



**HAL**  
open science

## Electrodewatering of activated and digested sludges

Jérémy Olivier, Morgane Citeau, Akrama Mahmoud, Jean Vaxelaire, Eugène Vorobiev

► **To cite this version:**

Jérémy Olivier, Morgane Citeau, Akrama Mahmoud, Jean Vaxelaire, Eugène Vorobiev. Electrodewatering of activated and digested sludges. 13ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés, Société Française de Génie des Procédés, Nov 2011, Lille, France. hal-01294483

**HAL Id: hal-01294483**

**<https://hal.science/hal-01294483>**

Submitted on 29 Mar 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **Etude de l'électro-déshydratation appliquée à des boues activées et des boues digérées**

### **Electrodewatering of activated and digested sludges**

OLIVIER Jérémy<sup>a\*</sup>, CITEAU Morgane<sup>b</sup>, MAHMOUD Akrama<sup>a</sup>, VAXELAIRE Jean<sup>a</sup> et VOROBIEV Eugène<sup>b</sup>

<sup>a</sup>LaTEP, Université de Pau et des Pays de l'Adour,  
ENSGTI, rue Jules Ferry, BP 7511, 75075 Pau cedex

<sup>b</sup>TIMR, Université Technologique de Compiègne  
C. de rech. De Royallieu, Rue Personne de Roberval, BP 20529, 60205 Compiègne cedex

#### **Résumé**

L'électro-déshydratation est une technologie qui permet d'améliorer considérablement la déshydratation des boues de stations d'épuration par combinaison d'un procédé classique de déshydratation mécanique avec l'application d'un champ électrique. Dans cette étude, l'influence de certains paramètres de fonctionnement tels que la nature et la position des toiles ainsi que l'influence de l'épaisseur initiale de boue sur les performances du procédé sont explorées. Pour ce faire, deux modes de fonctionnement différents du procédé sont étudiés : intensité ou tension constantes. Les résultats montrent que la cinétique de déshydratation, la siccité et la consommation énergétique peuvent être considérablement améliorées en diminuant la quantité de boue entre les électrodes et en plaçant cette boue en contact direct avec les électrodes.

**Mots-clés** : électro-déshydratation, boues activées, boues digérées, toiles filtrantes

#### **Abstract**

Electro-dewatering is a technology in which a conventional pressure dewatering is combined with electrokinetic effects to enhance sludge dewatering. In this work, the impact of different operating parameter (nature and position of filter clothes, initial thickness of the treated sample) on process efficiency is analyzed. Two operating procedures are studied: constant intensity or constant voltage. The results show that the dewatering kinetics, the final moisture and the power consumption can be significantly improved by the reduction of the initial quantity of sludge between the electrodes and by insuring a direct contact between the sludge and the electrodes.

**Key-words** : electro-dewatering, activated sludge, digested sludge, filter cloth

### **1. Introduction**

Le volume des boues résiduaires produites chaque année augmente du fait d'un effort croissant d'épuration des eaux. Le coût d'élimination des boues résiduaires, principalement par épandage, incinération ou enfouissement dépend directement des volumes à transporter et à traiter et donc de leur teneur en eau. Cette eau est habituellement éliminée par voie mécanique dans des centrifugeuses, des filtres à bandes ou des filtres-presses. Toutefois, les performances obtenues avec les boues résiduaires sont généralement médiocres. En effet, la teneur finale en matière sèche (siccité) des boues est alors comprise entre 15 et 35 %. La mise en œuvre d'un séchage thermique consécutif à la déshydratation mécanique peut être envisagée mais son fort coût énergétique limite souvent son installation. Le séchage

soltaire est une solution parfois intéressante mais il reste très coûteux en temps et en superficie. Aussi, depuis plusieurs années des recherches se sont engagées pour intensifier les procédés mécaniques existants en réalisant des couplages opportuns. En ce qui concerne les boues résiduaire, l'électro-déshydratation qui consiste en l'ajout d'un champ électrique assistant la déshydratation mécanique semble être une voie très prometteuse (Mahmoud et al. 2010). Cependant, de nombreux paramètres opératoires sont à prendre en compte pour optimiser ce procédé. Ainsi, Mahmoud et al. (2011) ont mis en évidence une augmentation considérable de la siccité finale de gâteaux de boues activées en appliquant un champ électrique à tension constante durant la phase de compression mécanique. Ils montrent par exemple que la boue peut passer d'une siccité de 13 % après pressage mécanique à plus de 55 % suite à l'ajout du champ électrique de 50 V. Ils montrent, de plus, que l'augmentation de la tension (entre 10 et 50 V) permet d'augmenter significativement la siccité finale des boues mais aussi la cinétique de déshydratation alors qu'un accroissement de pression entre 2 et 12 bar joue un faible rôle. Par ailleurs, ils montrent que la consommation énergétique pour atteindre ces siccités est croissante avec la tension appliquée mais reste largement en deçà de l'énergie théorique nécessaire pour évaporer de l'eau c'est-à-dire  $0,617 \text{ kWh/kg}_{\text{eau évaporée}}$  et reste donc bien inférieure à l'énergie consommée lors du séchage des boues (de l'ordre de 1 à  $1,2 \text{ kWh/kg}_{\text{eau évaporée}}$ ). Ces essais à tension constante montrent que la résistance électrique du gâteau finit par augmenter jusqu'à ce que l'intensité passant à travers le gâteau soit nulle ; ce qui met fin au processus. La variation de la résistance électrique du système modifie la consommation énergétique du procédé. Il doit être possible d'optimiser cette consommation en jouant sur d'autres paramètres que la tension ou l'intensité appliquées tels que l'épaisseur du gâteau et la position des toiles filtrantes. Par exemple, si les toiles sont placées entre les électrodes et la boue, leur résistance électrique s'ajoute à celle du gâteau de boue. Yu et al. (2010) observent une diminution de la consommation énergétique en réduisant l'épaisseur des toiles filtrantes ou en mettant directement la boue en contact avec la cathode pour des essais d'électro-osmose (application du champ électrique sans pressage) de très courte durée (5 min) réalisés sur des couches très minces (5 mm) de boue préalablement déshydratée par centrifugation. Saveyn et al. (2006) constatent également une différence de consommation énergétique en fonction du positionnement des toiles filtrantes. Tuan et Sillanpää (2010) montrent que la diminution de l'épaisseur des boues améliore la siccité finale des gâteaux mais entraîne une élévation de la consommation énergétique.

Cet article propose de compléter ces premiers résultats relatifs à l'impact de la nature, de la position et de l'écartement des toiles filtrantes en présentant des résultats obtenus sur une boue activée et une boue digérée pour deux modes de fonctionnement différents : tension ou intensité constante.

## 2. Matériel et méthode

Le pilote d'électro-filtre-pressé utilisé dans cette étude est une petite chambre horizontale de 56 mm de (Citeau et al., 2011) équipée d'un piston perméable. L'évacuation du filtrat s'effectue ainsi par les deux côtés de la chambre. La masse des filtrats récupérés coté anode et coté cathode est alors enregistrée au cours du temps. Un générateur de courant permet d'alimenter les électrodes tout en enregistrant l'évolution au cours du temps de l'intensité et de la tension. Les toiles filtrantes peuvent être placées entre la boue et les électrodes ou derrière les électrodes (Figure 1a).

L'anode utilisée est une grille de titane recouverte d'une couche d'oxydes mixtes de métaux tandis que la cathode est en inox (fournies par la société ECS, Saint-Genis-Puilly, France). Les toiles filtrantes utilisées (SEFAR Fyltis 05-1001-SK025) sont en polypropylène, d'épaisseur  $390 \mu\text{m}$  et d'une taille de maille de  $25 \mu\text{m}$  (fournies par la société Choquenot, Chauny, France).

Les boues activées proviennent de la station d'épuration de Lescar et sont conservées à  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  pendant une semaine maximum. Ces boues d'une siccité initiale de 0,3 % sont floculées en utilisant le polymère EM640TBD de la société SNF Floerger à la dose de  $12 \text{ g}_{\text{Matière Active}}/\text{kg}_{\text{MS}}$ .

Les boues digérées proviennent de la station d'épuration de Cergy et sont conservées à  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  pendant 2 semaines maximum. Ces boues d'une siccité initiale de 2,9 % sont floculées en utilisant le polymère FO4650 de la société SNF Floerger à la dose de  $20 \text{ g}_{\text{Matière Active}}/\text{kg}_{\text{MS}}$ .

Les polymères et les doses ont été sélectionnés après des essais d'égouttage réalisés à l'I.F.T.S (Ginisty et Peuchot, 2010). Le polymère est mélangé à la boue pendant 20 s à 300 tr/min. La boue est ensuite

égouttée (à une siccité d'environ 9 % pour la boue activée et 11 % pour la boue digérée) puis placée (avec des masses respectivement de 70 g et 60 g) dans la chambre de l'électro-filtre-presse.

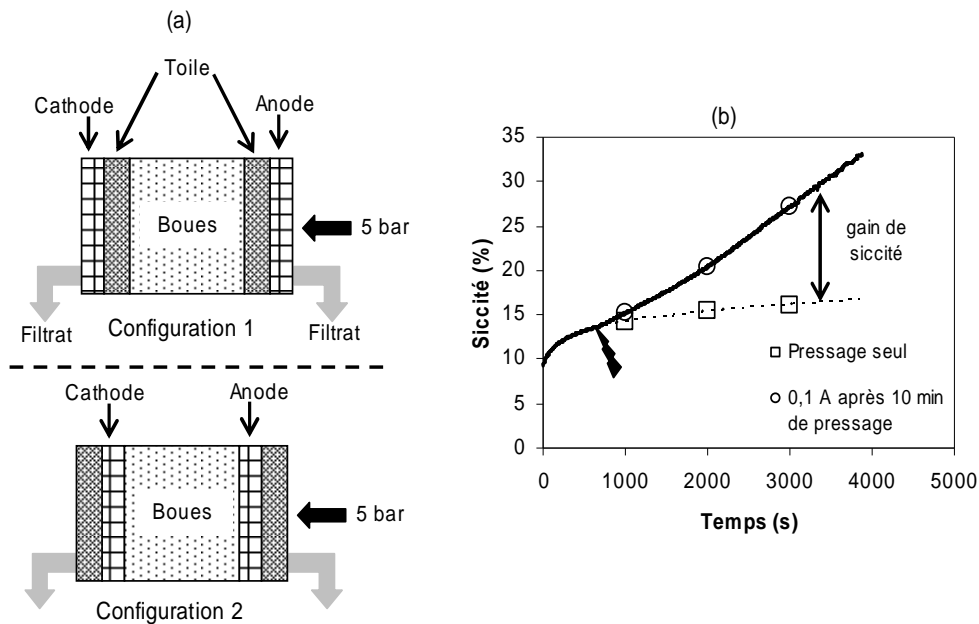


Figure 1. Configurations de l'électro-filtre-presse (a) et mise en évidence du gain de siccité par électro-déshydratation pour la configuration 1 (b)

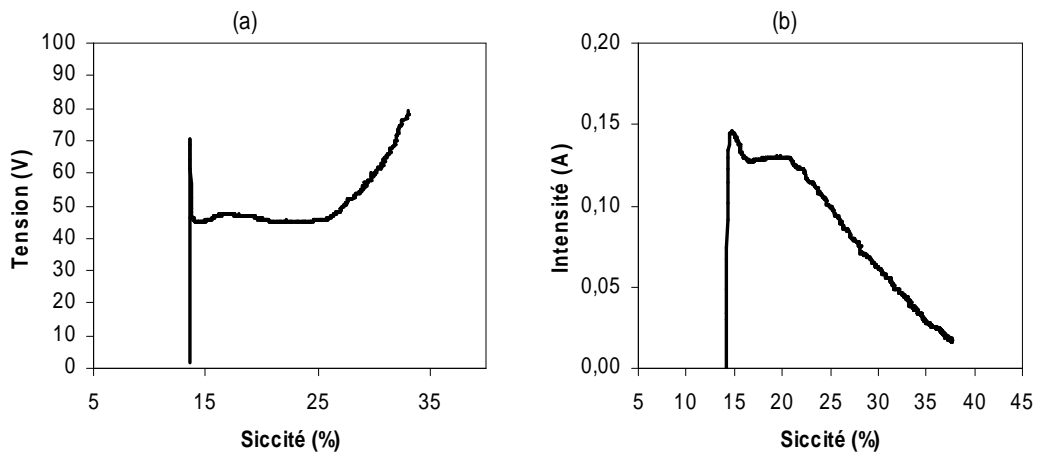


Figure 2. Evolution du profil de tension en fonctionnement à une intensité constante de 0,1 A (a) et du profil d'intensité en fonctionnement à une tension constante de 50 V (b) pour des boues activées dans la configuration 1

Des essais préliminaires de pressage à 5 bar (sans champ électrique) ont été réalisés sur une durée de 2 h afin d'estimer la siccité maximale atteinte par la déshydratation mécanique et mesurer l'évolution de la masse de filtrat récupérée au cours du temps due à la seule force mécanique. Les essais d'électro-déshydratation ont été réalisés en appliquant le champ électrique après 10 min de pressage. Pour chaque essai, l'évolution de la masse de filtrat (et donc de la siccité) due au seul pressage mécanique de la boue est estimée à partir des essais de pressage mécanique seul (Figure 1b) et la masse de filtrat supplémentaire induite par l'application du champ électrique est calculée par différence avec la quantité totale de filtrat recueillie. Ce calcul permet d'exprimer l'énergie consommée par masse de filtrat supplémentaire récupéré uniquement grâce à l'application du champ électrique ( $\text{kWh/kg}_{\text{eau suppl récupérée}}$ ). L'énergie consommée peut également être calculée par rapport à la masse de matière sèche contenue dans la boue ( $\text{kWh/kg}_{\text{MS}}$ ).

Au cours de sa compression le gâteau de boue voit sa résistance électrique augmenter, ainsi en fonctionnement à intensité constante une augmentation de la tension (Figure 2a) et de la température est observée et le procédé doit être stoppé afin que les toiles filtrantes ou les joints d'étanchéité ne se dégradent pas. La tension d'arrêt a été fixée à 80 V. En fonctionnement à tension constante le processus s'arrête de lui-même, en effet dans ce cas l'intensité chute jusqu'à 0 A suite à l'augmentation de la résistance (Figure 2b).

Les essais ont été réalisés 2 à 3 fois avec le même prélèvement de boues. Du fait de la variabilité des boues, pour différents prélèvements sur la même station d'épuration, les résultats ne peuvent pas être directement comparés entre eux mais des évolutions similaires ont été observées.

### 3. Résultats

#### 3.1 Position et nature des toiles

Afin d'étudier les paramètres permettant d'optimiser le procédé d'électro-déshydratation, deux configurations de toiles ont été testées (Figure 1a) ; la configuration 1 où la boue n'est pas en contact direct avec les électrodes et pour laquelle la résistance électrique du milieu est la somme de la résistance des boues plus la résistances des deux toiles filtrantes ; la configuration 2 où la boue est en contact direct avec les électrodes et pour laquelle la résistance électrique du milieu est la résistance des boues. Les résultats, illustrés par la Figure 3, confirment le gain important de siccité grâce à l'électro-déshydratation vis-à-vis du seul pressage mécanique tout en consommant une énergie largement inférieure au séchage des boues (Tableau 1).

Tableau 1. Consommation énergétique de l'électro-déshydratation

		Boues activées				Boues digérées	
		40 V, 5 bar		0,1 A, 5 bar		0,1 A, 5 bar	
		Config 1	Config 2	Config 1	Config 2	Config 1	Config 2
Siccité atteinte de 45 %	kWh/kg <sub>eau</sub> suppl. récupérée	0,37	0,26	0,41	0,38	0,55	0,37
	kWh/kg <sub>MS</sub>	0,97	0,76	1,14	0,64	0,58	0,12

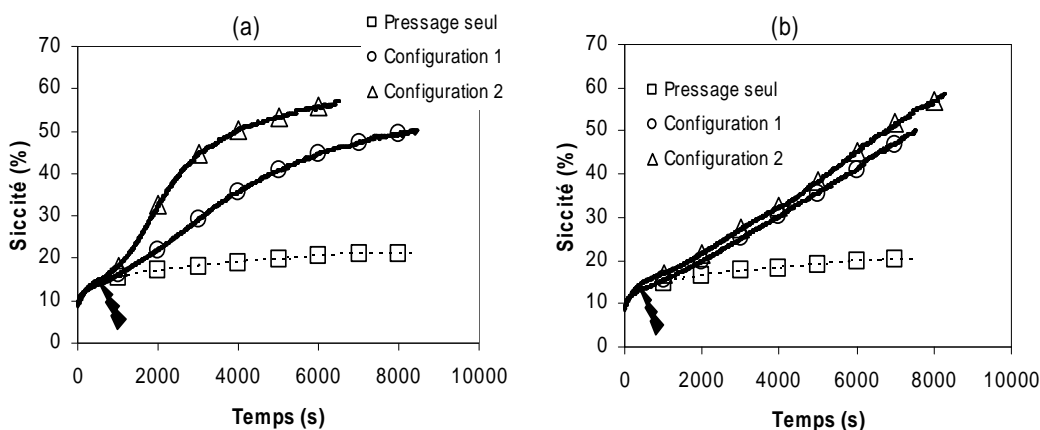


Figure 3. Evolution de la siccité des boues activées en fonctionnement à une tension constante de 40 V (a) et en fonctionnement à une intensité constante de 0,1 A (b) pour des positions de toiles filtrantes différentes

Pour les deux types de boues, à intensité constante, la cinétique de déshydratation est identique pour les deux configurations (Figure 3b). Toutefois, la siccité finale (atteinte quand la tension atteint 80 V) est plus élevée pour la configuration 2 tandis que la consommation énergétique est plus basse (Tableau 1). Le procédé d'électro-déshydratation étant dépendant du flux d'électrons, le fait d'imposer l'intensité fixe la

cinétique au procédé quelle que soit la résistance du milieu. Toutefois la résistance du milieu étant plus forte dans la configuration 1, la tension limite de 80 V est atteinte plus rapidement et la siccité finale est par conséquent plus basse. En revanche, dans la configuration 2, la résistance est plus faible ce qui conduit à une énergie consommée moindre, notamment pour les boues digérées (Tableau 1).

A tension constante, pour les deux types de boues considérés, la cinétique de déshydratation est fortement influencée par le positionnement des toiles (Figure 3a). Pour la configuration 2, la cinétique est beaucoup plus rapide avec par exemple une réduction de 50 % de la durée du traitement électrique (pour atteindre une siccité de 45 % avec les boues activées). La configuration 2 permet aussi d'atteindre une siccité finale plus élevée tout en consommant moins d'énergie. La différence de cinétique provient du fait que dans ce mode de fonctionnement la résistance du milieu (plus faible) impose l'intensité électrique (plus élevée) et donc la cinétique (plus rapide). La diminution de la consommation énergétique observée pour la configuration 2 confirme les résultats de Saveyn et al. (2006).

Toutefois ces auteurs mentionnent une difficulté importante pour le débâtissage du gâteau dans cette configuration, ce qui tendrait à limiter la mise en œuvre de cette configuration à l'échelle industrielle. Lors de la présente étude, un nettoyage systématique des électrodes après le débâtissage s'est imposé pour cette configuration. Dès lors, si la mise en place industrielle de la configuration 2 n'est pas envisageable, il peut être possible de diminuer la résistance électrique des toiles en réduisant leur épaisseur (Yu et al. 2010). Pour ce faire, des essais ont été réalisés dans la configuration 1 avec une toile en polyamide 6.6, d'épaisseur 75  $\mu\text{m}$  et de taille de maille de 1  $\mu\text{m}$  (SEFAR Nitex 03-1/1). Les résultats obtenus avec ces deux toiles sont présentés sur la Figure 4. La toile Nitex permet d'obtenir une cinétique beaucoup plus rapide à tension constante montrant que la résistance électrique de cette toile est en effet plus faible que l'autre. Une siccité finale supérieure est observée surtout à intensité constante. Cette différence est d'autant plus marquée que l'intensité imposée est élevée (0,2 A).

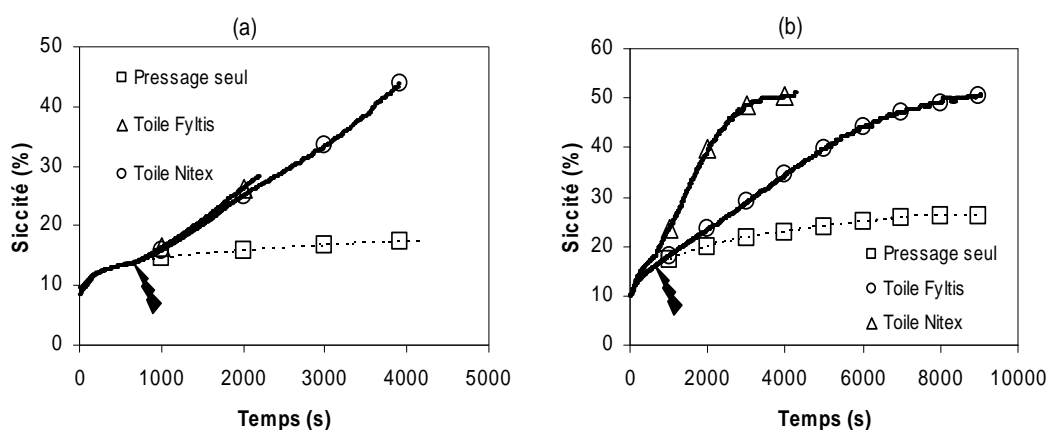


Figure 4. Evolution de la siccité pour des boues activées en fonctionnement à une intensité constante de 0,2 A (a) et pour des boues digérées en fonctionnement à une tension constante 30 V (b) pour des toiles filtrantes différentes

### 3.2 Epaisseur du gâteau

Pour diminuer la résistance électrique du milieu, il est possible de jouer sur l'écartement entre les électrodes en modifiant par exemple le volume de boues traité. Des essais ont ainsi été réalisés en diminuant par deux l'épaisseur initiale de l'échantillon de boue introduit dans la cellule. Après 10 min de pressage mécanique, l'épaisseur du gâteau au moment de l'application du champ électrique est alors de 1,9 cm ou de 0,8 cm en fonction des quantités introduites (Figure 5). Les essais réalisés sur les boues activées montrent qu'à tension constante, la siccité finale est plus élevée pour le gâteau de 0,8 cm du fait d'un plus fort gradient de tension (en  $\text{V}/\text{cm}_{\text{épaisseur}}$ ). La cinétique de déshydratation est également beaucoup plus rapide, ce qui semble confirmer une baisse de la résistance électrique (Figure 5a). Certes, la quantité de boue traitée est moitié moins importante pour le gâteau de 0,8 cm, cependant la durée du pressage pour atteindre une siccité de 35 % est beaucoup plus faible (environ un quart de celle nécessaire au pressage du gâteau de 1,9 cm) ; par conséquent il y a un réel intérêt à diminuer l'épaisseur initiale du

gâteau. Du côté de la consommation énergétique totale, les résultats rapportés par Tuan et al. (2010) sont confirmés ici avec des valeurs plus importantes pour le gâteau de 0,8 cm. Cependant, quand cette consommation énergétique est rapportée au niveau de siccité atteinte, les valeurs mesurées sont quasiment identiques aux erreurs de reproductibilité près (Figure 5b).

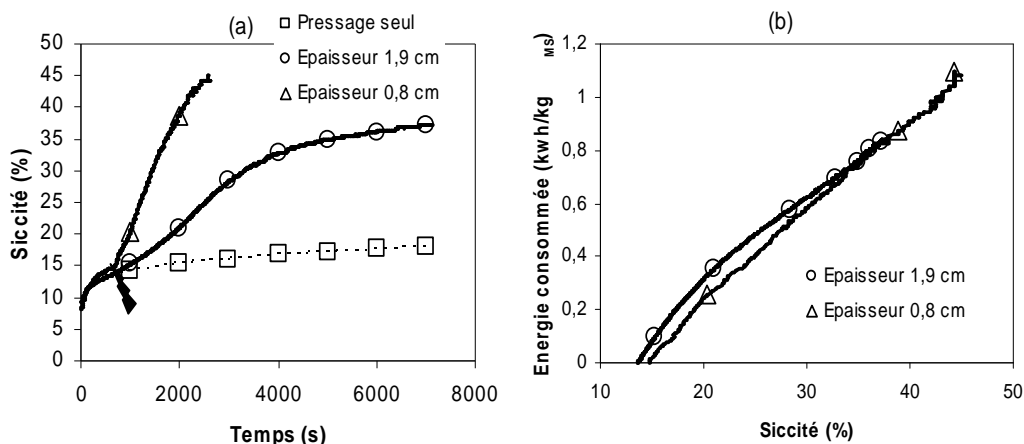


Figure 5. Evolution, pour des boues activées dans la configuration 1, de la siccité (a) et de l'énergie consommée (b) en fonctionnement à une tension constante de 50 V

#### 4. Conclusion

Le procédé d'électro-déshydratation permet des gains de siccité importants. La consommation énergétique reste très inférieure à celle du séchage thermique notamment pour les boues activées. La position des électrodes est un paramètre pouvant influencer significativement sur les performances de l'électro-déshydratation. Une configuration avec des électrodes en contact direct avec la boue est la plus favorable, aussi bien en terme de cinétique (à tension constante), que de siccité finale atteinte et de consommation énergétique. Si toutefois, cette configuration s'avère ne pas être industriellement envisageable, il est possible d'améliorer les performances en utilisant des toiles filtrantes offrant une plus faible résistance électrique. Enfin, l'épaisseur des chambres de filtration d'un filtre-pressé est également un paramètre de conception capital car il fixe en partie l'épaisseur initiale du gâteau et influe de ce fait fortement sur la siccité finale atteinte.

#### Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-08-ECOT-018-004) pour son support financier (projet COTEDDEM).

#### Références

- Citeau M., Larue O. et Vorobiev E., 2011, Influence of salt, pH and polyelectrolyte on the pressure electro-dewatering of sewage sludge, *Water Res.*, 45, 2167-2180.
- Ginisty P. et Peuchot C., 2011, New laboratory developments for sludge flocculation, ECSM 2010 2nd European Conference on Sludge Management, Budapest, Hongrie, 9-10 Septembre 2010.
- Mahmoud A., Olivier J., Vaxelaire J. et Hoadley A.F.A., 2010, Electrical field : A historical review of its application and contributions in wastewater sludge dewatering, *Water Res.*, 44(8), 2381-2407.
- Mahmoud A., Olivier J., Vaxelaire J. et Hoadley A.F.A., 2011, Electro-dewatering of wastewater sludge: Influence of the Operating Conditions and their Interactions Effects, *Water Res.*, doi. 10.016/j.watres.2011.02.029.
- Saveyn H., Van der Meeren P. et Timmerman R., 2006, Bench and pilot-scale sludge electro-dewatering in a diaphragm filter press, *Water Sci. Technol.*, 54 (9), 53-60.
- Tuan P.-A. et Sillanpää M., 2010, Migration of ions and organic matter during electro-dewatering of anaerobic sludge, *J. Hazard. Mater.*, 173, 54-61.
- Yu X., Zhang S., Xu H., Zheng L., Lü X. et Ma D., 2010, Influence of filter cloth on the cathode on the electroosmotic dewatering of activated sludge, *Sep. Sci. Eng.*, 18 (4), 562-568.