

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
1 septembre 2016 (01.09.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/135422 A1

(51) Classification internationale des brevets :

C02F 1/00 (2006.01) C02F 11/12 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01) C02F 11/14 (2006.01)
C02F 1/56 (2006.01) C02F 1/461 (2006.01)
C02F 11/00 (2006.01) C02F 1/469 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2016/050430

(22) Date de dépôt international :

24 février 2016 (24.02.2016)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1551636 26 février 2015 (26.02.2015) FR

(71) Déposant : VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES SUPPORT [FR/FR]; Immeuble l'Aquarène, 1 place Montgolfier, 94410 Saint Maurice (FR).

(72) Inventeurs : MAILLET, Laetitia; 89 rue du Sergent Boilliot, 93100 Montreuil (FR). HERBRETEAU, Benjamin; 100 rue Basse, 78520 Saint-martin-la-garenne (FR).

(74) Mandataires : GILBEY, Vincent et al.; Cabinet Beau De Lomenie, 158 Rue de l'Université, 75340 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : SLUDGE DEWATERING METHOD

(54) Titre : PROCEDE DE DESHYDRATATION DE BOUES

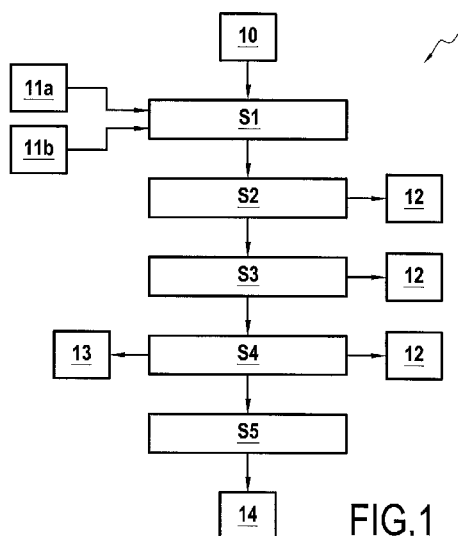


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a sludge dewatering method making it possible to reach a high level of dryness with a limited use of electrical power. Said method includes: - a step for chemically conditioning (S1) the sludge (10) to be dewatered, during which a flocculation additive (11b) and a coagulation additive (11a) are added to the sludge (10); and - an electro-dewatering step (S4).

(57) Abrégé : Procédé de déshydratation de boues permettant d'atteindre un niveau élevé de siccité pour une consommation électrique limitée, comprenant une étape de conditionnement chimique (S1) de la boue à déshydrater (10) au cours de laquelle un adjuvant de floculation (11b) et un adjuvant de coagulation (11a) sont ajoutés à la boue (10), et une étape d'électro-déshydratation (S4).



WO 2016/135422 A1

PROCEDE DE DESHYDRATATION DE BOUES

DOMAINE DE L'INVENTION

Le présent exposé concerne un procédé de déshydratation de boues permettant d'atteindre un niveau élevé de siccité pour une
5 consommation électrique limitée.

Un tel procédé peut notamment être utilisé pour déshydrater des boues, celles issues de stations d'épuration par exemple, en vue de leur incinération ou de leur enfouissement.

10 ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Les boues, comme celles issues de stations d'épuration par exemple, font généralement l'objet d'une déshydratation suivie d'une valorisation, comme amendement organique (épandage) ou par combustion (incinération), ou d'un enfouissement en centre de stockage.
15 Dans le cas de la combustion, la siccité de la boue atteinte au terme de l'étape de déshydratation, c'est-à-dire le ratio de matière sèche par rapport à la masse totale de boue, doit être suffisante pour permettre l'auto-entretien de la combustion : une siccité de 30 à 45% est ainsi préférée. De même, dans le cas de l'enfouissement, certaines législations
20 nationales requièrent un taux de siccité minimal avant enfouissement des boues, de l'ordre de 40% par exemple. On comprend donc l'importance de développer des procédés de déshydratation efficaces, en particulier lorsque la boue est d'un type difficile à déshydrater comme cela est notamment le cas des boues biologiques en station d'épuration.

25 Parmi les procédés connus, certains visent à déshydrater mécaniquement la boue : il peut s'agir de procédés de centrifugation ou de filtration sous pression, avec notamment l'utilisation d'un filtre-presse ou d'un filtre à bande. Toutefois, de tels procédés sont limités. Par exemple pour des boues de station d'épuration, ils permettent d'atteindre
30 des siccités de seulement 15 à 40% ; cette valeur maximale de 40% n'étant atteinte que dans de rares cas avec des dispositifs particulièrement efficaces et des boues particulièrement faciles à traiter (à dominante minérale par exemple). Ainsi, pour certaines boues, telles les boues biologiques de station d'épuration, il est difficile d'atteindre une siccité de
35 30%, ce qui peut être insuffisant selon le devenir de ces boues.

D'autres procédés visent à déshydrater thermiquement les boues : il s'agit alors de chauffer ces dernières en vue de les sécher. Ces procédés sont très efficaces : en fonction de la température de chauffage et de la durée du traitement, il est possible d'atteindre des siccités de l'ordre de 5 90%. Toutefois, ces procédés sont très énergivores et consomment a minima 700 kWh par tonne d'eau éliminée (kWh/tEE), voire plus encore, lorsqu'un procédé mécanique consomme en général moins de 20 kWh/tEE selon le type de technologie (filtre-presse, filtre à bande ou centrifugeuse).

10 Enfin, des procédés de déshydratation mécanique assistée électriquement, appelés procédés d'électro-déshydratation, visent à filtrer sous pression un volume de boue, par exemple dans un filtre-presse, en appliquant en outre un champ électrique. Celui-ci, ajouté au phénomène d'hydrolyse qu'il crée, permet de rompre les liaisons eau-boue, facilitant la 15 migration des molécules d'eau en sens inverse des particules solides. Une telle assistance électrique permet donc d'améliorer la déshydratation des boues et ainsi de gagner quelques points de siccité supplémentaires. Toutefois, un tel procédé se retrouve confronté à certaines difficultés dans le cas de certaines boues.

20 En effet, pendant l'électro-déshydratation, la boue se comporte comme une résistance électrique. Or, dans le cas de certaines boues pour lesquelles l'électromobilité et/ou la quantité d'ions est faible, on constate une élévation rapide de la résistance électrique de la boue. Dès lors, par effet Joule et à intensité constante, l'élévation rapide de la résistance 25 électrique de la boue se traduit par une augmentation de la température. Plus la boue est sèche, plus l'électromobilité est faible et donc plus la résistance électrique est élevée. Ceci entraîne dans le même temps une augmentation de la température, en particulier du côté de l'anode qui est la zone la plus sèche au moment de l'électro-déshydratation. Pour cette 30 raison, la durée de telles électro-déshydrations est nécessairement limitée dans le temps afin de ne pas endommager le dispositif d'électro-déshydratation. En outre, cette augmentation de la résistance électrique à intensité constante et par conséquent de la tension provoque des pertes énergétiques importantes.

Dès lors, pour de tels types de boues, le gain en siccité est relativement faible et peu intéressant compte tenu de la consommation électrique supplémentaire investie.

Il existe donc un réel besoin pour un procédé de déshydratation de
5 boues qui soit dépourvu, au moins en partie, des inconvénients inhérents aux procédés connus précités.

PRESENTATION DE L'INVENTION

Le présent exposé concerne un procédé de déshydratation de
10 boues, comprenant une étape de conditionnement chimique de la boue à déshydrater au cours de laquelle un adjuvant de floculation et un adjuvant de coagulation sont ajoutés à la boue, et une étape d'électro-déshydratation.

Individuellement, les adjuvants de coagulation et les adjuvants de
15 floculation n'ont pas d'effet sensible sur le fonctionnement et l'efficacité d'une électro-déshydratation. En revanche, les inventeurs ont constaté que leur utilisation combinée dans le conditionnement de la boue offre un effet synergique permettant un gain important en efficacité de l'étape d'électro-déshydratation et donc en siccité finale de la boue.

En effet, lorsqu'aucun ou un seul de ces composants est utilisé, on
20 constate habituellement une croissance rapide de la tension aux bornes des électrodes du dispositif d'électro-déshydratation, qui peut ensuite se stabiliser et redescendre ou bien atteindre et plafonner à une valeur maximale de tension fixée par l'opérateur pour protéger les électrodes.
25 Dès lors, ce pic de tension, apparaissant pratiquement immédiatement après le début de l'électro-déshydratation, entraîne une élévation rapide de la température de la boue du côté où elle est la plus sèche, c'est-à-dire du côté de l'anode, ce qui conduit à l'arrêt prématuré de l'électro-déshydratation afin de prévenir la détérioration du dispositif.

A l'inverse, lorsqu'un adjuvant de coagulation et un adjuvant de
30 floculation sont combinés, on constate de manière inattendue que le pic de tension habituellement observé ne survient pas. Au contraire, les expériences menées par les inventeurs ont montré que la tension commençait par diminuer durant les premières minutes de l'électro-déshydratation avant de remonter puis de se stabiliser ou de redescendre.
35 Dès lors, l'élévation de la température au voisinage de l'anode est

retardée, ce qui permet de prolonger la durée de l'étape d'électro-déshydratation avant d'atteindre un niveau de température risquant d'endommager le dispositif : une plus grande quantité d'eau peut ainsi être extraite, aboutissant à une siccité plus importante.

5 Une hypothèse avancée par les inventeurs pour expliquer ce phénomène surprenant serait, qu'au-delà de l'amélioration de la filtrabilité de la boue, la combinaison d'un adjuvant de coagulation et d'un adjuvant de floculation augmente la quantité et l'électromobilité des ions contenus dans la boue. Un tel phénomène contribuerait à réduire la résistance
10 électrique de la boue, en particulier au début de l'application du champ électrique, et donc à réduire l'élévation de la tension et donc le réchauffement par effet Joule des électrodes.

Ainsi, grâce à ce procédé et à ce conditionnement particulier, les tests ont montré que l'on gagne de 10 à 60 points de siccité par rapport à
15 une déshydratation conventionnelle pour une consommation électrique réduite, la consommation énergétique globale d'un tel procédé restant ainsi inférieure à 300 kWh/tEE.

Dans certains modes de réalisation, l'adjuvant de floculation utilisé est un polymère.

20 Dans certains modes de réalisation, le polymère utilisé est du type floculant cationique. Ce type de polymère permet en effet une meilleure agrégation des particules de boue et donne de bons résultats en filtration dans le cadre du présent exposé.

Dans certains modes de réalisation, le polymère utilisé est un
25 floculant cationique de forte densité et de faible poids moléculaire.

Toutefois, d'autres adjuvants de floculation anioniques, cationiques ou non ioniques seraient également possibles avec différents poids moléculaires en fonction du type de boue à déshydrater.

Dans certains modes de réalisation, au cours de l'étape de
30 conditionnement chimique, la masse d'adjuvant de floculation ajoutée à la boue est comprise entre 1 et 25 kg de produit pur, c'est-à-dire de matière active (MA), par tonne de matière sèche au sein de la boue (kgMA/tMS), de préférence entre 4 et 15 kgMA/tMS. Les inventeurs ont en effet constaté au cours de leurs tests que cette gamme de concentration
35 donnait des résultats très satisfaisants en termes de contrôle de la

cinétique de l'électro-déshydratation et donc en termes de siccités atteignables.

Dans certains modes de réalisation, l'adjuvant de coagulation est un coagulant de type minéral, par exemple du FeCl_3 . Toutefois, d'autres
5 adjuvants minéraux ou organiques seraient également possibles.

Dans certains modes de réalisation, au cours de l'étape de conditionnement chimique, la masse de produit pur d'adjuvant de coagulation ajoutée à la boue est comprise entre 0,5 et 20% de la masse de boue sèche. Les inventeurs ont en effet constaté au cours de leurs
10 tests que cette gamme de concentrations donnait des résultats très satisfaisants en termes de contrôle de la cinétique de l'électro-déshydratation et donc en termes de siccités atteignables.

Dans certains modes de réalisation, l'étape d'électro-déshydratation est réalisée au sein d'un filtre-presse comprenant au moins une chambre
15 constituée de deux plateaux, chaque plateau étant muni au moins d'une électrode et au moins un plateau étant muni d'un filtre, de préférence une toile filtrante. Chaque chambre est constituée d'un plateau équipé d'une anode et d'un plateau équipé d'une cathode pour appliquer le champ électrique. Un tel filtre-presse permet dans un premier temps de filtrer
20 puis de comprimer un volume de boue entre deux plateaux afin d'en extraire l'eau à travers les toiles filtrantes tapissant les plateaux. Dans un second temps, alors que les boues sont toujours comprimées, les électrodes permettent de créer un champ électrique entre les plateaux pour faciliter la migration et donc l'évacuation de l'eau à travers les toiles
25 filtrantes.

Dans certains modes de réalisation, au moins un plateau du filtre-presse est muni d'une membrane configurée pour être déformée par un fluide de compression pour comprimer la boue présente dans le filtre-presse.

Dans certains modes de réalisation, la pression exercée au cours de la compression est comprise entre 5 et 20 bar, de préférence entre 10 et 13 bar.

Dans certains modes de réalisation, l'étape d'électro-déshydratation est réalisée, au moins initialement, à intensité constante. Ce mode de
35 régulation permet en effet de favoriser une déshydratation rapide de la boue.

Dans certains modes de réalisation, l'intensité utilisée est comprise entre 5 et 200 A/m².

5 Dans certains modes de réalisation, au cours de l'étape d'électro-déshydratation, la régulation à intensité constante est abandonnée au profit d'une régulation à tension constante lorsqu'une condition prédéterminée est remplie. Un tel mode de régulation permet en effet de limiter la croissance de la température au niveau des électrodes. La valeur de tension constante utilisée alors est de préférence celle qui a été atteinte au moment où la condition prédéterminée est remplie.

10 Dans certains modes de réalisation, au cours de l'étape d'électro-déshydratation, la régulation à intensité constante est abandonnée au profit d'une régulation à tension constante lorsque la tension atteint une tension seuil. Cette tension seuil est fixée par l'opérateur de façon à utiliser les électrodes en dessous de leur tension de claquage.

15 Dans d'autres modes de réalisation, la régulation à intensité constante est abandonnée au profit d'une régulation à tension constante lorsque la température au voisinage d'une électrode atteint une température seuil. Ceci permet un fonctionnement à intensité constante, donc à forte efficacité de déshydratation, tant que la température reste assez faible et de basculer à tension constante une fois la température seuil atteinte afin de freiner la croissance de température et donc de prolonger la déshydratation avant que la température ne devienne trop haute et dangereuse pour le dispositif d'électro-déshydratation.

20 Dans certains modes de réalisation, la régulation à intensité constante est abandonnée au profit d'une régulation à tension constante lorsque la température de l'anode atteint une température seuil comprise entre 50 et 65°C. Ceci est en effet un bon compromis entre l'intérêt de bénéficier le plus longtemps possible d'une déshydratation à intensité constante hautement efficace et celui de pouvoir prolonger le plus longtemps possible la déshydratation à tension constante une fois cette température seuil atteinte.

25 Dans certains modes de réalisation, au cours de l'étape d'électro-déshydratation, la température de la boue au voisinage des électrodes ne dépasse pas une température plafond inférieure ou égale à 150°C, de préférence inférieure ou égale à 80°C, de préférence encore inférieure ou égale à 70°C. Ceci permet de réduire le risque d'endommagement du

dispositif. On arrête ainsi de préférence l'électro-déshydratation dès que l'on atteint une telle température plafond.

Dans certains modes de réalisation, l'étape d'électro-déshydratation dure au moins 45 minutes, de préférence au moins 60 minutes, de
5 préférence encore au moins 100 minutes. De telles durées, permises par le présent procédé, permettent d'atteindre des niveaux de siccité de la boue plus importants que les procédés d'électro-déshydratation conventionnels.

Dans certains modes de réalisation, à l'issue de l'étape d'électro-
10 déshydratation, la siccité de la boue est supérieure à 30%, de préférence supérieure à 40%, de préférence encore supérieure à 50%.

Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de filtration réalisée avant l'étape d'électro-déshydratation. Cette étape de filtration permet de réaliser une première filtration avant
15 l'application du champ électrique afin d'éliminer la majorité de l'eau libre contenue dans la boue. Cette étape de filtration est réalisée de préférence après l'étape de conditionnement.

Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de compression réalisée avant l'étape d'électro-déshydratation.
20 Cette étape de compression seule permet d'extraire mécaniquement le restant d'eau libre sans assistance électrique. Ceci peut permettre d'extraire déjà l'eau libre d'une boue sans consommer l'électricité nécessaire à l'électro-déshydratation et sans entamer la croissance de température des électrodes. De préférence, cette étape est réalisée après
25 l'étape de filtration et à l'aide du filtre-presse. La pression de compression peut être comprise entre 5 et 20 bar, de préférence entre 10 et 13 bar.

Dans d'autres modes de réalisation, le procédé est dépourvu d'étape de compression avant l'étape d'électro-déshydratation. Les inventeurs ont en effet constaté au cours de leurs tests qu'une application
30 du traitement électrique juste après l'étape de filtration était peu consommatrice d'énergie et même qu'une telle étape de compression seule préalable pouvait être défavorable dans le cas de boues difficiles à déshydrater, à forte résistance électrique notamment.

Dans certains modes de réalisation, la boue à déshydrater est une
35 boue biologique issue d'une station d'épuration, et notamment d'un procédé d'épuration biologique aérobie. Ce type de boue contient

spécifiquement une forte proportion d'eau liée. Toutefois, naturellement, le présent exposé pourrait être appliqué à d'autres types de boues.

Les caractéristiques et avantages précités, ainsi que d'autres, apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, d'exemples de réalisation du procédé proposé. Cette description détaillée fait référence aux dessins annexés.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Les dessins annexés sont schématiques et visent avant tout à illustrer les principes de l'invention.

Sur ces dessins, d'une figure (FIG) à l'autre, des éléments (ou parties d'élément) identiques sont repérés par les mêmes signes de référence.

La FIG 1 est un schéma-bloc d'un exemple de procédé selon l'invention.

La FIG 2 est un schéma de principe du filtre-presse utilisé pour les besoins du procédé.

La FIG 3 est un graphe comparant l'évolution de la tension au cours d'une électro-déshydratation conventionnelle et d'une électro-déshydratation selon l'invention.

La FIG 4 est un graphe comparant l'évolution de la température au cours d'une électro-déshydratation conventionnelle et d'une électro-déshydratation selon l'invention.

La FIG 5 est un graphe de suivi temporel des paramètres d'une électro-déshydratation conventionnelle à haute intensité.

La FIG 6 est un graphe de suivi temporel des paramètres d'une électro-déshydratation conventionnelle à plus basse intensité.

DESCRIPTION DETAILLEE D'EXEMPLE(S) DE REALISATION

Afin de rendre plus concrète l'invention, des exemples de procédés de déshydratation sont décrits en détail ci-après, en référence aux dessins annexés. Il est rappelé que l'invention ne se limite pas à ces exemples.

La FIG 5 illustre le suivi temporel des différents paramètres d'une électro-déshydratation réalisée par les inventeurs sans le conditionnement selon la présente invention. Ce premier test est réalisé à haute intensité. Dans ce cas, l'électro-déshydratation est réalisée sur une boue difficile à

déshydrater, possédant une forte résistance électrique, avec une intensité constante de 16 A, soit environ 70 A/m², et une tension limitée à 110 V afin de ne pas atteindre la tension de claquage du système.

Comme on peut le voir sur la FIG 5, en raison de la forte résistance
5 électrique de la boue, la tension 82 (trait fort interrompu) croît très rapidement pour atteindre sa valeur maximale de 110 V en moins d'une minute. La régulation à intensité constante ne peut plus alors être maintenue et l'intensité 81 (trait fort continu) commence à décroître avant de se stabiliser tandis que la tension 82 se maintient à 110 V. On constate
10 alors une hausse rapide de la température côté anode 83 (trait fin continu) qui atteint 70°C en moins de quinze minutes, imposant alors l'arrêt du test. On remarque en revanche que la hausse de la température côté cathode 84 (trait fin interrompu) est beaucoup plus lente de telle sorte que l'on détermine que la température côté anode est le paramètre
15 limitant pour une telle électro-déshydratation.

Ainsi, dans ce premier test ne mettant pas en œuvre le procédé selon l'invention, on constate que la durée totale du traitement ne dépasse pas quinze minutes. On comprend donc que le niveau de siccité atteint n'est pas satisfaisant.

20 Dans un deuxième test réalisé sans conditionnement conforme à la présente invention, les inventeurs ont cherché à réduire l'intensité du courant appliqué lors de l'électro-déshydratation. Dans ce cas, cette dernière est réalisée avec une intensité constante de 9 A, soit environ 40 A/m².

25 Comme on peut le voir sur la FIG 6, la tension 92 (trait fort interrompu) croît à nouveau très rapidement dans les premières secondes du test puis ralentit sa croissance avant d'atteindre néanmoins sa valeur de sécurité à 110 V au bout de trois minutes environ. La régulation à intensité constante ne peut plus alors être maintenue et l'intensité 91
30 (trait fort continu) commence à décroître tandis que la tension 92 se maintient à 110 V. On constate toutefois également une hausse rapide de la température côté anode 93 (trait fin continu) qui atteint 70°C en environ dix minutes, imposant alors l'arrêt du test. Ici encore, la hausse de la température côté cathode 94 (trait fin interrompu) est négligeable
35 devant celle de l'anode 93.

Ainsi, dans ce deuxième test ne mettant pas en œuvre le procédé selon l'invention, on constate que la durée du traitement à intensité constante est un peu plus longue mais ne dépasse toutefois pas quatre minutes. De plus, la durée totale du traitement ne dépasse pas dix
5 minutes. On comprend donc que le niveau de siccité atteint est encore une fois insuffisant.

Pour améliorer ces conditions de déshydratation, le procédé selon la présente invention va maintenant être décrit. Son enchaînement global est représenté à la FIG. 1.

10 Dans le cadre du présent procédé, la boue à traiter 10 est une boue biologique issue d'une station d'épuration. Ce type de boue est issu d'un bioréacteur à membrane fonctionnant directement sur de l'eau brute dégradée.

La boue 10, dont la siccité initiale est d'environ 0,9% dans cet
15 exemple, c'est-à-dire 9 g de matières sèches par litre de boues liquide, subit tout d'abord une étape de conditionnement chimique S1 au cours de laquelle certains composants chimiques sont ajoutés à la boue 10 afin de faciliter son traitement et sa déshydratation. Parmi ces composants, sont ajoutés un adjuvant de coagulation (11a) et un adjuvant de floculation
20 (11b).

Dans cet exemple, l'adjuvant de coagulation (11a) utilisé est du FeCl_3 . Il est ajouté dans la cuve de boue à hauteur de 15% en masse de matière de boue sèche. L'adjuvant de floculation (11b) utilisé est quant à
lui le polymère Flopam EM 640 TBD. Il est injecté en ligne avec une
25 concentration cible de 4,6 kg de produit pur par tonne de matière sèche (4,6 kgMA/tMS).

La boue 10 ainsi traitée est injectée dans le filtre-presse 20 à l'aide d'une pompe de gavage.

Ce filtre-presse 20 est schématisé à la FIG 2. Il comprend trois
30 plateaux 21a, 21b définissant deux chambres 22 dans lesquelles la boue 10 est introduite. Chaque paroi des plateaux 21a, 21b définissant un bord d'une chambre 22 est munie d'une électrode 23a, 23b : les plateaux latéraux 21a sont ainsi munis d'une électrode formant l'anode 23a et le plateau central 21b est muni sur chacune de ses faces d'une électrode
35 formant la cathode 23b.

La paroi interne de chaque plateau latéral 21a est en outre munie d'une toile filtrante 24 disposée devant l'électrode 23a considérée. Chaque paroi du plateau central 21b est quant à elle munie d'une membrane 25 disposée derrière l'électrode 23b considérée et d'une toile filtrante 24 disposée devant l'électrode 23b considérée.

Les trois plateaux 21a, 21b du filtre-presse 20 sont serrés les uns contre les autres via un vérin hydraulique 26 qui assure l'étanchéité des chambres de filtration 22. Sous la forte pression du vérin 26, les plateaux sont rapprochés l'un vers l'autre afin de maintenir les volumes de boue présents dans les chambres 22. On comprend naturellement qu'il est possible de prévoir plusieurs modules de plateaux 21a, 21b avant le vérin 26.

Chaque plateau 21a et 21b est équipé d'une première sortie permettant d'évacuer les filtrats 12 et d'une deuxième sortie 13a et 13b permettant d'évacuer les éventuels gaz produits.

Au cours d'une étape de filtration S2, la pompe de gavage génère une pression mécanique de 8 bar au sein de la boue 10 qui est alors filtrée à l'aide des toiles filtrantes 24. Cette étape S2 s'arrête lorsque le débit de filtrat 12 évacué par les plateaux 21 atteint un seuil bas prédéterminé. Cette étape S2 permet d'éliminer l'eau libre présente en surface des floccs de boue à moindre dépense énergétique.

Une fois la boue 10 filtrée dans les chambres 22 du filtre-presse 20, une étape de compression seule S3 est réalisée au sein du filtre-presse 20. Un surpresseur d'air comprimé permet de gonfler les membranes 25 du filtre-presse 20 de manière à comprimer la boue présente dans les chambres 22 jusqu'à atteindre une pression dans les chambres 22 d'environ 11 à 12 bar. La compression est ainsi maintenue durant 10 minutes. Aucune assistance électrique n'est réalisée durant cette étape S3.

Cette étape de compression seule S3 permet d'extraire le restant d'eau libre présente dans la boue 10 sous la forme de filtrats 12 évacués par les sorties des plateaux 21.

Au terme de cette étape de compression seule S3, la compression est maintenue et l'assistance électrique est déclenchée afin d'initier une étape d'électro-déshydratation S4.

Un générateur électrique impose alors un courant entre les paires d'électrodes 23a, 23b de chaque chambre 22. Initialement, la régulation

est réalisée à courant constant. Dans cet exemple, une intensité d'environ 9 A est choisie, soit environ 40 A/m².

5 Au cours de cette étape, l'eau extraite de la boue 10 est évacuée sous la forme de filtrats 12 par les sorties des plateaux 21a et 21b. En outre, les gaz générés au cours de cette étape S4, de l'oxygène et de l'hydrogène issus de l'hydrolyse de l'eau par exemple, sont évacués par les secondes sorties des plateaux 13a et 13b.

10 La régulation à courant constant est maintenue jusqu'à ce que la température à proximité d'une anode 23a, mesurée à l'aide d'un thermocouple par exemple, atteigne 60°C : lorsque cette condition est remplie, la régulation du courant est abandonnée en faveur d'une régulation à tension constante. La valeur de tension choisie pour cette régulation à tension constante est la valeur de tension maximale de sécurité, 110V dans cet exemple.

15 L'assistance électrique à tension constante est ensuite maintenue jusqu'à ce que la température à proximité d'une anode 23a atteigne 70°C : lorsque que cette condition est remplie, le traitement électrique est arrêté et la compression est relâchée.

20 Les gâteaux de boue 14 ainsi déshydratés sont alors retirés des chambres 22 du filtre-presse 20 au cours d'une étape de débâtissage des gâteaux S5. Les valeurs de siccités obtenues pour ces gâteaux 14 sont en moyenne d'environ 38,3%.

Ces gâteaux 14 peuvent ensuite être enfouis, ou valorisés en amendement organique ou en énergie.

25 Plusieurs séries de tests vont maintenant être présentées pour illustrer l'apport de l'invention par rapport aux procédés conventionnels.

30 Dans tous ces tests, un même type de boue 10 a été utilisé : il s'agit d'une boue biologique du type qui est issu de stations d'épuration. Plus particulièrement, il s'agit d'une boue du type qui est issu d'un bio-réacteur à membrane fonctionnant sur une eau brute dégrillée. Cette boue présente une siccité initiale inférieure à 1%, c'est-à-dire 10 g/L.

Les conditions opératoires du test T0 sont les suivantes :

- polymère FLOPAM EM 640TBD à hauteur de 8,95 kg/tMS, soit 3,8 kg MA/tMS ;
- 35 - pas de coagulant ;
- filtration seule à 8 bar ;

- compression seule à 11-12 bar durant 10 minutes ;
- compression à 11-12 bar + électro-déshydratation à 9 A (soit environ 40 A/m²) avec basculement à tension constante au-delà d'une température côté anode de 60°C.

5

Les conditions opératoires du test T1 sont les suivantes :

- polymère FLOPAM EM 640TBD à hauteur de 12,8 kg/tMS, soit 5,4 kg MA/tMS ;
- coagulant FeCl₃ à hauteur de 15% de la masse de boue sèche ;
- 10 - filtration seule à 8 bar ;
- pas d'étape de compression seule ;
- compression à 11-12 bar + électro-déshydratation à 9 A (soit environ 40 A/m²) sans basculement à tension constante au-delà d'une température côté anode de 60°C.

15

Les FIG 3 et 4 visent à comparer l'évolution de la tension et de la température d'une électro-déshydratation conventionnelle et d'une électro-déshydratation selon l'invention.

Ainsi, la tension 31, 36 et la température d'anode 32, 37 ont été suivies durant l'étape d'électro-déshydratation de ces tests : les courbes
20 relatives au test T0 sont en traits interrompus tandis que les courbes relatives au test T1 sont en traits continus.

Dans le cadre du test T0 dans lequel le conditionnement n'a pas mis en œuvre de coagulant, on constate sur la FIG 3 que la tension 31 croît tout d'abord rapidement et forme un pic de tension 31a à environ 80
25 V dans les premières minutes du test ; la tension redescend ensuite pour se stabiliser à partir de la dixième minute environ aux alentours de 50 V.

On remarque alors que la tension mesurée dans le cadre du test T1, dont le conditionnement a mis en œuvre simultanément un coagulant et un polymère, suit une évolution totalement opposée à la tension 31 du
30 test T0 puisque, après instauration du champ électrique, la tension 36 du test T1 diminue depuis sa valeur initiale au lieu de croître comme cela était le cas dans le test T0. La tension 36 atteint alors une valeur minimale de tension à environ 40 V et ne commence à croître de manière significative que plus tard, après 30 minutes de test environ, jusqu'à
35 atteindre un plateau 36a à environ 50 V au bout de quarante minutes environ, avant de se stabiliser à une valeur comprise entre 30 et 40 V.

Dès lors, on constate sur la FIG 4 que la température d'anode 32 du test T0 croît beaucoup plus rapidement que la température d'anode 37 du test T1 puisqu'elle atteint une valeur de 40°C dès le début du test T0 tandis que ce même seuil est atteint par la température d'anode 37 du test T1 après 15 minutes.

En conséquence, à l'issue de ce régime transitoire dont le comportement diffère entre le test T0 et le T1, on constate un décalage dans le temps des courbes de température : la température plafond de 70°C est ainsi atteinte après 45 minutes pour le test T0 et après 120 minutes pour le test T1. Ainsi, au total, l'électro-déshydratation dans le test selon l'invention T1 aura duré environ 75 minutes de plus que le test comparatif T0 qui s'est terminé au bout de 45 minutes environ.

De plus, une mesure de la siccité en plusieurs points des gâteaux ainsi obtenus a révélé :

- pour le test T0, une valeur moyenne de siccité de $26 \pm 5\%$;
- pour le test T1, une valeur moyenne de siccité de $38 \pm 7\%$

On constate donc en moyenne un gain de 12 points en siccité lorsque le conditionnement combine un polymère et un coagulant par rapport au conditionnement avec un polymère seul.

En outre, la consommation énergétique engendrée par chacune de ces électro-déshydratations a été mesurée au cours du test selon l'invention T1 et du test de référence T0.

Ces consommations énergétiques sont de 260 kWh/tEE pour l'électro-déshydratation conventionnelle du test T0 et de 140 kWh/tEE pour l'électro-déshydratation selon l'invention du test T1 soit une consommation énergétique diminuée de presque moitié.

Les modes ou exemples de réalisation décrits dans le présent exposé sont donnés à titre illustratif et non limitatif, une personne du métier pouvant facilement, au vu de cet exposé, modifier ces modes ou exemples de réalisation, ou en envisager d'autres, tout en restant dans la portée de l'invention.

De plus, les différentes caractéristiques de ces modes ou exemples de réalisation peuvent être utilisées seules ou être combinées entre elles. Lorsqu'elles sont combinées, ces caractéristiques peuvent l'être comme décrit ci-dessus ou différemment, l'invention ne se limitant pas aux combinaisons spécifiques décrites dans le présent exposé. En particulier,

sauf précision contraire, une caractéristique décrite en relation avec un mode ou exemple de réalisation peut être appliquée de manière analogue à un autre mode ou exemple de réalisation.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Procédé de déshydratation de boues, comprenant
 une étape de conditionnement chimique (S1) de la boue à
 déshydrater (10) au cours de laquelle un adjuvant de floculation (11b) et
 un adjuvant de coagulation (11a) sont ajoutés à la boue (10), et
 une étape d'électro-déshydratation (S4).
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'adjuvant de
 floculation (11b) utilisé est un polymère du type floculant anionique,
 cationique ou non ionique.
- 15 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, au cours de
 l'étape de conditionnement chimique (S1), la masse d'adjuvant de
 floculation (11b) ajoutée à la boue est comprise entre 1 et 25 kg de
 produit pur par tonne de matière sèche.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans
 lequel l'adjuvant de coagulation (11a) utilisé est du type minéral.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans
 lequel l'adjuvant de coagulation (11a) utilisé est du type organique.
- 25 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans
 lequel, au cours de l'étape de conditionnement chimique (S1), la masse de
 produit pur de l'adjuvant de coagulation (11a) ajoutée à la boue est
 comprise entre 0,5 et 20% de la masse de boue sèche.
- 30 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans
 lequel l'étape d'électro-déshydratation (S4) est réalisée au sein d'un filtre-
 presse (20) comprenant au moins deux plateaux (21a, 21b), chaque
 plateau (21a, 21b) étant muni au moins d'une électrode (23a, 23b) et au
35 moins un plateau (21a) étant muni d'un filtre (24), dans lequel le filtre-

presse (20) réalise une compression de la boue (10) au cours de l'étape d'électro-déshydratation (S4).

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'étape d'électro-déshydratation (S4) est réalisée, au moins initialement, à intensité constante puis la régulation à intensité constante est abandonnée au profit d'une régulation à tension constante lorsque la température au voisinage d'une électrode (23a) atteint une température seuil.

10

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'étape d'électro-déshydratation (S4) est réalisée, au moins initialement, à intensité constante puis la régulation à intensité constante est abandonnée au profit d'une régulation à tension constante lorsque la tension atteint une valeur seuil

15

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel, au cours de l'étape d'électro-déshydratation (S4), la température de la boue au voisinage des électrodes (23a, 23b) ne dépasse pas une température plafond inférieure ou égale à 150°C, de préférence inférieure ou égale à 70°C.

20

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant en outre une étape de filtration (S2) réalisée avant l'étape d'électro-déshydratation (S4).

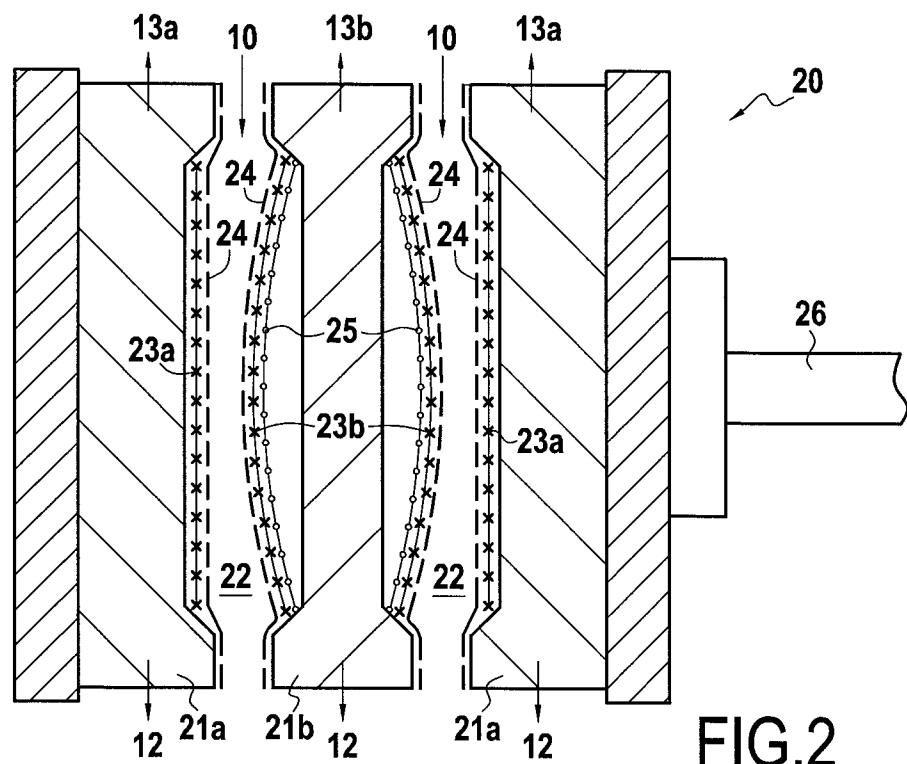
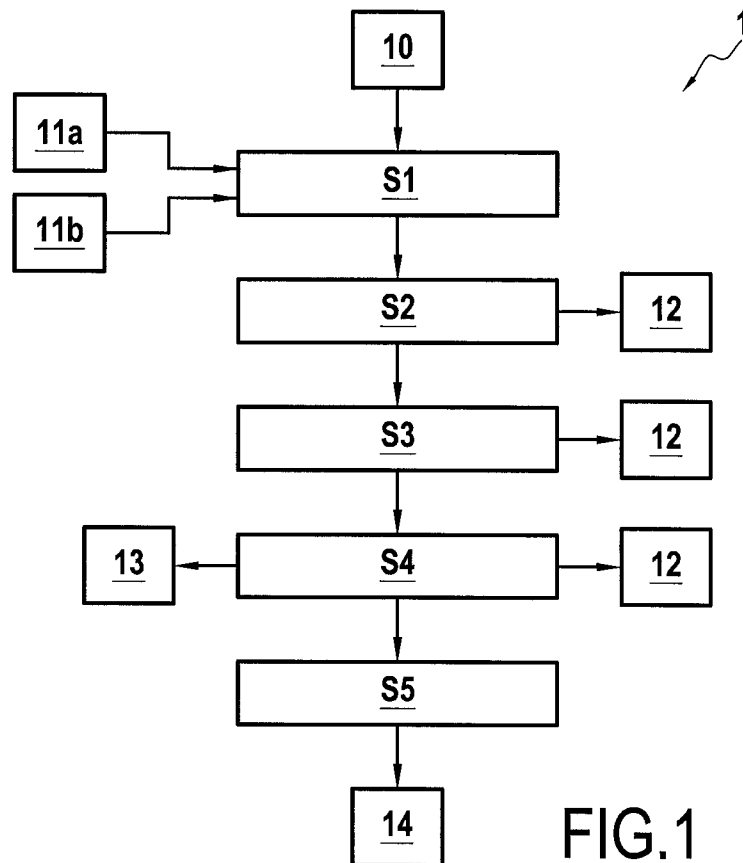
25

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant en outre une étape de compression (S3) réalisée avant l'étape d'électro-déshydratation (S4).

30

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la boue à déshydrater (10) est une boue biologique issue d'une station d'épuration.

1/3



2/3

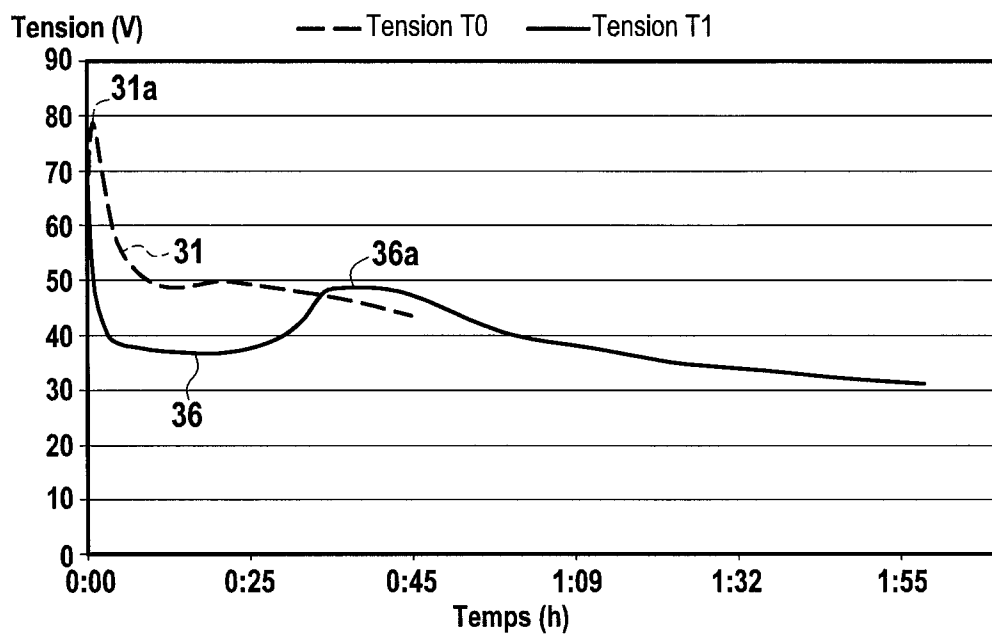


FIG.3

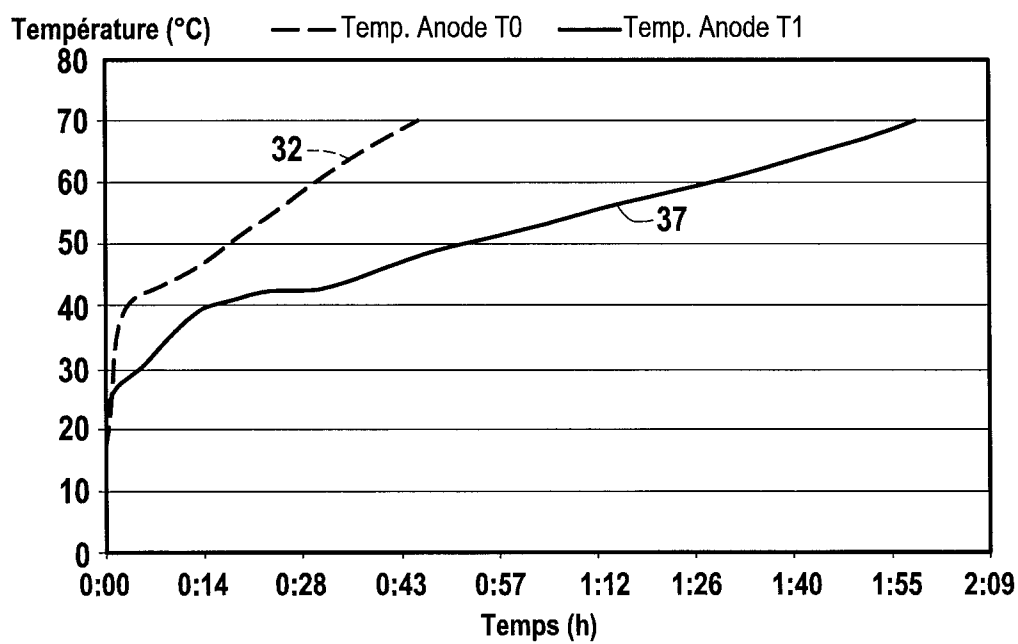


FIG.4

3/3

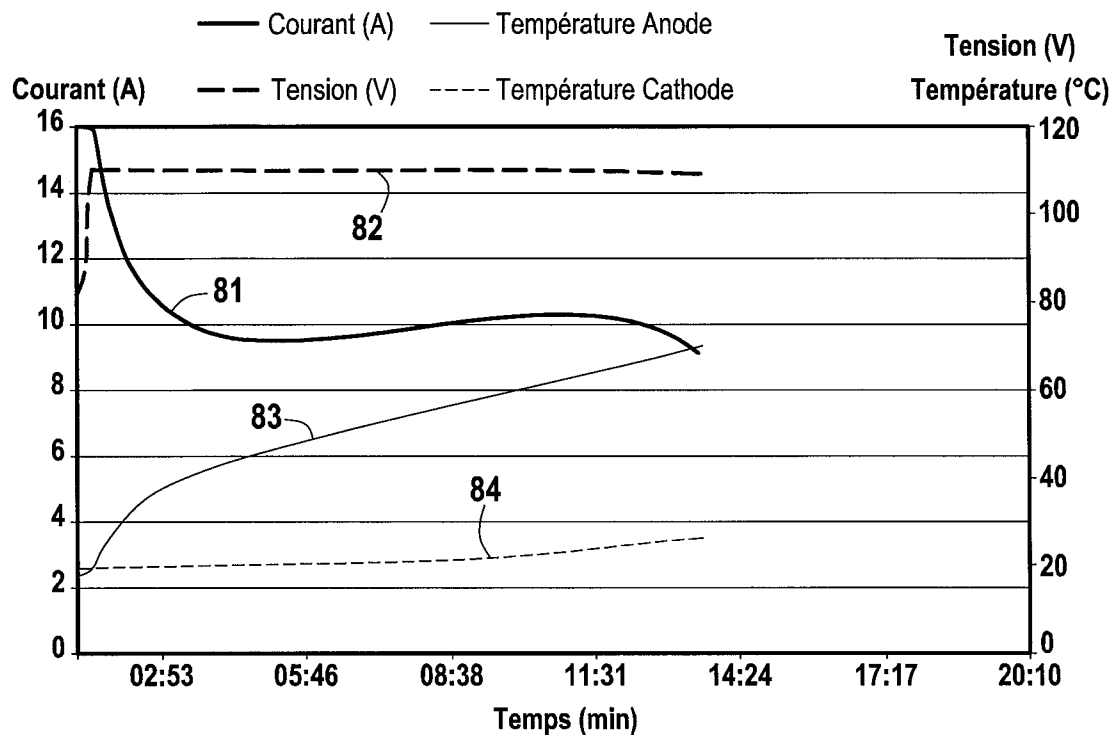


FIG.5

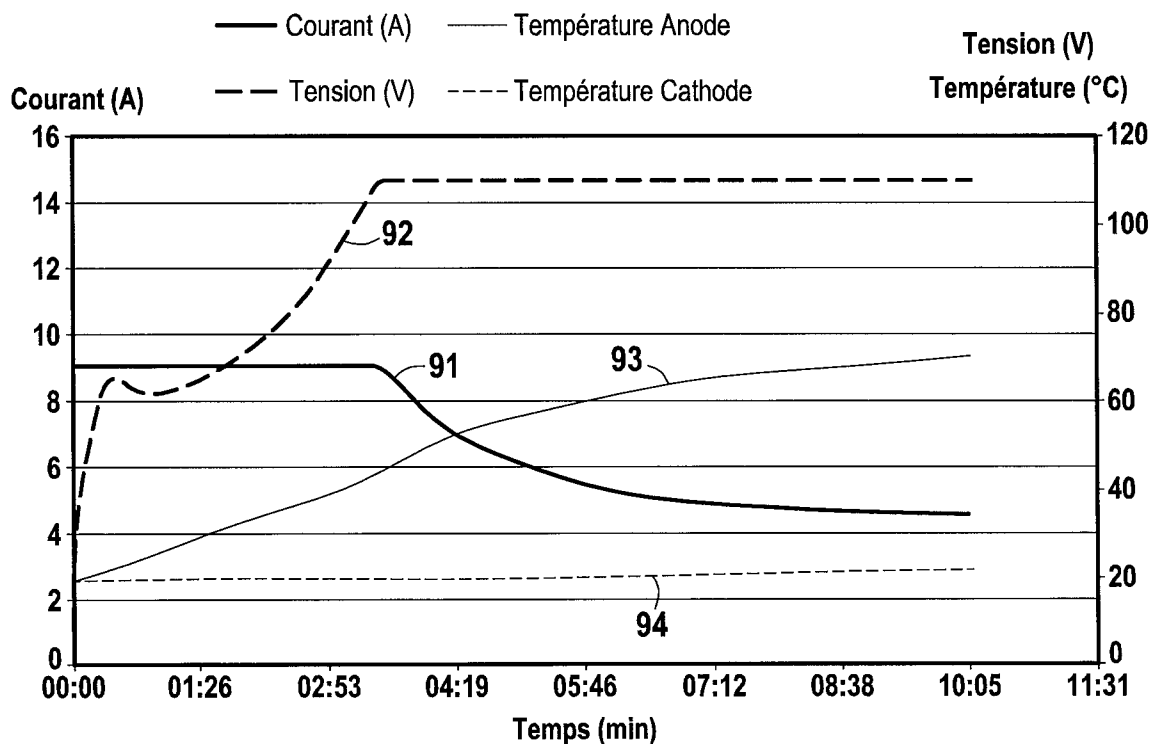


FIG.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/050430

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	C02F1/00	C02F1/52
	C02F11/14	C02F1/461
		C02F1/56
		C02F1/469
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
C02F B30B F26B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104 098 250 A (BEIJING YIWEIDEMAN SCIENCE AND TECHNOLOGY DEV CO LTD; UNIV HUAZHONG SC) 15 October 2014 (2014-10-15) paragraph [0010] - paragraph [0019] paragraph [0021] - paragraph [0027] paragraph [0031] - paragraph [0033] paragraph [0045] - paragraph [0053] claims 1-3 -----	1-13
X	JP 5 593786 B2 (KURITA WATER IND LTD) 24 September 2014 (2014-09-24) paragraph [0001] - paragraph [0004] paragraph [0008] - paragraph [0016] paragraph [0028] - paragraph [0034] -----	1-13
A	US 5 034 111 A (KONDO SHIRO [JP] ET AL) 23 July 1991 (1991-07-23) the whole document ----- -/-	1-13
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
10 May 2016		17/05/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Zsigmond, Zoltán

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/050430

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 520 698 A2 (SHINKO PANTEC CO LTD [JP]) 30 December 1992 (1992-12-30) the whole document	1-13
A	----- PHAM-ANH TUAN ET AL: "Sewage Sludge Electro-Dewatering Treatment?A Review", DRYING TECHNOLOGY, TAYLOR & FRANCIS, PHILADELPHIA, PA, US, vol. 30, no. 5/8, 1 April 2012 (2012-04-01), pages 691-706, XP001575144, ISSN: 0737-3937, DOI: 10.1080/07373937.2012.654874 [retrieved on 2012-04-18] the whole document -----	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/050430

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CN 104098250	A	15-10-2014	NONE
JP 5593786	B2	24-09-2014	JP 5593786 B2 24-09-2014
		JP 2011212523 A	27-10-2011
US 5034111	A	23-07-1991	DE 68910504 D1 09-12-1993
		DE 68910504 T2	24-02-1994
		EP 0384081 A2	29-08-1990
		US 5034111 A	23-07-1991
EP 0520698	A2	30-12-1992	DE 69212731 D1 19-09-1996
		DE 69212731 T2	05-12-1996
		EP 0520698 A2	30-12-1992
		JP H054100 A	14-01-1993
		JP 2716600 B2	18-02-1998
		SG 44588 A1	19-12-1997
		US 5279718 A	18-01-1994

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050430

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C02F1/00 C02F1/52 C02F1/56 C02F11/00 C02F11/12 C02F11/14 C02F1/461 C02F1/469 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C02F B30B F26B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	CN 104 098 250 A (BEIJING YIWEIDEMAN SCIENCE AND TECHNOLOGY DEV CO LTD; UNIV HUAZHONG SC) 15 octobre 2014 (2014-10-15) alinéa [0010] - alinéa [0019] alinéa [0021] - alinéa [0027] alinéa [0031] - alinéa [0033] alinéa [0045] - alinéa [0053] revendications 1-3 -----	1-13
X	JP 5 593786 B2 (KURITA WATER IND LTD) 24 septembre 2014 (2014-09-24) alinéa [0001] - alinéa [0004] alinéa [0008] - alinéa [0016] alinéa [0028] - alinéa [0034] -----	1-13
A	US 5 034 111 A (KONDO SHIRO [JP] ET AL) 23 juillet 1991 (1991-07-23) le document en entier ----- -/-	1-13
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 10 mai 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 17/05/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Zsigmond, Zoltán

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 520 698 A2 (SHINKO PANTEC CO LTD [JP]) 30 décembre 1992 (1992-12-30) le document en entier -----	1-13
A	PHAM-ANH TUAN ET AL: "Sewage Sludge Electro-Dewatering Treatment?A Review", DRYING TECHNOLOGY, TAYLOR & FRANCIS, PHILADELPHIA, PA, US, vol. 30, no. 5/8, 1 avril 2012 (2012-04-01), pages 691-706, XP001575144, ISSN: 0737-3937, DOI: 10.1080/07373937.2012.654874 [extrait le 2012-04-18] le document en entier -----	1-13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050430

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 104098250	A	15-10-2014	AUCUN	
JP 5593786	B2	24-09-2014	JP 5593786 B2	24-09-2014
			JP 2011212523 A	27-10-2011
US 5034111	A	23-07-1991	DE 68910504 D1	09-12-1993
			DE 68910504 T2	24-02-1994
			EP 0384081 A2	29-08-1990
			US 5034111 A	23-07-1991
EP 0520698	A2	30-12-1992	DE 69212731 D1	19-09-1996
			DE 69212731 T2	05-12-1996
			EP 0520698 A2	30-12-1992
			JP H054100 A	14-01-1993
			JP 2716600 B2	18-02-1998
			SG 44588 A1	19-12-1997
			US 5279718 A	18-01-1994