Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2611292 A1 2006/12/07

(21) 2 611 292

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) A1

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2006/06/02
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2006/12/07
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2007/11/30
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: CA 2006/000912
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2006/128305
(30) Priorité/Priority: 2005/06/02 (US60/686,396)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C02F 11/16* (2006.01),
C05F 5/00 (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT INC. (IRDA), CA

(72) Inventeurs/Inventors:
CHABOT, ROCK, CA;
DOUHERET, JOCELYN, CA;
DUTIL, CAMIL, CA;
ZEGAN, DAN, CA

(74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME DE FABRICATION DE BIOFERTILISANTS
(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF BIOFERTILISERS

(57) Abrégé/Abstract:
L'invention concerne une méthode et un système de production de biofertilisants, à partir de boues stabilisées, séchés et riches en matières fertilisantes en provenance de procédé de traitement d'effluents à forte charge. Cette solution peut être intégrée à une installation déjà existante de traitement d'effluents organiques industriels, municipaux ou agricoles (100), et elle est basée sur la récupération de l'énergie thermique dégagée pendant les étapes de traitement d'un tel système par les bioréacteurs (120), les unités de surpression d'air (122), les unités de bioséchage (500) et de séchage (600), et autres unités. Cette récupération d'énergie créée une synergie permettant l'augmentation de l'efficacité et du rendement des bioréacteurs (120) suite à une plus grande stabilité provenant de la régulation de la température, assurant ainsi une importante économie d'énergie pour l'étape finale de séchage dans la production des biofertilisants.

(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
7 décembre 2006 (07.12.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/128305 A1

(51) Classification internationale des brevets :
C02F 11/16 (2006.01) *C05F 5/00* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/CA2006/000912

(22) Date de dépôt international : 2 juin 2006 (02.06.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
60/686,396 2 juin 2005 (02.06.2005) US

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **ENVIROGAIN INC.** [CA/CA]; Bureau 220, 1112 boul. de la Rive Sud, Saint-Romuald, Québec G6W 5M6 (CA).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **DUTIL, Camil** [CA/CA]; 4884-G, des Halliers, Saint-Augustin-de-Desmaures, Québec G3A 1A6 (CA). **ZEGAN, Dan** [CA/CA]; 559 rue Cocteau, Charlesbourg, Québec G1H 7E2 (CA). **DOUHÉRET, Jocelyn** [CA/CA]; 281, rue de la Seine, Saint-Nicolas, Québec G7A 1T8 (CA). **CHABOT, Rock** [CA/CA]; 203, des Chouettes, St-Lambert-de-Lauzon, Québec G0S 2W0 (CA).

(74) Mandataire : **OGILVY RENAULT, LLP / S.E.N.C.R.L., s.r.l.**; Suite 1600, 1981 McGill College Avenue, Montreal, Québec H3A 2Y3 (CA).

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

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF BIOFERTILISERS

(54) **Titre :** PROCEDE ET SYSTEME DE FABRICATION DE BIOFERTILISANTS

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and system for the production of biofertilisers from dried, stabilised sludge that is rich in fertiliser materials, originating from a method for the treatment of highly-loaded effluents. The inventive solution can be integrated into an existing facility for the treatment of organic industrial, municipal or agricultural effluents (100). The invention is based on the recovery of the heat energy released during the treatment steps in one such system by the bioreactors (120), the air supercharger units (122), the biodrying (500) and drying (600) units and other units. Said energy recovery creates a synergism which increases the efficiency and performance of the bioreactors (120) following increased stability resulting from the regulation of the temperature, thereby generating a significant energy saving during the final drying step in the production of biofertilisers.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne une méthode et un système de production de biofertilisants, à partir de boues stabilisées, séchés et riches en matières fertilisantes en provenance de procédé de traitement d'effluents à forte charge. Cette solution peut être intégrée à une installation déjà existante de traitement d'effluents organiques industriels, municipaux ou agricoles (100), et elle est basée sur la récupération de l'énergie thermique dégagée pendant les étapes de traitement d'un tel système par les bioréacteurs (120), les unités de surpression d'air (122), les unités de bioséchage (500) et de séchage (600), et autres unités. Cette récupération d'énergie créée une synergie permettant l'augmentation de l'efficacité et du rendement des bioréacteurs (120) suite à une plus grande stabilité provenant de la régulation de la température, assurant ainsi une importante économie d'énergie pour l'étape finale de séchage dans la production des biofertilisants.

WO 2006/128305 A1

PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE FABRICATION DE BIOFERTILISANTS

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne le domaine du traitement d'effluents ou de boues à forte charge dans le but de les transformer en engrais dit «biofertilisant» à forte teneur en éléments nutritifs et en matières organiques stabilisées. La méthode et le système proposés par cette invention exploitent la récupération de l'énergie thermique produite à différentes étapes du traitement de ces effluents pour la transférer au séchage final du produit. Le système proposé peut agir en synergie avec un système de traitement d'effluents à forte charge déjà existant, en utilisant les boues et l'énergie thermique produite par le système existant tout en en régulant son fonctionnement.

Technique Antérieure

[0002] Le développement des technologies de traitement des effluents organiques de diverses origines (municipale, industrielle ou agricole) a été longtemps uniquement destiné à résoudre la question importante du traitement efficace de la partie liquide de l'effluent. Cette approche génère toutefois un autre problème, soit la production d'importants volumes de boues dont la gestion est complexe et coûteuse. Plus la charge organique de l'effluent traité est élevée, plus les volumes de boues générés sont importants. Des technologies de plus en plus perfectionnées basées sur des traitements biologiques, électrochimiques, membranaires et autres, sont capables de produire des liquides de plus en plus purs, et donc en produisant des quantités de boues de plus en plus concentrées en matières. Présentement, ce domaine fait face à d'importantes et croissantes contraintes reliées à la protection de l'environnement, à l'économie et à la consommation énergétique. Il devient donc nécessaire d'exploiter le potentiel que représente la production de ces matières concentrées, généralement riches en éléments fertilisants lorsque les traitements sont appliqués à des effluents organiques fortement chargés. La gestion de ces boues doit aujourd'hui être réalisée en considérant de multiples aspects d'ordre technologique, environnemental, énergétique et économique. Leur traitement devrait ainsi être destinés à

assurer la production de matériel à valeur ajoutée possédant un contenu élevé en matières fertilisantes et en matières organiques stabilisées.

[0003] Les boues de diverses origines (boues primaires, boues secondaires ou biologiques, boues tertiaires, boues physico-chimiques) provenant des diverses installations de traitement sont caractérisées par un taux d'humidité souvent très élevé, une charge polluante organique très importante, la capacité accrue à générer des fortes odeurs et la présence de pathogènes. Ces boues doivent subir des traitements en fonction de leur destination finale (épandage, centre de stockage, valorisation matière, autres). Les boues peuvent ainsi être soumises à une très grande variété de traitements selon diverses techniques disponibles: l'épaississement, la déshydratation, le séchage, la stabilisation, le conditionnement, la désinfection, le chaulage, le compostage, la pasteurisation, l'incinération, la pyrolyse, la gazéification, etc. Souvent les traitements finaux des boues sont réalisés dans des centres de traitements spécialisés, loin des stations et des installations de traitement où elles sont produites, ce qui engendre des coûts de transport et de manutention importants.

[0004] Il existe un certain nombre de techniques de stabilisation et de séchage de biosolides agricoles, industriels et municipaux. L'objectif de la stabilisation et du séchage est de permettre la valorisation agronomique ou énergétique des biosolides afin d'en disposer ou de les éliminer selon les normes en vigueur.

[0005] Les brevets US no. 4,781,842, no. 4,902, 431, no. 5,275,733, no. 5,417,861, no. 5,435,923 et no. 5,853,450 présentent des méthodes de stabilisation des biosolides basées sur des méthodes chimiques (ajout de matériaux alcalins par exemple) suivies de traitements de séchage thermique et/ou de biostabilisation. La consommation énergétique requise par ces méthodes est très importante, les coûts de réalisation et d'exploitation sont élevés, et ces biosolides sont surtout destinés à l'incinération.

[0006] Le compostage est défini comme étant la décomposition aérobie des composants organiques d'un déchet dans des conditions contrôlées. Le compostage permet la stabilisation biologique des boues en stabilisant les composants organiques à travers des réactions exothermiques qui résultent en une déshumidification, une désinfection et une

élimination des odeurs. Les systèmes de compostage peuvent être classifiés selon trois critères: leur utilisation de l'oxygène, leur utilisation de la température et l'approche technologique utilisée. L'utilisation de l'oxygène peut être faite par aération passive ou par aération forcée. La température du système de compostage peut être réglée de manière à favoriser le compostage mésophilique ou le compostage thermophilique. Finalement, selon les solutions technologiques appliquées pour la disposition des matières organiques pendant le traitement, le compostage peut se réaliser dans des systèmes ouverts (en forme d'andain ou en tas) ou fermés (compostage mécanique). Dans les systèmes fermés, le traitement peut avoir lieu dans des contenants hermétiques alimentés en air, dans des canaux rectangulaires, dans des silos, dans des tunnels ou dans des cuves rotatives (digesteurs à tubes). Une large gamme de méthodes et d'équipements de compostage pour des diverses applications sont connus dans l'art.

[0007] Le compostage par aération forcée est caractérisé par des températures plus élevées, l'élimination plus rapide des odeurs nuisibles et une durée de traitement plus courte que le compostage par aération passive. Le compostage mésophile se réalise à des températures comprises entre 15 et 40°C tandis que le compostage thermophile atteint des températures comprises entre 45 et 70°C, ce qui assure la destruction efficace des organismes pathogènes.

[0008] Pour assurer la stabilisation complète, il est souvent nécessaire de faire suivre la phase de compostage par une phase de curage (maturation). Un compostage complet réalisé dans les règles de l'art se caractérise souvent par 3 phases distinctes, soient 1) l'augmentation de la température, généralement durant 1 à 5 jours ; 2) la phase thermophile, durant quelques jours à quelques semaines et 3) la maturation, durant plusieurs mois. La longue phase de maturation qui résulte en une stabilisation complète peux être substituée par un séchage thermique très rapide.

[0009] Les brevets U.S. no. 2,954,285, no. 3,438,470 et no. 4,436,817, no. 4,255,389, no. 6,065,224 présentent des méthodes de compostage aérobie réalisées en continu avec plusieurs zones traitement dans le même appareil ou, selon les brevet U.S. no. 4,956,002 et

no. 6,524,848, en utilisant des appareils différents avec la possibilité de récupération de l'énergie thermique dégagée pendant le compostage.

[0010] Le brevet U.S. no. 4,659,472 propose une méthode de compostage rapide en mélangeant un polymère avec le matériel à stabiliser. Le brevet U.S. no. 4,392,881 enseigne une méthode de compostage en 2 étapes successives de stabilisation biologique (d'une durée d'environ 14 jours chacune), la première se déroulant en aération continue et la seconde en aération discontinue. Le brevet U.S. no. 5,558,686 propose l'utilisation d'additifs pour améliorer la porosité du matériel et faciliter ainsi le compostage.

[0011] Selon d'autres procédés connus, il est également possible de produire des biofertilisants à partir de fumier par une étape de stabilisation biologique suivie d'un séchage thermique dans un seul appareil (brevets U.S. no. 2,660,809, no 4,909, 825, no. 6,560,895). Également, des procédés de stabilisation et de séchage des biosolides peuvent être intégrés aux stations de traitements des effluents organiques (brevets U.S. no. 6,692,642, no. 6,497,741 B2 et no 6,846,343 B2), mais selon des schéma très complexes, Ces derniers procédés sont de plus caractérisés par une grande consommation d'énergie et par des coûts importants reliés à la réalisation et à l'exploitation.

[0012] Le séchage qui est parfois utilisé comme étape finale de traitement après le compostage est une étape fortement énergivore. Le besoin thermique nécessaire pour déshydrater les boues est d'autant plus important que leur siccité est faible. Les techniques de séchage thermique utilisent des sources externes d'énergie, tels que le gaz naturel et l'électricité, avec des séchoirs qui fonctionnent à hautes températures. Ces séchoirs peuvent être de type indirect : comme des sécheurs à palettes (Buss-Rovactor, GMF, List), sécheurs à disques (Atlas, KHD, Kvaerner, MSE, Procalex, SIL, Stord), tambours rotatif (Andritz, Comesa, Elino, Mannesman, Maguin, Mitchell Lödige), sécheurs à couche mince (Buss DAS, Duprat, GEA Canzler, GMF), sécheurs avec deshydratation mécanique et séchage indirect (Bertrams, Ashbrook,) sécheurs multi-étages à plateaux chauffés, sécheurs sous vide (Lödige) sécheurs radiatif (Hytech); ou encore des séchoirs de type direct : comme des tambours rotatifs (Andritz, Comesa, KHD, Maurer Söhne, Promeca, Swiss Combi, Vadeb), sécheurs à bande (Mabarex, Sevar, STC, sécheurs à transport

pneumatique Andritz, Bar Rosin), sécheurs utilisant l'énergie solaire, sécheurs par injection directe de gaz chaud, etc.. Il existe aussi des sécheurs mixtes de type conductif-convectif (Alpha-Vomm, Commesa, Va Tech Nabag) ou de type radiatif-convectif (Nesa).

[0013] Ces méthodes et techniques de séchage des biosolides sont de très grandes consommatrices d'énergie (généralement de 1000 à 1500 kWh sont nécessaires pour évaporer une tonne d'eau) et les coûts d'opération sont très élevés. Les coûts d'énergie et d'opération représentent environ 150 à 300 $ par tonne sèche, ce qui limite l'utilisation de ces technologies aux endroits où les coûts d'enfouissement sont très élevés. Habituellement, ces technologies utilisent le séchage à haute température, ce qui détruit une grande partie de la microflore bénéfique tout en réduisant certaines propriétés bioactives des biofertilisants, diminuant ainsi leur valeur commerciale.

[0014] Afin d'améliorer l'efficacité énergétique des traitements de stabilisation par séchage, la récupération de l'énergie thermique générée par la phase thermophile du compostage aérobie a été proposée. Toutefois, à elle seule, cette récupération ne suffit pas à combler les besoins en séchage.

[0015] Sont également connus des procédés proposant une valorisation énergétique des biosolides par traitement anaérobie ou par gazéification, comme par exemple les solutions enseignées dans les brevets US no. 6,423,532 B1 et no. 6,171,499 B1. Ces techniques présentent surtout un intérêt pour des produits non nobles pour l'agriculture puisque la valeur commerciale de la filière agronomique des produits riches en matières fertilisantes est supérieure à celle de la filière énergétique. Les produits non nobles sont ceux qui, entre autres, ne respectent pas les critères de valorisation en raison notamment d'un contenu trop élevé en métaux lourds ou autres contaminants. Pour des produits nobles, tels que les boues de fumiers, lisiers et plusieurs autres d'origines agroalimentaires, forestières ou papetières, la valorisation sous forme de biofertilisants séchés constitue une avenue plus rentable. Le principal obstacle pour la production des biofertilisants séchés est le coût énergétique nécessaire à la réalisation du séchage et les frais de manutention du produit qui est séché dans une usine éloignée.

[0016] Considérant l'état de l'art décrit ci-dessus, il est clair qu'il y a toujours un grand besoin d'une méthode et d'un système permettant la transformation efficace, stable et moins exigeante en énergie thermique d'effluents ou de boues à fortes charges en matières solides ayant des propriétés fertilisantes.

EXPOSÉ SOMMAIRE DE L'INVENTION

[0017] Une des réalisation de la présente invention est une méthode de transformation d'un effluent à forte charge en biofertilisant séché comprenant les étapes de:

a) traiter de manière exothermique et aérobie l'effluent de forte charge jusqu'à l'obtention d'une boue au moins partiellement stabilisée;
b) mélanger la boue au moins partiellement stabilisée avec une autre boue au moins partiellement stabilisée de manière à obtenir un pourcentage de matières sèches compris entre environ 25 et 50% dans le mélange de boues;
c) sécher par bioséchage exothermique le mélange de boues à une température comprise entre environ 50 et 75°C, pour une durée suffisante à l'obtention d'un biofertilisant stabilisé;
d) récupérer l'énergie thermique dégagée par au moins une des étapes a) et c) pour la diriger vers une unité de séchage; et
e) sécher le biofertilisant stabilisé de l'étape c) dans l'unité de séchage par application de l'énergie thermique récupérée à l'étape d) jusqu'à l'obtention d'un biofertilisant séché ayant un taux d'humidité de moins de 30 %.

[0018] Une réalisation additionnelle de la présente invention est un système de transformation d'un effluent à forte charge en biofertilisant séché comprenant:

i. un moyen de traitement exothermique et aérobie d'un effluent à forte charge permettant l'obtention d'une boue au moins partiellement stabilisée;
ii. un moyen de mélange de boue au moins partiellement stabilisée permettant l'obtention d'un mélange de boues, ledit moyen étant muni d'un système de dosage permettant l'ajustement à une valeur

désirée d'un paramètre comprenant le pourcentage de matières sèches et le degré de porosité du mélange de boues;

iii. un moyen de bioséchage permettant une réaction exothermique du mélange de boues jusqu'à l'obtention d'un biofertilisant stabilisé;

iv. un moyen de transfert d'énergie thermique permettant de récupérer l'énergie thermique dégagée par au moins un des moyens du groupe comprenant le moyen de traitement exothermique et aérobie d'un effluent à forte charge, le moyen de récupération de boue, le moyen de mélange de boue, et le moyen de bioséchage; et

v. un moyen de séchage alimenté en énergie thermique par ledit moyen de transfert d'énergie thermique.

[0019] Le système de la présente invention peut être réalisé de manière indépendante à des systèmes et installations déjà existantes, mais peut également être réalisé en ajoutant un ou plusieurs des moyens suivants à un système ou une installation déjà existante; moyen de traitement exothermique et aérobie d'un effluent à forte charge, moyen de mélange de boue, moyen de bioséchage, moyen de transfert d'énergie thermique et moyen de séchage. L'ajout de ces moyens, sous forme de modules, permet la formation d'une synergie entre les systèmes et installations déjà existantes et les moyens ajoutés, de façon à ce que le rendement des systèmes et installations déjà existantes est grandement amélioré. Cette synergie est basée sur la récupération énergétique, la régulation de température des bioréacteurs et la performance économique basée sur l'économie d'énergie et la réduction de la manutention et du transport nécessaires.

[0020] En accord avec les réalisations préférentielles de la présente invention, les termes et expressions suivantes doivent être interprétés de la manière ci-après définie.

[0021] Le terme « effluent à forte charge », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant un déchet liquide contenant au moins 5000 mg/L de matières en suspension. Un effluent à forte charge peut résulter, par exemple, des opérations d'une industrie papetière, d'une ferme d'élevage (porcine, bovine, aviaire, etc.),

d'un abattoir, ou de toute autre industrie similaire. Un traitement de séparation permet de séparer un effluent à forte charge en un liquide épuré ou partiellement épuré et une boue. Cette boue représente un concentré des matières en suspensions de l'effluent à forte charge.

[0022] Les termes « boue primaire », « boue secondaire » et « boue tertiaire », tels qu'utilisés dans la présente demande, doivent être interprétés comme étant des boues provenant d'un effluent à forte charge ayant respectivement subit une, deux et trois étapes de traitement de séparation. Le terme « mélange de boues », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant un mélange d'une boue primaire, d'une boue secondaire ou d'une boue tertiaire, avec au moins l'un des éléments du groupe comprenant une boue primaire, une boue secondaire, une boue tertiaire, une boue au moins partiellement stabilisée, un biofertilisant stabilisé et un biofertilisant séché, de manière à modifier les paramètre de porosité, de densité de matières sèches, de taux d'humidité, ou de température interne d'au moins un des éléments compris dans le mélange. Le mélange de boue peut contenir plus de 60% de biofertilisant séché ou de biofertilisant stabilisé.

[0023] Le terme « boue au moins partiellement stabilisée », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant une boue ou un mélange de boues qui a subi un traitement ayant au moins partiellement réduit la population de microorganismes pathogènes et les odeurs présentes dans la boue ou le mélange de boues non-traité. De manière préférentielle, la population de microorganismes pathogènes et les odeurs ont été éliminés de manière complète. Selon un des objets de la présente demande, un tel traitement est exothermique, c'est-à-dire qu'il dégage de l'énergie thermique, et aérobie, c'est-à-dire qu'il se déroule en présence d'oxygène.

[0024] Le terme « biofertilisant stabilisé », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant le produit d'un traitement de bioséchage exothermique ou de compostage. Le terme « bioséchage exothermique », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme signifiant un traitement de séchage

dégageant une énergie thermique provenant de la réaction biologique de l'étape thermophile du compostage. Le terme « biofertilisant séché », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant le produit du séchage d'un biofertilisant stabilisé, lequel séchage requérant un apport en énergie thermique. Selon un des objets de la présente demande, le biofertilisant séché est un engrais à forte teneur en éléments nutritifs, en matières organiques et minérales et présentant des propriétés bioactives lui conférant une valeur commerciale.

[0025] Le terme « énergie thermique », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant la chaleur pouvant être émise par un substrat (boue, mélange de boues, biofertilisant stabilisé, biofertilisant séché), par une réaction exothermique à laquelle est soumise un substrat, par le fonctionnement d'un appareil mécanique, ou par un échangeur thermique. Par exemple, l'énergie thermique peut être les gaz évacués par un moyen de bioséchage, la chaleur émise par le mélange de boues lui-même, la chaleur de l'équipement d'aération du moyen de bioséchage, et la chaleur de l'air à la sortie de l'unité de séchage. Le terme « échangeur thermique », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant tout appareil pouvant générer, récupérer ou rediriger une énergie thermique. À titre d'exemple, tout appareil permettant de réchauffer de l'air par un échange de chaleur air-air ou liquide-air est considéré comme un échangeur thermique selon l'interprétation qui doit être faite de ce terme dans la présente demande.

[0026] L'expression « réalisation en continu », telle qu'utilisée dans la présente demande, doit être interprétée comme s'appliquant à une méthode dont les étapes sont réalisées de manière continue, sans interruption, de façon à ce qu'aucune étape n'entrave ou ne retarde la réalisation de l'étape suivante ou précédente. Un système fonctionnant « en continu » doit être interprété comme un système fonctionnant sans interruption, de façon à ce qu'aucun des éléments composant ce système n'entrave ou ne retarde le fonctionnement des autres éléments. À cette fin, des trémies, ou autres systèmes permettant de tamponner les débits entre deux étapes, peuvent être utilisés pour faciliter le fonctionnement sans interruption du procédé.

[0027] Les termes « biofiltre » et « moyen de filtration », tels qu'utilisés dans la présente demande, doivent être interprétés comme représentant un système qui permet la purification de liquide ou d'air circulant à travers de ce système. La purification d'air ou de liquide peut être une diminution partielle ou totale des microorganismes pathogènes, des odeurs ou de la quantité de poussière contenue dans le liquide ou l'air.

[0028] Le terme « système d'énergie d'appoint », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant un système produisant une énergie et dont la présence n'est pas essentielle au fonctionnement de la méthode ou du système de la présente demande, et dont l'utilisation est épisodique parce qu'il est utilisé comme système de sécurité pour permettre de poursuivre le séchage en cas de bris d'une composante normale du procédé ou lors de conditions climatiques extrêmes. Un tel système d'énergie d'appoint peut être, à titre d'exemple, un système utilisant de l'énergie solaire, un système électrique, un système au gaz, une thermopompe, ou tout système permettant de générer de l'énergie thermique.

[0029] Le terme « moyen de traitement exothermique et aérobie », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant tout système permettant une réaction exothermique et aérobie, qu'elle soit passive ou active, d'un substrat qui y est placé, comme par exemple, mais de manière non-limitative, un bioréacteur utilisé dans une étape de compostage d'un déchet organique.

[0030] Le terme « moyen de mélange de boue », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant tout système de mélange qui peut adéquatement mélanger une boue et au moins un des éléments du groupe comprenant une boue primaire, une boue secondaire, une boue tertiaire, une boue au moins partiellement stabilisée, un biofertilisant stabilisé et un biofertilisant séché. Le moyen de mélange de boue peut comprendre un système de dosage. Le terme « système de dosage », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant un système permettant le mélange dans des proportions adéquates des composantes du mélange de boues. Un tel système peut comprendre, ou non, un système additionnel de détection d'un

paramètre particulier, comme le taux d'humidité, la porosité, la densité de matières sèches, ou la température interne, lequel système de détection communique avec le système de dosage afin d'ajuster la concentration d'une composante particulière du mélange de boues afin d'obtenir les propriétés désirées dans le mélange de boues.

[0031] Le terme « moyen de bioséchage », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant toute système adéquat pour permettre le séchage ou le compostage d'un mélange de boues. De manière préférentielle, le moyen de bioséchage permet de mettre à profit l'important dégagement d'énergie thermique de la phase thermophile du compostage. Un tel moyen de bioséchage peut être, de manière non-limitative, un système vertical, un système horizontal, une cuve rotative ou un silo couloire, auquel s'ajoute au besoin un système d'injection ou d'aspiration d'air pour l'oxygénation forcée du mélange de boues pendant le traitement et la récupération de l'énergie thermique. Additionnellement, le moyen de bioséchage peut comprendre un système d'agitation mécanique pouvant homogénéiser le mélange de boues.

[0032] Le terme « moyen de transfert d'énergie thermique », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant un système de circulation d'air ou de liquide, par des thermopompes ou par tout autre système de transfert thermique, qui permet la récupération de l'énergie thermique générée par un ou plusieurs composantes du système de la présente invention, et la redistribution de l'énergie thermique vers un ou plusieurs composantes du système de la présente invention.

[0033] Les termes « unité de séchage » et « moyen de séchage », tels qu'utilisés dans la présente demande, doivent être interprétés comme représentant un système de séchage à basse température de type vertical ou horizontal. Le séchage utilise l'énergie thermique dégagée par la méthode ou le système de la présente invention et qui est récupérée par un moyen de transfert d'énergie thermique.

[0034] Le terme « moyen d'agitation », tel qu'utilisé dans la présente demande, doit être interprété comme représentant tout mécanisme d'agitation qui peut être utilisé pour

homogénéiser le mélange de boues, incluant, mais n'étant pas limité à, une agitation mécanique, un tambour rotatif, une granulation, une extrusion, une agglomération, un moulage, et la gravité. Le terme « moyen d'aération » tel qu'utilisé dans la présente demande doit être interprété comme représentant tout mécanisme permettant l'aération du mélange de boues, comme par exemple un système de surpression ou d'aspiration, ou encore un mécanisme de convection naturelle.

BRÈVE DESCRIPTION DE LA FIGURE

[0035] Fig. 1 illustre un système schématisé de transformation d'effluents à forte charge en matière solide séchée selon une des réalisation préférées de la présente invention.

RÉALISATIONS DE L'INVENTION

[0036] La présente invention sera maintenant décrite dans son entier avec références à des documents scientifiques ou à des figures, à partir desquelles les réalisations préférentielles de la présente invention sont démontrées. Cette invention peut cependant, inclure différentes variantes ou formes qui ne devraient pas être interprétées comme étant limitées aux réalisations telles que présentées ici. Les différentes réalisations sont présentées dans la description suivante pour illustrer la portée de la présente invention à la personne de l'art.

[0037] L'invention propose une méthode économique de production de biofertilisants, soient des biosolides stabilisés, séchés et riches en matières fertilisantes. Cette solution s'intègre aux installations de traitement des effluents organiques industriels et agricoles et elle est basée sur la récupération de l'énergie thermique dégagée par les équipements de ces stations (bioréacteurs de type boues activées, unités de surpression d'air, biofiltres, etc.), et par les unités de compostage, de bioséchage, de séchage et autres unités. Plus particulièrement la méthode peut s'appliquer pour la stabilisation et le séchage des boues primaires et/ou secondaires et/ou tertiaires générées par les installations de traitement des effluents organiques de plusieurs industries (papetières, fermes porcines, fermes laitières,

abattoirs). La présente méthode peut également s'appliquer au traitement de tout autre effluent organique à forte charge générant de grandes quantités de boues biologiques. Selon cette méthode, il est possible de produire un biofertilisant à haute valeur ajoutée grâce au bioséchage qui stimule les propriétés biologiques et bioactives du produit, et au séchage à basse température, qui permet au produit de conserver ses propriétés.

[0038] En accord avec la **Fig.1**, des boues primaires **S1** et des boues secondaires **S2**, produites par des traitements successifs de purification d'un effluent organique **LE** dans une installation de traitement **100**, sont récupérées par un dispositif de mélange et de dosage des boues **200**. Elles sont ensuite dirigées vers un biosécheur **500** pour un premier traitement de stabilisation biologique, d'où elles seront ensuite transférées vers un sécheur thermique à air **600**.

[0039] Les boues primaires **S1** résultent d'une étape primaire de séparation solide-liquide, réalisée par des séparateurs **110**. Ces séparateurs peuvent être de type presse-à-vis, décanteur centrifuge, tamis (rotatifs, inclinés, vibrants, etc.), ou tout autre séparateur connu dans l'art. Les boues secondaires **S2** résultent d'une décantation gravitationnelle à la suite d'un traitement aérobie de type nitrification-dénitrification dans un bioréacteur **120** muni d'un système d'aération **121** alimenté en air frais **AF** par des surpresseurs **122**. Il est également possible d'utiliser des boues secondaires **S2** extraites par une séparation solide-liquide en utilisant des bassins de décantation **130** ou des systèmes mécaniques **140** de type presse à bandes, tambours sous vide, décanteurs centrifuges ou autres. La partie liquide de l'effluent est traitée selon les méthodes actuelles de traitement, par exemple en étant soumise à une étape d'épuration dans un biofiltre **150** et une étape de polissage dans des équipements **160** de type électrochimique, membranaires ou autres, afin d'obtenir un liquide épuré **LS** à la sortie du système. L'obtention d'un liquide épuré **LS** peut générer des boues tertiaires **S3** qui peuvent être récupérées et dirigées vers le dispositif **200**. Les boues primaires **S1**, les boues secondaires (biologiques) **S2**, et les boues tertiaires **S3** le cas échéant, sont mélangées dans le dispositif **200** pour produire une boue mixte caractérisée par un taux de matières sèches compris idéalement entre 20 et 30 %, mais pouvant varier dans l'intervalle de 10 à 40 %. Une recirculation des biofertilisants stabilisés **SS** ou des biofertilisants séchés **SR**, assurera l'obtention d'un mélange final de boues mixtes dans des proportions adéquates de matières sèches. Des telles proportions peuvent représenter,

par exemple, de 25 à 40% de matières sèches à l'intérieur du mélange final de boues mixtes. Un dispositif **310** permet le transfert des boues en continu ou en séquence vers le système de stabilisation par bioséchage **500**, en ajoutant périodiquement une quantité de boues égale à la quantité extraite.

[0040] Le bioséchage est réalisé selon une méthode utilisant la phase thermophile du compostage, avec un temps de rétention relativement court, préférablement compris entre 3 et 9 jours, mais pouvant varier de 3 à 20 jours. Le procédé est caractérisé par une réaction exothermique à des températures d'environ 60 à 70°C, mais pouvant varier entre 50 et 75°C. Préférablement, le système de bioséchage est de type fermé et isolé, et peut être de type vertical ou horizontal, ou encore de type cuve rotative, muni de moyens d'aération **510** alimentés en air frais **AF** par des ventilateurs **432**. L'air frais qui provient de l'extérieur peut être préchauffé au besoin. Des moyens d'agitation mécanique (non-représentés) assurent au besoin l'homogénéisation des matériaux organiques pendant le traitement. Le traitement assure la stabilisation de la charge organique, l'enlèvement des odeurs et la destruction des pathogènes tout en assurant l'évacuation de l'humidité des boues pour atteindre un taux de matières sèches d'au moins 35 à 45 %, préférablement au-delà de 50 %, et pouvant aller jusqu'à 75%.

[0041] L'air frais **AF** insufflé dans le biosécheur **500** assure l'oxygénation adéquate du matériel et permet l'évacuation de l'humidité, des gaz de réaction et de l'énergie thermique sous la forme d'un mélange gazeux **AC**. Ce mélange **AC** est dirigé vers un dispositif de captage **410**, qui permet le mélange des gaz chauds récupérés des autres équipements de la station de traitement, comme par exemple l'air chaud **AC** provenant du bioréacteur **120** et les gaz chauds **AC** à la sortie de sécheur **600**. Ces gaz sont ensuite dirigés vers un échangeur thermique **420** qui permet de préchauffer l'air frais **AF** insufflé par les ventilateurs **431**, puis vers le biofiltre **150** pour un traitement final de purification avant leur rejet dans l'atmosphère **AT**. Selon une autre variante de réalisation le mélange gazeux **AC** sortant du sécheur peut être dirigé directement vers le biofiltre **150**. Une partie de l'énergie thermique de réaction dégagée pendant la phase thermophile dans le réacteur **500** est récupérée par l'air frais **AF** qui à été préalablement préchauffé dans l'échangeur thermique **420,** en le faisant circuler, par exemple, dans la paroi double du réacteur **500** ou par l'entremise de tout autre type d'échangeur thermique pouvant accomplir cette fonction

(non-représenté), avant d'être insufflé par des ventilateurs **433** dans le sécheur de boues **600.** Le transfert des boues du réacteur **500** vers le sécheur **600** est réalisé en continu ou en séquence par un dispositif **320** qui assure préférablement le conditionnement des boues en améliorant la porosité du matériel selon des techniques connues avant l'entrée du matériel dans la zone de séchage . Une partie du matériel stabilisé **SS**, à la sortie du réacteur **500,** est recirculée vers le dispositif **200** et mélangée au nouveau matériel afin d'améliorer ses propriétés physiques et d'accroître ainsi ses performances du bioséchage. Le débit d'air chaud provenant du ventilateur **433** assure le séchage direct des boues dans le sécheur **600** en déshydratant les boues jusqu'à un niveau d'au moins 70 à 80 % de matières sèches, préférablement au-delà de 85 %, et allant jusqu'à 90% de matières sèches. Un système d'énergie d'appoint **700**, préférablement renouvelable (énergie solaire) ou récupérée, est disponible pour satisfaire à une demande supplémentaire en énergie causée, par exemple, par des facteurs météorologiques extrêmes : humidité élevée pendant l'été ou froid intense pendant l'hiver. Selon un autre exemple de réalisation de l'invention, l'apport d'énergie d'appoint peut se réaliser à l'aide d'un échangeur thermique récupérateur ou d'un système de thermopompe. À la sortie du système de traitement, un biosolide stabilisé **ST**, sec et riche en matières fertilisantes sans être débarrassé de ses propriétés biologiques et bioactives, est évacué en continu ou en séquence par un dispositif de transfert **330**. Une partie du matériel séché **SR** peut être au besoin recirculée vers le dispositif **200** ou **320** pour être réintroduite dans le circuit de traitement afin d'améliorer les performances du bioséchage et du séchage sans l'ajout d'additifs structurant.

[0042] La présente invention permet de remédier aux inconvénients de l'art connu en fournissant une méthode et un système de fabrication des biofertilisants intégré aux stations de traitement des effluents organiques et capable de réduire les coûts de transport, de manutention, d'énergie et d'opération. Elle est préférablement destinée aux effluents organiques à forte charge et est parfaitement adaptée à ceux provenant des déjections animales liquides, dont le lisier de porc.

[0043] Un effluent à forte charge organique se caractérise par des teneurs en matières en suspension (MES) et en matières volatiles (matières organiques) très élevées. Ces teneurs à forte charge sont généralement supérieures à 5000 mg/L de MES, mais peuvent également dépasser les 50 000 mg/L dans le cas des lisiers issus des déjections animales

par exemple. De plus, certains types de bioréacteurs comme les bioréacteurs à membranes immergées, concentrent les MES au-delà des 10 000 mg/L, même pour des effluents peu chargés au départ. Ces fortes concentrations organiques favorisent les réactions exothermiques et sont généralement accompagnées de concentrations variables d'éléments nutritifs et de germes pathogènes par exemple, lesquels seront éliminé au cours du processus.

[0044] La présente invention s'appuie sur la charge organique des effluents traités en bioréacteurs aérobie pour obtenir de l'énergie thermique en quantité et en qualité suffisantes pour assurer le séchage des biofertilisants. Cette énergie est déterminée par la concentration en matières organiques (matières volatiles) de l'effluent traité. Plus la charge organique de l'effluent traité est élevée, plus la quantité d'énergie nécessaire à son traitement par aération est élevée, et ainsi plus l'énergie thermique libérée par les bioréacteurs aérobies et leurs équipements périphériques (surpresseurs, biofiltres, etc.) est élevée. Cette énergie thermique est l'addition de l'énergie apportée pour l'aération à celles des réactions biologiques exothermiques.

Exemple I

[0045] Le tableau 1 présente un exemple de bilan énergétique pour une station traitant 50 m^3 de lisier de porc par jour. Sous des conditions météorologiques normales, il se produit un excédent énergétique d'environ 14 kW pour un effluent ayant une charge en MES de 5 000 mg/l à l'entrée, et un excédent énergétique de 60 kW dans le cas d'un effluent ayant une charge en MES de 20 000 mg/l à l'entrée. Dans le cas de conditions météorologiques extrêmes (-30°C, atmosphère ayant plus de 90% d'humidité), l'utilisation d'une source d'énergie d'appoint serait envisageable pour éviter une baisse de production.

Tableau 1

Potentiel énergétique du séchage final en fonction de l'effluent traité

ÉTAPE DE TRAITEMENT	CARACTÉRISTIQUES	POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE (kW)		POTENTIEL RÉCUPÉRABLE * (kW)	
		MES 5 000mg/l	MES 20 000mg/l	MES 5 000mg/l	MES 20 000mg/l
Traitement effluent à forte charge	**Bioréacteur aérobie**	58	240	23,2	96
Bioséchage	**Composteur rotatif**	37	160	14,8	64
	Total	95	400	38	160
Séchage	**Séchoir thermique**			-24	-100
	Énergie excédentaire			**14**	**60**

** le potentiel récupérable est estimé à 40 % du potentiel énergétique*

[0046] Comme la chaleur des bioréacteurs aérobies est de faible niveau de température (généralement de 20 à 35°C), l'énergie thermique produite n'a jamais fait l'objet d'études, particulièrement puisque les installations sont généralement à ciel ouvert pour réduire les coûts et que l'énergie thermique se dissipe donc dans l'atmosphère. De ce fait, l'application de la présente invention requière que les bioréacteurs soient isolés et couverts, selon les techniques de l'art, afin de conserver et de récupérer l'énergie dégagée.

[0047] L'intégration du concept de transfert d'énergie thermique des stations de traitement d'effluents à fortes charges vers l'unité de séchage permet de produire un biofertilisant séché à des coûts nettement inférieurs aux pratiques courantes. En y intégrant en plus le concept de produits à haute valeur ajoutée par la filière agronomique, les revenus escomptables permettent de réduire considérablement les coûts de gestion et d'opération de l'ensemble du procédé. La présente invention permet donc la valorisation

du véritable potentiel fertilisant et commercial des boues provenant du traitement d'effluents organiques fortement chargés, plutôt que de les éliminer par épandage (sans revenus) ou par enfouissement (à des coûts de plus en plus élevés). Les boues peuvent ainsi devenir une matière première abondante, au même titre que d'autres biomasses agricoles ou forestières. Le principe de fabrication d'un produit à haute valeur ajoutée et à faible coût de production, par la transformation des boues en biofertilisants selon la méthode du présent brevet, permet d'exploiter au maximum le potentiel des systèmes de traitement des effluents fortement chargés en les rendant économiquement plus performants et plus rentables.

REVENDICATIONS:

1. Une méthode de transformation d'un effluent à forte charge en biofertilisant séché comprenant les étapes de:

a. traiter de manière exothermique et aérobie l'effluent de forte charge jusqu'à l'obtention d'une boue au moins partiellement stabilisée;

b. mélanger la boue au moins partiellement stabilisée avec une autre boue au moins partiellement stabilisée de manière à obtenir un pourcentage de matières sèches compris entre environ 25 et 50% dans le mélange de boues;

c. sécher par bioséchage exothermique le mélange de boues à une température comprise entre environ 50 et 75°C, pour une durée suffisante à l'obtention d'un biofertilisant stabilisé;

d. récupérer l'énergie thermique dégagée par au moins une des étapes a) et c) pour la diriger vers une unité de séchage; et

e. sécher le biofertilisant stabilisé de l'étape c) dans l'unité de séchage par application de l'énergie thermique récupérée à l'étape d) jusqu'à l'obtention d'un biofertilisant séché ayant un taux d'humidité de moins de 30 %.

2. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce que le mélange de boues est composé d'une boue au moins partiellement stabilisée et d'un biofertilisant stabilisé obtenu à l'étape c) d'une réalisation précédente de la méthode.

3. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce que le mélange de boues est composé d'une boue au moins partiellement stabilisée et d'un biofertilisant séché obtenu à l'étape e) d'une réalisation précédente de la méthode.

4. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce que la réalisation de l'étape c) réduise au moins partiellement la population de microorganismes pathogènes et les odeurs présentes dans la boue ou le mélange de boues avant la réalisation de l'étape c).

5. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce que l'énergie thermique dégagée par l'étape a) est récupérée à l'étape d) est redirigée vers l'étape a) de manière à permettre une régulation de la température de ladite réaction exothermique à des valeurs comprises entre 20 et 40°C.

6. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce que le séchage de l'étape e) est réalisé à une température égale ou inférieure à 60°C.

7. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce que l'application de l'énergie thermique à l'étape e) est constante suite à la réalisation en continu de ladite méthode.

8. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce que la récupération de l'énergie thermique par l'étape d) génère de l'air vicié, ledit air vicié est filtré avant évacuation par un passage à travers un élément du groupe comprenant l'effluent à forte charge, la boue au moins partiellement stabilisée, le mélange de boues, une unité de dépoussiérage, et un biofiltre.

9. La méthode de la revendication 1, caractérisée en ce qu'au moins une des étapes de séchage c) et e) utilise l'énergie thermique provenant d'une source comprenant l'énergie thermique dégagée par l'étape a), l'énergie thermique dégagée par l'étape c), et l'énergie thermique dégagée par l'étape e).

10. La méthode de la revendication 9, caractérisée en ce que l'énergie thermique provient d'un système d'énergie d'appoint, ledit système d'énergie d'appoint comprenant un système utilisant l'énergie solaire, un système électrique, un système au gaz, une thermopompe, et un système pouvant générer une énergie thermique.

11. Un système de transformation d'un effluent à forte charge en biofertilisant séché comprenant:

i. un moyen de traitement exothermique et aérobie d'un effluent à forte charge permettant l'obtention d'une boue au moins partiellement stabilisée;

ii. un moyen de mélange de boue au moins partiellement stabilisée permettant l'obtention d'un mélange de boues, ledit moyen étant muni d'un système de dosage permettant l'ajustement à une valeur désirée d'un paramètre comprenant le pourcentage de matières sèches et le degré de porosité du mélange de boues;

iii. un moyen de bioséchage permettant une réaction exothermique du mélange de boues jusqu'à l'obtention d'un biofertilisant stabilisé;

iv. un moyen de transfert d'énergie thermique permettant de récupérer l'énergie thermique dégagée par au moins un des moyens du groupe comprenant le moyen de traitement exothermique et aérobie d'un effluent à forte charge, le moyen de récupération de boue, le moyen de mélange de boue, et le moyen de bioséchage; et

v. un moyen de séchage alimenté en énergie thermique par ledit moyen de transfert d'énergie thermique.

12. Le système de la revendication 11, caractérisé en ce que le moyen de bioséchage est muni d'un moyen d'agitation qui permet l'homogénéisation du mélange de boues.

13. Le système de la revendication 11, caractérisé en ce que le système de bioséchage est muni d'un moyen d'aération qui permet l'aération du mélange de boues.

14. Le système de la revendication 11, caractérisé en ce que l'alimentation du moyen de séchage en énergie thermique est constante suite à l'opération en continue dudit système.

15. Le système de la revendication 11, caractérisé en ce que le moyen de transfert d'énergie est un échangeur thermique ou une thermopompe.

16. Le système de la revendication 11, comprenant un système d'énergie d'appoint pouvant fournir une énergie thermique additionnelle au moyen d'un transfert d'énergie thermique.

17. Le système de la revendication 11, caractérisé en ce que le moyen de transfert d'énergie thermique génère de l'air vicié, ledit moyen de transfert d'énergie thermique comprenant un moyen de filtration dudit air vicié avant l'évacuation dudit air vicié hors du système.

18. Le système de la revendication 17, caractérisée en ce que le moyen de filtration est un système permettant le passage de l'air vicié à travers un élément du groupe comprenant l'effluent à forte charge, la boue au moins partiellement stabilisée, le mélange de boues, une unité de dépoussiérage, et un biofiltre.

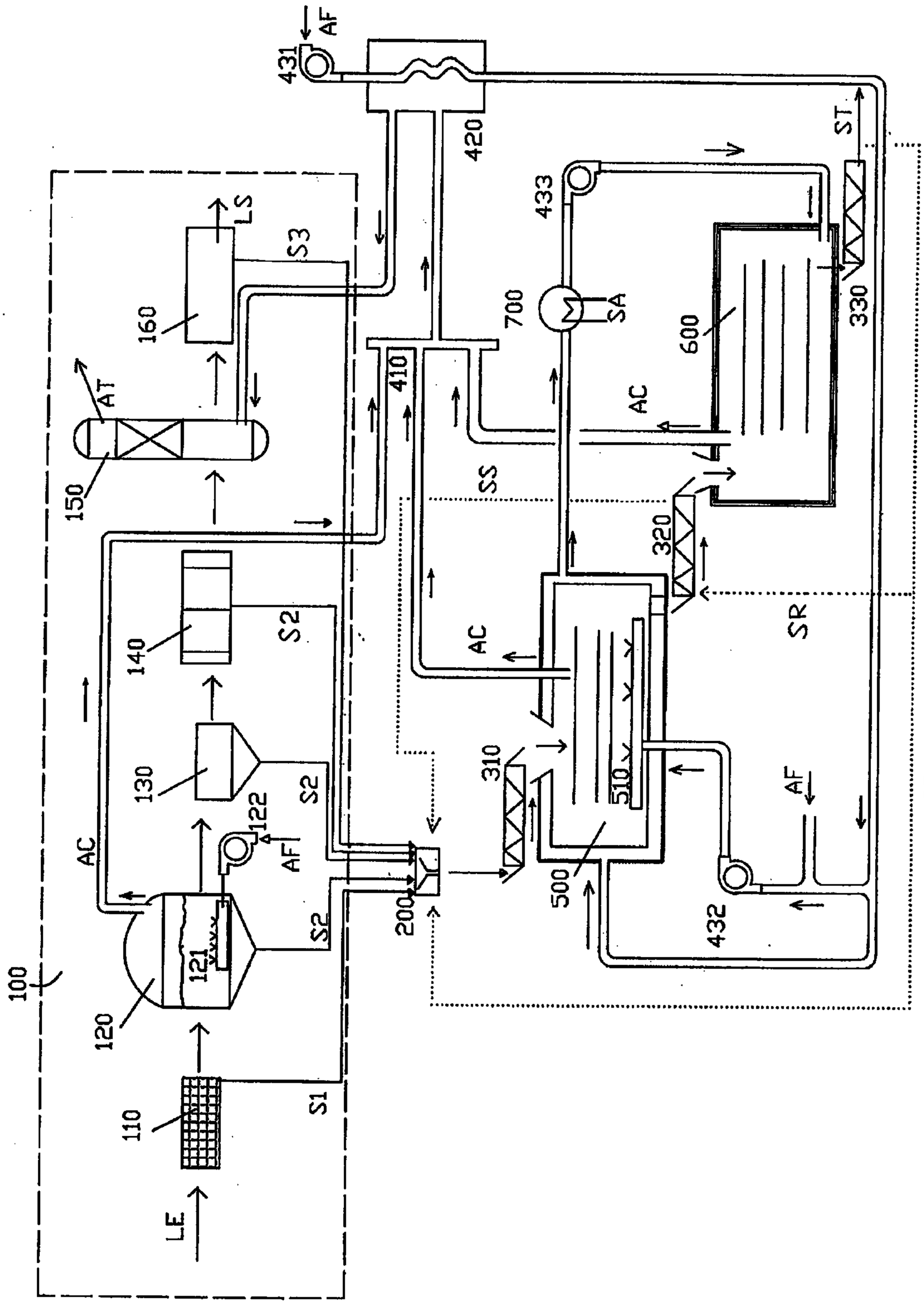

AF
431
420
ST
433
700
SA
330
600
LS
S3
160
AT
150
410
AC
SS
320
140
S2
130
122
AF
AC
121
120
200
310
510
500
432
SR
100
110
S1
LE

Fig. 1