libre disponible et varie entre 0 (pas d'eau) et 1 (totalité de l'eau disponible).

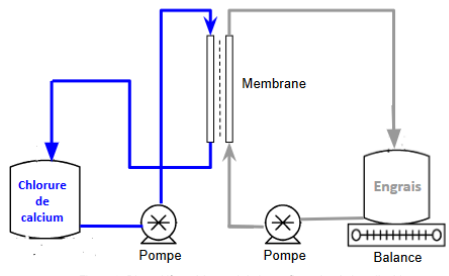


Figure 3. Dispositif expérimental de la configuration à deux liquides.

4 Résultats

Relation linéaire entre Δa_w et transfert d'eau

Le rendement de la configuration gaz et liquide est environ 30 fois inférieur à celui de la configuration à deux liquides. Ces expériences ont permis d'établir une relation entre le transfert d'eau et la différence d'activité de l'eau avec un coefficient de détermination très élevé, démontrant ainsi l'importance de ce paramètre.

La grande barre d'erreur (CaCl₂ 40%) est due à une différence de température entre les deux réalisations.

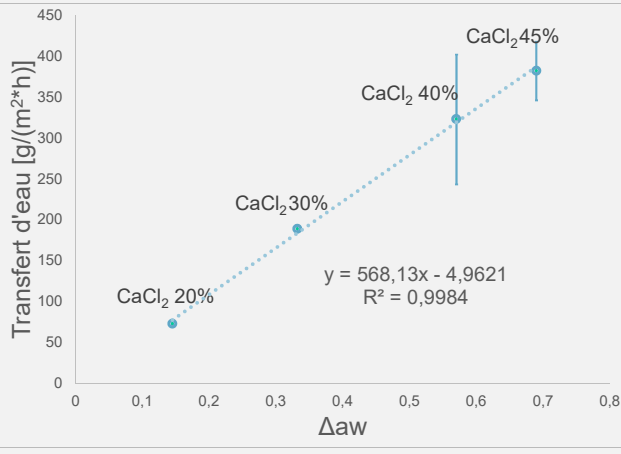


Figure 4. Graphe du transfert transmembranaire d'eau en fonction de la différence d'activité de l'eau.

5 Conclusion

La distillation osmotique avec une configuration à deux liquides a un réel potentiel d'utilisation à l'échelle de la STEP d'Yverdon. La courbe obtenue via les expériences en laboratoire a montré l'importance de la différence d'activité de l'eau pour le transfert d'eau et constitue une bonne base pour le dimensionnement d'un système membranaire à grande échelle. Aucune conclusion ne peut être tirée pour la configuration gaz et liquide car les résultats restent peu concluants.

Remerciements

Nous tenons tout particulièrement à remercier Christophe et Florence Bonvin pour leur aide et patience ainsi que le Professeur Christof Holliger pour ses bons conseils. Un immense merci à Stéphane Marquis qui nous a transmis ses secrets de pratiques de laboratoire ainsi qu'à Jean-Paul Goncalves pour la visite de la STEP.