

STRIPPING MEMBRANAIRE DE L'AMMONIAQUE

STEP D'YVERDON-LES-BAINS: RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR L'ENVIRONNEMENT

La Station d'épuration des eaux usées (STEP) d'Yverdon-les-Bains a été mise en service le 6 décembre 1957 et vit aujourd'hui un processus de renouvellement en trois étapes, afin de poursuivre la préservation de l'eau et de l'environnement. Grâce aux travaux déjà réalisés, la station d'épuration gère désormais les eaux de façon durable et unique en Suisse et en Europe, notamment à travers le système novateur de stripping par membranes sélectives.

*Marcel Pürro**, Responsable de la station d'épuration de la ville d'Yverdon-les-Bains

Frédéric Gindroz, Responsable de projet pour ALPHA WasserTechnik AG

ZUSAMMENFASSUNG

BEHANDLUNG VON ZENTRATWASSER MIT MEMBRANSTRIPPING

Die ARA von Yverdon-les-Bains wurde am 6. Dezember 1957 in Betrieb genommen und wird derzeit in drei Etappen saniert, damit sie auch in Zukunft zur Erhaltung der Wasserqualität und zum Umweltschutz beitragen kann. Nachdem bereits einige Arbeiten abgeschlossen worden sind, werden die Abwässer in der ARA nun auf eine in der Schweiz und in Europa einzigartige und nachhaltige Weise gereinigt, namentlich durch das neuartige System des Strippings via selektive Membranen.

Bei der Abwasserreinigung durch physikalisch-chemische und biologische Prozesse entstehen Klärschlämme. Das Volumen dieser Klärschlämme wird durch Entwässerung reduziert, wobei Faul- bzw. Zentratwasser anfällt, das einen hohen Ammonium-Gehalt (NH_4^+) aufweist. Der Stickstoff-Gehalt des Zentratwassers kann bis zu 20% der Gesamtstickstoffbelastung der ARA ausmachen und somit einen signifikanten Einfluss auf die biologische Reinigung haben.

In der ARA von Yverdon-les-Bains wird seit April 2016 das Zentratwasser getrennt behandelt, um Ammonium zu entfernen. Diese Reinigung, das Ammoniak-Membranstripping, besteht aus zwei Hauptschritten:

- Vorbehandlung: das im Zentratwasser vorliegende Ammonium wird in Ammoniak überführt.
- Membranstripping: das gasförmige Ammoniak passiert die hydrophobe Membran und wird in einer Schwefelsäurelösung

L'AMMONIUM AU CENTRE DES PRÉOCCUPATIONS

Le traitement des eaux usées par voie physico-chimique ou biologique produit des sous-produits d'élimination. Ils sont dénommés les boues de station d'épuration.

La déshydratation de ces boues de station d'épuration, permettant de réduire leur volume avant leur dévolution, produit des jus ou concentrats. Ce fluide, lorsque les boues sont digérées, contient une charge importante en ammonium (NH_4^+). La charge en azote (N) concentrée dans les concentrats peut représenter jusqu'à 20% de la charge globale entrante sur la STEP et impacter significativement le fonctionnement du traitement biologique.

La station d'épuration d'Yverdon-les-Bains a donc décidé de réaliser un traitement spécifique de l'ammonium des concentrats pour plusieurs raisons:

- La STEP d'Yverdon-les-Bains est un centre de collecte des boues pour sa région et, par conséquent, elle produit une quantité importante de concentrats chargés en ammoniacque.
- La STEP d'Yverdon-les-Bains ne traite pas pour l'instant le polluant azote, mais devra le traiter dans le cadre de la nouvelle ordonnance fédérale (Ordonnance sur la protection des eaux, OEaux, RS 814.201). La mise en place du traitement des concentrats permet de soulager de façon importante la ligne de traitement biologique pendant les travaux d'extension de la

* Contact: mpu@ylb.ch

STEP et de diminuer la taille des bassins futurs pour la nitrification.

- La ville d'Yverdon-les-Bains, grâce à ce procédé, nommé stripping, réduit l'empreinte écologique (émissions à effet de serre induites par le protoxyde d'azote ou gaz hilarant) de la STEP en fabriquant un engrais naturel qui est utilisé dans la région.

STRIPPING

Le stripping est un procédé physique de séparation, dans lequel un gaz dissous dans un liquide est déchargé du liquide à la phase gazeuse. Cette méthode permet de traiter l'ammonium dans les concentrats afin de produire de l'engrais de culture de haute qualité.

COMMENT TRAITER L'AMMONIUM?

Le stripping membranaire de l'ammoniaque est constitué de deux étapes principales de traitement:

- Le prétraitement dont le rôle est de préparer les concentrats au Stripping membranaire.
- Le Stripping membranaire dont le rôle est d'extraire l'ammoniaque sous forme de gaz et de le concentrer dans une solution d'acide sulfurique.

Au cours du prétraitement des concentrats, l'équilibre chimique de la phase liquide (ammonium NH_4^+) est déplacé vers la phase gazeuse (ammoniaque NH_3) en élevant le pH entre 9,3 et 10 et en augmentant leur température entre 35 et 50 °C. Ce déplacement de l'équilibre est présenté sur la *figure 1*.

En parallèle, le prétraitement doit extraire les matières en suspension et les sous-produits contenus dans les concentrats et les sous-produits issus de l'élévation de la température et du pH. Une fois les concentrats prétraités, c'est-à-dire filtrés et à un pH et une température déterminés, l'ammoniaque diffuse à travers une membrane hydrophobe (ou contacteur membranaire) pour être concentrée dans une solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) à 96% (*fig. 2*). Cette solution deviendra ensuite l'engrais (sulfate

d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$). La filière de traitement des concentrats par stripping de la station d'épuration d'Yverdon-les-Bains repose sur les étapes suivantes:

- Un stripping CO_2 afin d'augmenter le pH.
- Une augmentation finale du pH par adjonction de soude et élimination des sous-produits par décantation.
- Une filtration de plus en plus fine: du filtre à sable jusqu'au filtre de maille 1 μm .
- Une élévation de la température sur des échangeurs.
- Et surtout, une unité de traitement membranaire des concentrats en deux étages.

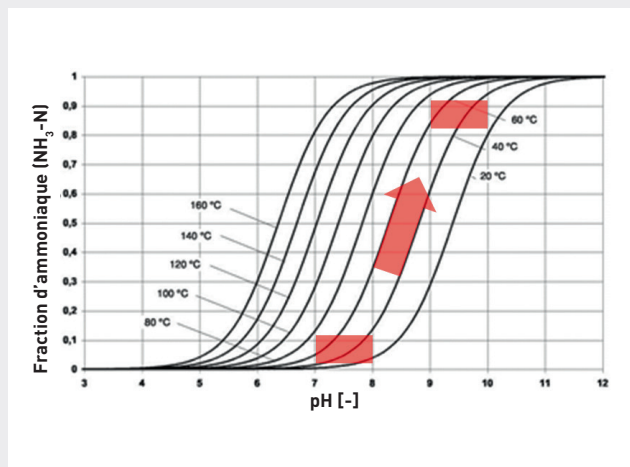
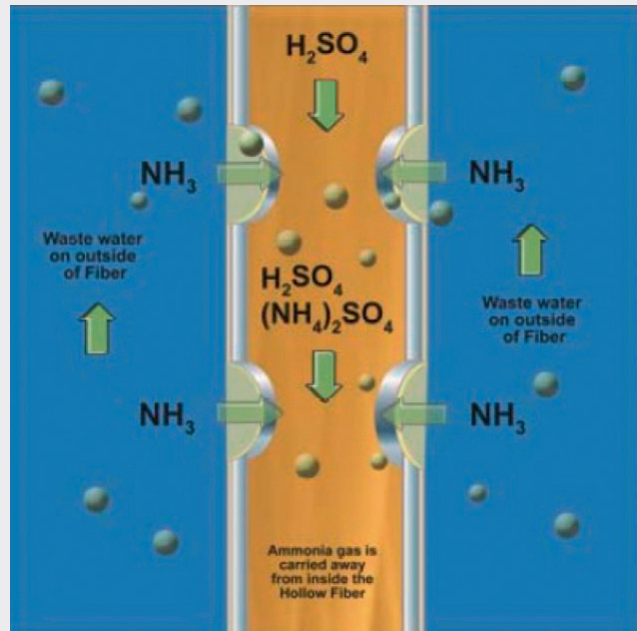


Fig. 1 Courbe de l'équilibre ammonium NH_4^+ /ammoniaque NH_3 en fonction du pH et de la température (table de dissociation universelle)

Gleichgewichtskurven Ammonium NH_4^+ /Ammoniak NH_3 in Abhängigkeit vom pH-Wert und der Temperatur

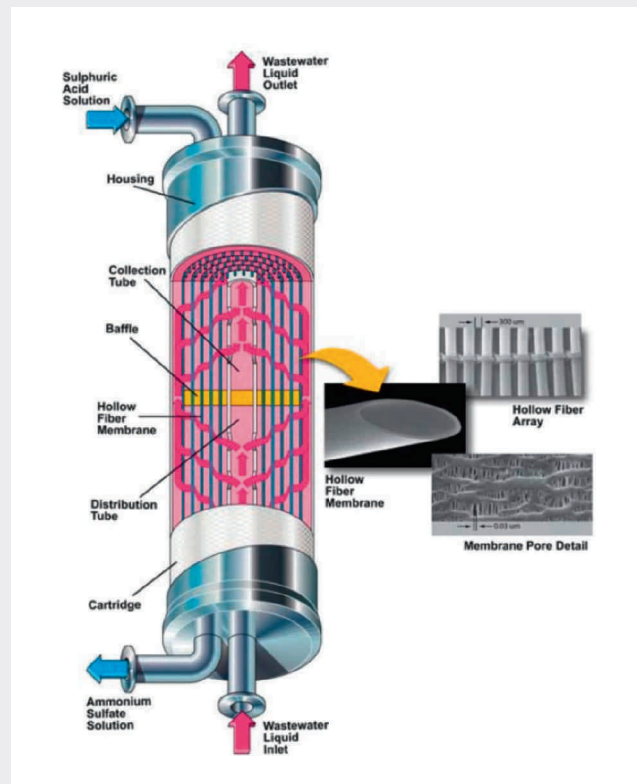


Fig. 2 Principe de fonctionnement du stripping membranaire de l'ammoniaque.

(Source: [1])

Funktionsweise des Ammoniak-Membranstripping.



Fig. 3 Installation de traitement des centrats par stripping membranaire de la STEP d'Yverdon-les-Bains: Skid de décantation (à gauche), filtre à sable (au milieu) et installation de stripping membranaire de l'ammoniaque (à droite).

(Source: ALPHA WasserTechnik AG)

Anlage zur Zentratwasserbehandlung durch Membranstripping in der ARA Yverdon-les-Bains: Sedimentationseinheit (links), Sandfilteranlage (in der Mitte) und Anlage zur Zentratwasserbehandlung durch Ammoniak-Membranstripping (rechts).

INSTALLATION D'YVERDON-LES-BAINS

PERFORMANCE DE L'INSTALLATION

Les études et travaux ont été réalisés entre le 1^{er} octobre 2015 et le 31 mars 2016, et l'installation est en service depuis le 1^{er} avril 2016. Depuis cette date, 16 000 m³ de centrats ont été traités avec 80% d'élimination moyenne de l'ammonium et 300 m³ d'engrais ont été produits à une concentration entre 35 et 50 mg/l de N-NH₄ (fig. 4).

BILAN APRÈS UN AN DE FONCTIONNEMENT

Les enseignements de l'exploitation de cette installation au cours de sa première année de fonctionnement à l'échelle industrielle sont les suivants:

- Le pilotage par les sondes de pH est délicat et nécessite un travail constant de maintenance et de calibration.
- L'efficacité du stripping CO₂, suite à un design adapté aux conditions particulières du bâtiment, peut être améliorée afin de réduire les quantités de soude dosées en aval.
- La fiabilité de ce procédé a été prouvée et les optimisations de l'ergonomie d'exploitation de la section membranaire déployées.

VALORISER L'ENGRAIS

ACTIVITÉS DE LA VILLE D'YVERDON-LES-BAINS

La ville d'Yverdon-les-Bains a réalisé au préalable plusieurs campagnes d'essais d'épandage d'engrais produit à partir des centrats d'autres stations d'épuration depuis 2014. Elle a également conduit toutes les demandes et obtenu les autorisations au-

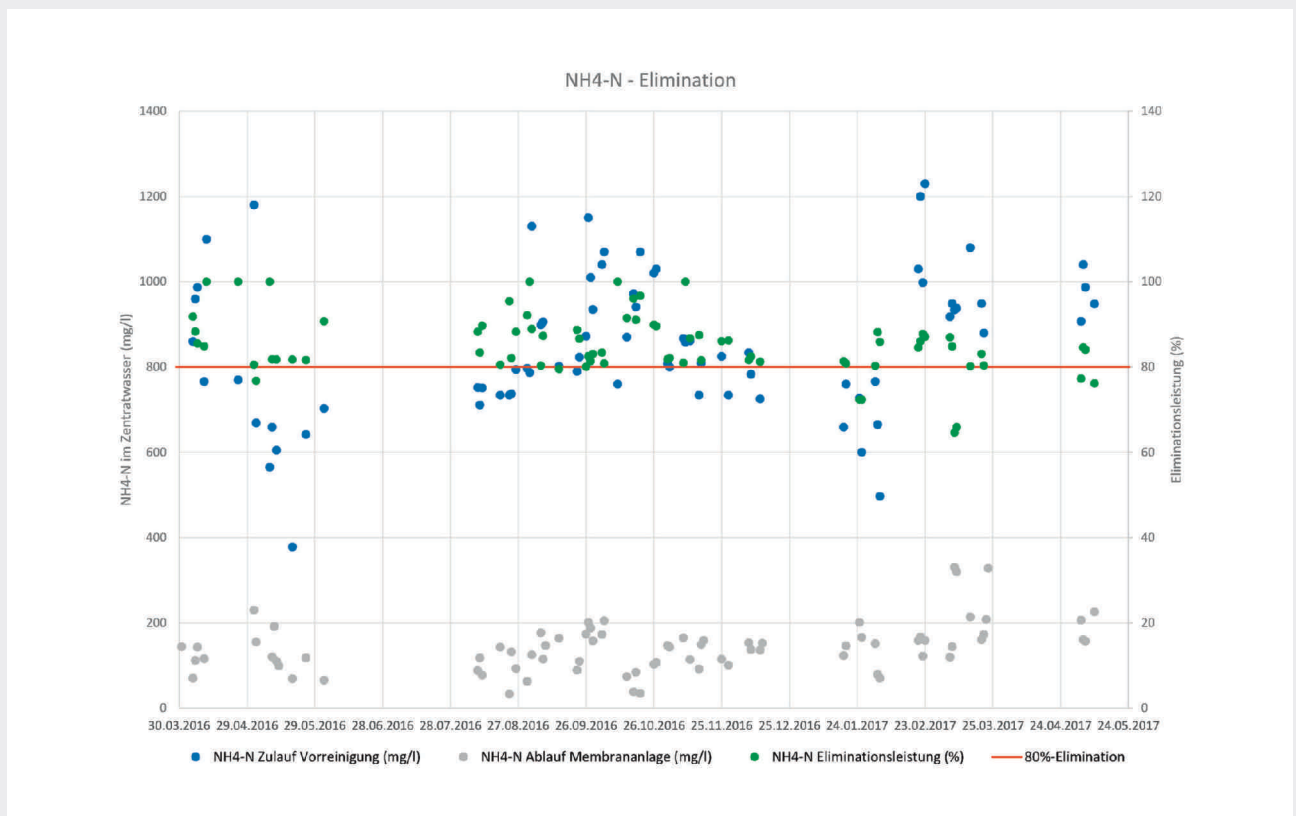


Fig. 4 Résultats des premiers mois de fonctionnement de l'installation de stripping membranaire de l'ammoniaque

(Source: ALPHA WasserTechnik AG)

Ergebnisse der ersten Betriebsmonate der Anlage zur Zentratwasserbehandlung durch Ammoniak-Membranstripping



Fig. 5 Epannage de l'engrais / Ausbringung des Düngers

près des autorités fédérales, nécessaires à la mise en circulation de l'engrais.

Cela a donc permis, au cours de l'année 2016, d'épandre l'engrais produit par l'installation de stripping membranaire de l'ammoniaque de la STEP d'Yverdon-les-Bains sur une surface de 20 ha dans la région d'Yverdon-les-Bains (fig. 5). Une labélisation bio permettrait une meilleure valorisation de ce produit.

POINT DE VUE DES AGRICULTEURS

Les avantages agronomiques et écologiques convainquent de plus en plus les agriculteurs. Ci-dessous un aperçu de ces avantages:

- Application à terme d'ammonium liquide;
- Haute efficacité de l'engrais azoté, même par temps sec;
- Qualité des plantes;
- Assure un bon rendement;

- Diminution du travail d'exploitation;
- Préservation de l'environnement grâce au faible risque d'apport de N dans l'air et le lessivage.

QUEL AVENIR POUR CE PROCÉDÉ?

Durant l'année 2016, l'installation pilote de stripping de l'ammoniaque a démontré qu'il était possible de traiter industriellement les centrats de la STEP d'Yverdon-les-Bains pour en faire un engrais de haute qualité. Très fière de la mise en œuvre de ce procédé innovant et novateur qui permet de valoriser les ressources existantes issues des eaux usées, la Ville d'Yverdon-les-Bains espère voir ce système se propager en Suisse et ailleurs.

En 2018, l'entreprise ALPHA Wasser-Technik AG, conceptrice de l'installation d'Yverdon-les-Bains, va d'ailleurs mettre en service une deuxième installation

de stripping membranaire sur la STEP d'Altenrhein.

Les principaux avantages de ce procédé (traitement fiable de l'ammonium, production d'un engrais de haute qualité, diminution des émissions en gaz hilarant) en font un système adéquat en réponse à une problématique, celle de l'abattement de l'ammonium, qui demande des solutions. L'intérêt en constante augmentation pour cette technologie est une preuve de son essor futur. Des études menées par l'Eawag [2] montrent qu'un traitement des retours permet de diminuer de manière significative les émissions de gaz hilarant (protoxyde d'azote). Le gaz hilarant (N_2O) est la source numéro un des gaz à effet de serre produits par les STEP. En effet, 1 tonne de N_2O équivaut à 298 tonnes de CO_2 . Un traitement des retours par traitement membranaire ouvre par conséquent la voie à des aides financières issues de la vente d'attestations de réduction des émissions en équivalent CO_2 . Un programme fédéral permettant de valoriser la réduction d'émission des gaz hila-rants est en voie de validation à l'Office fédéral de l'environnement.

Quant à l'engrais produit, la production indigène de sulfate d'ammonium permettrait de réduire les importations de cet engrais.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] 3M Company, *Liqui-Cel Membrane Contactors*, TechBrief n° 10-09
- [2] <http://www.eawag.ch/de/abteilung/eng/projekte/abwasser/n2o-dynamik-der-lachgas-emissionen/>

> FORTSETZUNG DER ZUSAMMENFASSUNG

konzentriert. Dabei entsteht Ammoniumsulfat, das als Dünger genutzt werden kann.

Die Hauptvorteile des Verfahrens sind die zuverlässige Elimination von Ammonium aus dem Zentratwasser, die Produktion eines Düngers von hoher Qualität und gleichzeitig die Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen, insbesondere von Lachgas, N_2O .