

CARACTERISATION DE LA DISPERSION DES BULLES D’AIR AU SEIN DE MODULES MEMBRANAIRES DE TRAITEMENT DES EAUX A L’AIDE DE LA TOMOGRAPHIE DE RESISTIVITE ELECTRIQUE

SUARD E.¹, CLEMENT R.², FAYOLLE Y.¹, ALLIET M.^{3,4}, ALBASI C.^{3,4}, GILLOT S.²

¹ Irstea, UR HBAN, F-92761 Antony Cedex, France, yannick.fayolle@irstea.fr

² Irstea, UR REVERSAAL, F-69616 Villeurbanne Cedex, France

³ Université de Toulouse, INPT, UPS, LGC, F-31030 Toulouse, France

⁴ CNRS, Laboratoire de Génie Chimique, UMR 5503, F-31030 Toulouse, France

RÉSUMÉ

La tomographie de résistivité électrique est adaptée et mise en œuvre pour la caractérisation de la distribution de gaz dans un pilote semi-industriel de filtration membranaire. La méthodologie développée, en s'appuyant sur une étude numérique, a permis de mettre en évidence l'impact du débit d'air et de la concentration en matière en suspension sur cette distribution au sein des modules de filtration.

Mots clés : *Traitement des eaux, bioréacteurs à membranes, tomographie de résistivité électrique, aération*

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF GAS DISPERSION INTO MEMBRANE MODULES FOR WASTEWATER TREATMENT USING ELECTRICAL RESISTANCE TOMOGRAPHY

Electrical resistance tomography is adapted and applied to characterize gas dispersion in a semi-industrial pilot for membrane filtration. The developed methodology, based on numerical investigation, allows to study the impact of insufflated air flow rate and mixed liquor concentration on gas dispersion into filtration modules.

Key words: *Wastewater treatment, membrane bioreactors, electrical resistance tomography, aeration.*

.1 INTRODUCTION

Les bioréacteurs à membranes (BAMs) sont des procédés de traitement des eaux résiduaires comprenant un traitement biologique et une filtration membranaire, permettant la séparation des boues biologiques et de l'eau traitée. Cependant, leur gestion et leur optimisation sont confrontées à la problématique du colmatage des membranes de filtration. Afin de maintenir leurs capacités de filtration au cours du temps, l'aération de ces membranes à l'aide d'injection

d'air sous forme de grosses bulles est réalisée. Cependant, les mécanismes d'impact de cette aération sur les membranes sont encore peu étudiés à des échelles représentatives de l'échelle industrielle, et leur étude s'avère essentielle à leur optimisation (BUETEHORN *et al.*, 2012).

Les méthodes de caractérisation utilisées à l'échelle du laboratoire sont difficilement applicables du fait des contraintes liées au milieu (présence de boues activées notamment). Aussi, cette étude propose d'adapter les outils de tomographie de résistivité électrique (ERT), en s'appuyant sur une étude numérique, à la mesure de la distribution de l'air au sein de modules de filtration dans un pilote semi-industriel de filtration membranaire. L'impact des conditions opératoires sur la dispersion du gaz au sein des modules de filtration est présenté dans un second temps.

.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Pilote semi-industriel de filtration membranaire

Un réacteur semi-industriel en PVC ($V_{\text{liquide}} = 2,0 \text{ m}^3$, $L \times l \times h_{\text{liquide}} = 1,23 \times 0,70 \times 2,40$) est équipé de trois modules membranaires fibres creuses (KMS Puron). Le réacteur est alimenté en continu avec les boues activées prélevées dans une unité industrielle de traitement des eaux. 4 conditions opératoires différentes relatives à l'aération sont appliquées (C1 à C3 = 3 modules aérés / Débit d'air par module respectif de 9.9, 13.9 et 18.0 $\text{Nm}^3 \text{h}^{-1}$ / C4 = 2 modules aérés / Débit d'air par module aéré de 18.0 $\text{Nm}^3 \text{h}^{-1}$). Les mesures ont également été réalisées pour différentes concentrations en matières en suspension (MES = 0/3/6/10 mg L^{-1}).

2.2. Application de la tomographie de résistivité électrique

Pour la réalisation des mesures sur le pilote semi-industriel, un ensemble de 72 électrodes en inox a été réparti sur 3 sections à des distances de 0,42 m, 1,17 m et 1,92 m du fond du pilote. Ces électrodes ont été connectées à un résistimètre multi-canal Syscal Pro (IRIS Instrument, Orléans, France), permettant de sélectionner automatiquement les quadripôles autour du réacteur. L'injection du courant est réalisée sur une durée de 250 ms (soit une durée de mesure de 40s environ basée sur 300 quadripôles).

La mise en œuvre expérimentale s'est appuyée sur une étude numérique afin de valider le nombre d'électrodes, les séquences de quadripôles et les paramètres d'inversion à appliquer (Figure 1). Cette étude numérique a été réalisée à partir de 13 modèles de résistivité définis afin de correspondre à des cas potentiellement observables expérimentalement en termes d'intensité et d'hétérogénéité. Pour chacun de ces modèles de résistivité, la modélisation des distributions de champs électriques a été réalisée sous COMSOL pour différentes séquences de quadripôles en cherchant à minimiser leur nombre. L'étape d'inversion des champs de résistivité apparente a été réalisée à l'aide du logiciel BERT.

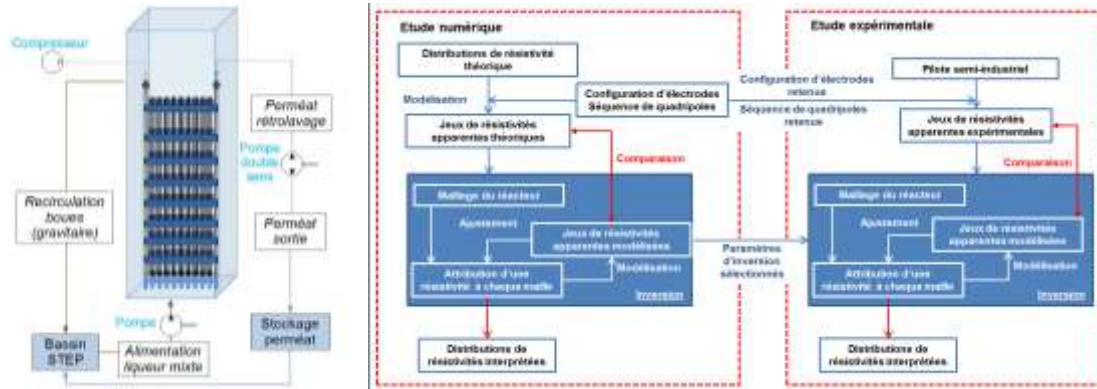


Fig. 1 – Schéma du pilote (gauche) et démarche appliquée dans le cadre de l'étude (droite)

3 RESULTATS

3.1. Etude numérique pour la validation de la méthodologie

Les champs de résistivités interprétées reproduisent de façon satisfaisante les champs de résistivités théoriques en terme de position et d'intensité lorsque les augmentations de résistivité sont les plus importantes. De plus, des augmentations de résistivité sont observées sur les contours des zones délimitées théoriques, indiquant que la méthode employée induit une légère diffusion de l'information, plus marquée dans les zones éloignées des électrodes (Figure 2).

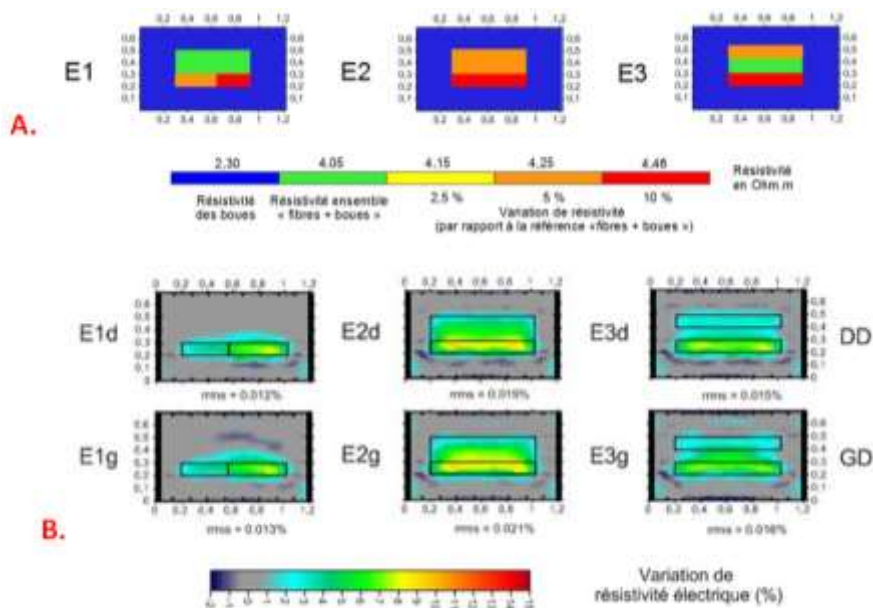


Fig. 2 – A. Exemple de distributions théoriques considérées lors de l'étude numérique / B. Variations de résistivité par rapports aux distributions théoriques pour les deux séquences de quadripôles testées (Dipole-Dipole et Gradient-Dipole)

Cette étude numérique a permis de sélectionner la séquence de mesure retenue (Dipole-Dipole) pour la mise en œuvre expérimentale ainsi que de définir un jeu

de paramètres adéquat pour l'inversion des jeux de résistivités apparentes ($\lambda = 5 / Z\text{-weight} = 0,01 / \text{Blocky} = 0$).

3.2. Caractérisation de la dispersion du gaz au sein de pour différentes conditions opératoires

Les résultats obtenus permettent de visualiser la distribution du gaz au sein des réseaux de fibres pour différentes conditions opératoires. En eau claire, la distribution du gaz est homogène sur l'ensemble des modules de filtration. De plus, une augmentation du débit d'air se traduit par une augmentation de la résistivité électrique et donc de la quantité d'air au sein de la zone centrale. En présence de boues activées, et ce dès une concentration en MES de 3 g L^{-1} , des hétérogénéités sont observées au niveau des augmentations de résistivité au sein des zones occupées par les modules membranaires (Figure 3). Pour un débit d'air donné, des hétérogénéités sont de plus en plus marquées en lien avec une augmentation de la concentration en MES et la viscosité apparente des boues biologiques.

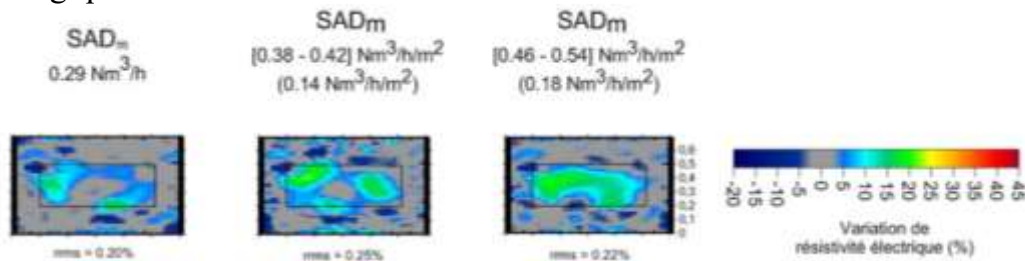


Fig. 3 – Variation de résistivité électrique par rapport aux mesures de références (sans aération) pour une concentration en MES de 6 g L^{-1} et différentes conditions d'aération

4 CONCLUSIONS

L'ERT a été évaluée, en s'appuyant sur une approche numérique, pour la caractérisation de la dispersion de gaz dans les cellules de filtration membranaire. La mise en œuvre expérimentale de cette technique de mesure sur un pilote semi-industriel de filtration membranaire a permis de mettre en évidence que la répartition de l'air au sein des modules membranaires était fortement influencée par le débit d'air injecté et la concentration en matière en suspension. Ces résultats originaux permettent de fournir des éléments d'interprétation de l'évolution des capacités de filtration des installations industrielles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BUETEHORN S., BRANNOCK M., LE-CLECH P., LESLIE G., VOLMERING D., VOSSENKAUL K., WINTGENS T., WESSLING M., MELIN T., 2012 - Limitations for transferring lab-scale microfiltration results to large-scale membrane bioreactor (MBR) processes. *Separation and Purification Technology*, 95, 202-215.