(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
8 janvier 2004 (08.01.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/002903 A1

(51) Classification internationale des brevets[7] : C02F 3/12, 3/28, 3/30

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/001739

(22) Date de dépôt international : 11 juin 2003 (11.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/08108 28 juin 2002 (28.06.2002) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **SYNDICAT INTERDEPARTEMENTAL POUR L'ASSAINISSEMENT DE L'AGGLOMERATION PARISIENNE** [FR/FR]; 2, rue Jules César, F-75012 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **KRIER, Jean** [FR/FR]; 15, avenue du 18 avril, F-91200 Athis-Mons (FR).

(74) Mandataires : **DORESSAMY, Clarisse** etc.; Cabinet Plasseraud, 84, rue d'Amsterdam, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).

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

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

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :
— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

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 FOR TREATING AN EFFLUENT IN THREE BIOLOGICAL STEPS

(54) Titre : PROCEDE DE TRAITEMENT EN TROIS ETAPES BIOLOGIQUES D'UN EFFLUENT

(57) Abstract: The invention concerns a method for biological treatment of an effluent in order to purify it, comprising treating said effluent in a first step which consists in an anaerobic biological treatment (13), with sulphate-reducing biomass fixed on a mobile support (13), producing a first effluent, then treating the first effluent in a second which consists in an anoxic biological treatment (14), with stationary sulphur-oxidizing biomass (14), producing a second effluent, and finally treating the second effluent in a third step which consists in an aerobic biological treatment (15), with stationary nitrifying biomass, producing a third purified effluent. Said method further comprises recycling part of the effluent present in the third step to the second step. The biomass present in the first step comprises sulphate-reducing bacteria, the biomass present in the second step comprises sulphur-oxidizing bacteria and the biomass present in the third step comprises nitrifying bacteria. The invention also concerns a device for implementing said method.

(57) Abrégé : L'invention a pour objet un procédé dé traitement biologique d'un effluent en vue de son épuration, qui comprend le traitement dudit effluent dans une première étape de traitement biologique anaérobie (13), à biomasse sulfato-réductrice fixée sur un support mobile (13), donnant un premier effluent, puis le traitement biologique anoxique (14), à biomasse sulfo-oxydante fixée (14), donnant un deuxième effluent, et enfin le traitement du deuxième effluent dans une troisième étape de traitement biologique aérobie (15), à biomasse nitrifiante fixée, donnant un troisième effluent épuré, ledit procédé comprenant en outre un recyclage d'une partie de l'effluent présent dans la troisième étape vers la deuxième étape. La biomasse présente dans la première étape comprenant des bactéries sulfato-réductrices, la biomasse présente dans la deuxième étape comprenant des bactéries sulfo-oxydantes et la biomasse présente dans la troisième étape comprenant des bactéries nitrifiantes. L'invention concerne aussi un dispositif de mise en œuvre dudit procédé.

WO 2004/002903 A1

PROCEDE DE TRAITEMENT EN TROIS ETAPES BIOLOGIQUES D'UN EFFLUENT

L'invention concerne un procédé de traitement biologique d'un effluent en vue de son épuration, en particulier dans le domaine du traitement des eaux usées principalement urbaines. L'invention concerne aussi un dispositif de mise en œuvre d'un tel procédé.

Il existe divers procédés de traitement biologiques de la pollution des eaux principalement urbaines. Ces traitements s'appuient sur la faculté dont dispose la biomasse d'éliminer la pollution biodégradable soit en l'assimilant dans le floc bactérien, soit en la transformant en molécules gazeuses (CO_2 pour la pollution carbonée ; N_2 pour la pollution azotée via la nitrification de l'azote en nitrates par la biomasse nitrifiante, puis la dénitrification des nitrates en azote atmosphérique par la biomasse dénitrifiante). Ces traitements peuvent être extensifs, et s'appuient alors sur la capacité traitante des bactéries présentes dans l'eau urbaine, avec l'aide de l'oxygène apporté par les échanges avec l'atmosphère (généralement par insufflation d'air) et de la photosynthèse (généralement par système de lagunage). Ces traitements peuvent être intensifs, et recourent alors à l'utilisation de cultures bactériennes, artificielles, qui « consomment » les matières polluantes. On distingue trois catégories de procédés biologiques artificiels. En premier, on distingue les installations à « cultures libres », dans lesquelles la culture bactérienne est maintenue en suspension dans le courant des eaux usées à traiter, dont font partie les installations à « boues activées », système d'épuration

aérobie dans un bassin aéré et brassé En deuxième, on distingue les installations à « cultures fixées », où la culture bactérienne, appelée aussi « biofilm », « film biologique » ou « biomasse », repose sur un support fixe (caillou, plastique, milieu granulaire fin). En troisième, on distingue les installations à « cultures mixtes », c'est-à-dire comprenant des suspensions de bactéries fixées sur un support mobile tel que du plastique.

Ces procédés conduisent donc au rejet d'une eau traitée ; de molécules gazeuses (principalement CO_2 et N_2 en traitement aérobie, mais aussi CH_4 en traitement anaérobie), qui sont renvoyés à l'atmosphère, directement ou éventuellement après combustion ; de boues en excès, principalement constituées de la biomasse produite pendant le traitement ; et de pollution décantable non biodégradable.

La demande de brevet EP-A2-0.979.803 décrit un procédé de traitement d'un effluent par dénitrification, comprenant une zone de traitement de nitrification aérobie, qui permet aussi une certaine décomposition organique, suivie d'une zone de traitement de dénitrification anaérobie comprenant une zone de filtre. Ladite zone de traitement de dénitrification anaérobie réalise la transformation des sulfates en sulfures, puis la transformation hétérotrophe des nitrates en gaz azote et en parallèle la transformation des sulfures en sulfates. En pratique, la présence de nitrates dans la zone de traitement de dénitrification anaérobie va poser un problème dans le temps car le potentiel d'oxydo-réduction ou potentiel rédox dans le réacteur est

difficilement compatible avec l'activité des bactéries de sulfato-réduction. De plus la production de sulfures à partir de sulfates ne peut se faire, avec les bactéries généralement utilisées, qu'en présence de carbone. Or pratiquement tout le carbone a été consommé dans la première étape. Il est donc excessivement difficile de produire des sulfures en zone de dénitrification. C'est pour cela qu'il est proposé d'introduire des sulfures dans cette zone, ce qui est peu confortable et peu souhaité en termes de sécurité et de mauvaises odeurs.

La demande de brevet WO 00/27.763 décrit une installation de traitement des eaux comprenant un ou deux réacteur(s) anaérobie(s) à flux ascendant, avec mélangeur, suivi(s) d'un réacteur aérobie. Le(s) premier(s) réacteur(s) anaérobie(s) réalise(nt) une sulfato-réduction en milieu strictement anaérobie. L'effluent qui sort de l'installation est annoncé comme étant débarrassé de la pollution (N, P) par action biologique, et des métaux lourds et des matières toxiques non biodégradables par action physico-chimique. Cette installation comprend un dispositif de circulation de boue lié au(x) réacteur(s) anaérobie(s), ce qui alourdit le traitement. D'autre part, une telle boue est riche en sulfures, ce qui pose des problèmes d'odeur et de sécurité.

Par suite, il subsiste le besoin d'effectuer un traitement d'effluent arrivant à la fois à dépolluer en azote et en carbone, tout en produisant un effluent sans nuisance olfactive, c'est-à-dire conforme aux pratiques de la profession. Le procédé de l'invention permet avantageusement de répondre à ce besoin.

Le procédé selon l'invention est un procédé de traitement biologique d'un effluent en vue de son épuration, qui comprend le traitement de la majeure partie dudit effluent, de préférence de pratiquement tout ledit effluent, dans une première étape de traitement biologique anaérobie, à biomasse fixée sur un support mobile, donnant un premier effluent, la biomasse présente dans la première étape comprenant au moins des bactéries sulfato-réductrices, puis le traitement de la majeure partie du premier effluent, de préférence de pratiquement tout ledit premier effluent, dans une deuxième étape de traitement biologique anoxique, à biomasse fixée, donnant un deuxième effluent, la biomasse présente dans la deuxième étape comprenant au moins des bactéries sulfo-oxydantes, et enfin le traitement de la majeure partie du deuxième effluent, de préférence de pratiquement tout le deuxième effluent, dans une troisième étape de traitement biologique aérobie, à biomasse fixée, donnant un troisième effluent épuré, la biomasse présente dans la troisième étape comprenant au moins des bactéries nitrifiantes, ledit procédé comprenant en outre un recyclage d'une partie de l'effluent présent dans la troisième étape vers la deuxième étape (où il est traité).

Ainsi, dans la première étape de traitement biologique anaérobie, il est essentiellement conduit, en présence de bactéries sulfato-réductrices, une dépollution majoritaire des composés carbonés qui sont dans un premier temps transformés en acides volatiles, avec une production de CO_2 dissous, sans rejet de CO_2 à l'atmosphère. Puis lesdits acides volatiles sont dans un

deuxième temps assimilés pratiquement totalement par les bactéries sulfato-réductrices en même temps que se produit la transformation de pratiquement tous les sulfates en sulfures. En effet, la transformation de la pollution carbonée ne va pas jusqu'à la méthanisation parce que c'est une étape très longue qui se fait en présence de bactéries méthanogènes. Dans la seconde étape de traitement biologique anoxique, en l'absence d'oxygène, il se produit essentiellement une dénitrification, avec transformation de pratiquement tous les nitrates qui sont recyclés, issus de la troisième étape, en gaz azote N_2 et en NO_3, avec en parallèle une transformation de pratiquement tous les sulfures par sulfo-oxydation (dénitrification autotrophe). C'est ce qui explique que l'apport de O_2 ne soit pas nécessaire, car c'est la transformation des sulfures en sulfates qui permet de réduire les nitrates en azote. De plus, dans cette deuxième étape, il se produit encore avantageusement une sensible réduction de la pollution carbonée. Enfin, dans la troisième étape de traitement biologique aérobie, il se produit une nitrification aérobie, pratiquement en l'absence de carbone, qui voit la transformation de pratiquement tout l'ammoniac en nitrates. Le recyclage d'une partie de l'effluent présent dans la troisième étape vers la deuxième étape se fait soit à partir de l'effluent présent en troisième étape que l'on prélève, soit à partir du troisième effluent qui sort de la troisième étape. Il est remis en circulation en deuxième étape, de préférence à l'entrée de la deuxième étape par mélange avec le deuxième effluent.

Avantageusement, un tel recyclage permet de diminuer le taux de nitrates sortant dans le troisième effluent.

De façon avantageuse, pratiquement aucun effluent gazeux, hormis l'azote dans la deuxième étape, n'est émis dans les première et deuxième étapes du procédé selon l'invention. En particulier le CO_2 généré lors de la première étape est généralement dissous dans le premier effluent.

Avantageusement, un tel procédé permet d'effectuer un traitement d'effluent arrivant à la fois à dépolluer en azote et en carbone sans générer de nuisance olfactive particulière, essentiellement débarrassé de toute pollution par les sulfures, contrairement aux documents EP-A2 0.979.803 et WO 00/27.763.

Ainsi, le procédé selon l'invention permet de façon particulièrement avantageuse d'exploiter le cycle biologique d'oxydo-réduction du soufre, d'une part pour éliminer la pollution carbonée sans apport d'oxygène, et d'autre part pour assurer une dénitrification autotrophe sans source de carbone.

De manière particulièrement avantageuse, un tel procédé permet aussi de réduire fortement la consommation en oxygène pour réduire la pollution carbonée. En effet, la pollution carbonée est majoritairement éliminée dans les deux premières étapes de traitement biologique, en anaérobie et en anoxie.

De plus, puisque la demande en oxygène est réduite, les débits d'air rejeté à l'atmosphère sont donc diminués et comprennent moins, voire pratiquement pas, de CO_2. Par suite, c'est un avantage pour l'environnement

car la toxicité de CO_2 en tant que gaz à effet de serre est connue.

Le procédé selon l'invention permet encore avantageusement de limiter le type de boues à traiter à celles extraites d'une décantation aval, car pratiquement toutes les MES (Matières En Suspension) passent à travers le système sans nécessiter d'extraction de boues supplémentaire (liée au procédé selon l'invention) comme dans la demande de brevet WO 00/27.763, et sans gêner le bon fonctionnement du procédé.

Enfin, le procédé selon l'invention permet de façon avantageuse une faible production de boues par rapport aux systèmes classiques aérobies de réduction de la pollution carbonée. En effet les systèmes bactériens anaérobies et aérobies nitrifiants sont peu énergétiques, avec des taux de croissance très faibles.

D'autre part, l'énergie apportée pour la première étape se limite essentiellement à une énergie de brassage, ce qui permet une économie d'énergie par rapport aux systèmes conventionnels aérobies. Cette combinaison intéressante d'économie d'énergie et de diminution notable de rejet à l'atmosphère de CO_2, s'inscrit particulièrement bien dans le cadre d'une politique de développement durable.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la majeure partie de, de préférence pratiquement tout, l'effluent à traiter dans ledit procédé est tamisé et/ou décanté, de préférence tamisé, dans une étape préalable audit procédé de traitement.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la majeure partie, de préférence

pratiquement tout, du troisième effluent issu dudit procédé est décanté.

La biomasse présente dans la première étape comprend au moins des bactéries sulfato réductrices. Ces bactéries sont généralement choisies dans le groupe formé par les bactéries de type Désulfovibrio et Désulfatomaculum.

La biomasse présente dans la deuxième étape réacteur comprend au moins des bactéries sulfo-oxydantes. Ces bactéries sont généralement choisies dans le groupe formé par les bactéries de type Thiotrix et Beggiatoa.

La biomasse présente dans la troisième étape comprend au moins des bactéries nitrifiantes. Ces bactéries sont généralement choisies dans le groupe formé par les bactéries de type Nitrosomonas et Nitrobacter.

Dans le cas d'un support fixe, le support de la biomasse présente dans la deuxième et/ou troisième étape du procédé selon l'invention est généralement choisi dans le groupe formé par les matériaux minéraux, comme les sables et la pouzzolanne, et les matériaux de synthèse, tels que les BIOSTYRENE® commercialisé par la Société OTV ou le BIOLITE® commercialisé par la société DEGREMONT.

Dans le cas d'un support mobile, le support de la biomasse présente dans la première, deuxième et/ou troisième étape du procédé selon l'invention est généralement choisi dans le groupe formé par les matériaux plastiques connus de l'homme du métier. Comme exemples commerciaux de tels matériaux plastiques, on peut citer les matériaux KMT 1, KMT 2 et AMT de la société KALDNES, les matériaux BIOLITE®, BIOCUBE® et FLOCOR RMP de la société DEGREMONT, ou bien le matériau

NATRIX MAJOR de la société ANOX, ainsi que le matériau BIOFLOW 9 de la société CERA COM.

La deuxième étape de traitement anoxique est généralement un traitement à biomasse fixée sur un support fixe et/ou mobile, de préférence fixe ou mobile.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la deuxième étape de traitement anoxique est un traitement à biomasse fixée sur un support fixe. Par exemple la biomasse est un biofiltre comprenant au moins des bactéries sulfo-oxydantes. Dans un tel cas, l'effluent à traiter dans ledit procédé est généralement décanté dans une étape préalable audit procédé de traitement.

Selon un autre mode, préféré, de réalisation de l'invention, la deuxième étape de traitement anoxique est un traitement à biomasse fixée sur un support mobile.

La troisième étape de traitement aérobie est généralement un traitement à biomasse fixée sur un support fixe et/ou mobile, de préférence fixe ou mobile.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la troisième étape de traitement aérobie est un traitement à biomasse fixée sur un support fixe. Par exemple la biomasse est un biofiltre comprenant au moins des bactéries nitrifiantes. Dans un tel cas, l'effluent à traiter dans ledit procédé est généralement décanté dans une étape préalable audit procédé de traitement.

Selon un autre mode, préféré, de réalisation de l'invention, la troisième étape de traitement aérobie est un traitement à biomasse fixée sur un support mobile.

Selon un mode de réalisation particulièrement préféré de l'invention, la deuxième étape de traitement anoxique est un traitement à biomasse fixée sur un

support mobile et la troisième étape de traitement aérobie est un traitement à biomasse fixée sur un support mobile. Dans un tel cas, avantageusement, l'énergie apportée est essentiellement une énergie de brassage dans les différentes étapes.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la partie de l'effluent présent dans la troisième étape qui est recyclée vers la deuxième étape est recyclée à un taux, par rapport au deuxième effluent, de 50 à 150%, de préférence 80 à 120%, de façon encore plus préférée à environ 100%, en volume.

L'invention concerne enfin un dispositif de mise en oeuvre du procédé décrit précédemment. Ainsi l'invention concerne un dispositif de traitement biologique d'un effluent en vue de son épuration pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention comprenant un premier réacteur de traitement, à biomasse fixée sur un support mobile, puis un deuxième réacteur de traitement anoxique, à biomasse fixée, et enfin un troisième réacteur de traitement aérobie, à biomasse fixée, ainsi que les moyens de transport d'effluent vers le premier réacteur, du premier au deuxième réacteur, du deuxième au troisième réacteur, et les moyens de sortie d'effluent du troisième réacteur, ledit dispositif comprenant en outre au moins un moyen de recyclage du troisième réacteur vers le deuxième réacteur.

Ledit moyen de recyclage est généralement tel qu'il peut recycler une partie de l'effluent qui peut être présent dans le troisième réacteur et/ou une partie de l'effluent qui peut sortir du troisième réacteur.

Le premier réacteur comprend généralement de 20 à 80 %, de préférence de 40 à 60%, par exemple environ 40%, en volume, de support mobile. Ce support est généralement choisi dans le groupe formé par les matériaux plastiques connus de l'homme du métier. Comme exemples commerciaux de tels matériaux plastiques, on peut citer les matériaux KMT 1, KMT 2 et AMT de la société KALDNES, les matériaux BIOLITE®, BIOCUBE® et FLOCOR RMP de la société DEGREMONT, ou bien le matériau NATRIX MAJOR de la société ANOX, ainsi que la matériau BIOFLOW 9 de la société CERA COM.

De préférence, un tel dispositif comprend en outre au moins un réacteur de prétraitement dans lequel la majeure partie de, de préférence tout, ledit effluent à traiter, est tamisé et/ou décanté, de préférence tamisé, avant son entrée dans ledit premier réacteur.

De préférence, un tel dispositif comprend en outre au moins un réacteur de post traitement. Dans celui-ci, la majeure partie de, de préférence pratiquement tout, l'effluent qui peut sortir du troisième réacteur, est décanté.

Selon l'invention, le premier réacteur comprend une biomasse qui comprend des bactéries sulfato réductrices. Ces bactéries sont généralement choisies dans le groupe formé par les bactéries de type Désulfovibrio et Désulfatomaculum.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le deuxième réacteur comprend une biomasse fixée sur un support mobile.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le deuxième réacteur comprend une biomasse fixée sur un support fixe. Dans un tel cas, le dispositif comprend en

outre généralement au moins un réacteur de prétraitement dans lequel la majeure partie de, de préférence pratiquement tout, l'effluent à traiter dans le deuxième réacteur, est décanté avant son entrée dans ledit deuxième réacteur.

Le deuxième réacteur comprend généralement de 20 à 80 %, de préférence de 40 à 60%, par exemple d'environ 40%, en volume, de support, fixe ou mobile.

Dans le cas d'un support fixe, le support est généralement choisi dans le groupe formé par les matériaux minéraux, comme les sables et la pouzzolanne, et les matériaux de synthèse, tels que le BIOSTYRENE® commercialisé par la Société OTV ou le BIOLITE® commercialisé par la société DEGREMONT.

Dans le cas d'un support mobile, le support est généralement choisi dans le groupe formé par les matériaux plastiques connus de l'homme du métier. Comme exemples commerciaux de tels matériaux plastiques, on peut citer les matériaux KMT 1, KMT 2 et AMT de la société KALDNES, les matériaux BIOLITE®, BIOCUBE® et FLOCOR RMP de la société DEGREMONT, ou bien le matériau NATRIX MAJOR de la société ANOX, ainsi que le matériau BIOFLOW 9 de la société CERA COM.

Selon l'invention, le deuxième réacteur comprend une biomasse qui comprend des bactéries sulfo-oxydantes. Ces bactéries sont généralement choisies dans le groupe formé par les bactéries de type Thiotrix et Beggiatoa.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le troisième réacteur comprend une biomasse fixée sur un support mobile.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le troisième réacteur comprend une biomasse fixée sur un support fixe. Dans un tel cas, le dispositif comprend en outre généralement au moins un réacteur de prétraitement dans lequel la majeure partie de, de préférence pratiquement tout, l'effluent à traiter dans le troisième réacteur est décanté avant son entrée dans ledit troisième réacteur.

Le troisième réacteur comprend généralement de 20 à 80 %, de préférence de 40 à 60%, par exemple d'environ 40%, en volume, de support, fixe ou mobile.

Dans le cas d'un support fixe, le support est généralement choisi dans le groupe formé par les matériaux minéraux, comme les sables et la pouzzolanne, et les matériaux de synthèse, tels que le BIOSTYRENE® commercialisé par la Société OTV ou le BIOLITE® commercialisé par la société DEGREMONT.

Dans le cas d'un support mobile, le support est généralement choisi dans le groupe formé par les matériaux plastiques connus de l'homme du métier. Comme exemples commerciaux de tels matériaux plastiques, on peut citer les matériaux KMT 1, KMT 2 et AMT de la société KALDNES, les matériaux BIOLITE®, BIOCUBE® et FLOCOR RMP de la société DEGREMONT, ou bien le matériau NATRIX MAJOR de la société ANOX, ainsi que le matériau BIOFLOW 9 de la société CERA COM.

Selon l'invention, le troisième réacteur comprend une biomasse qui comprend des bactéries nitrifiantes. Ces bactéries sont généralement choisies dans le groupe formé par les bactéries de type Nitrosomonas et Nitrobacter.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le premier réacteur comprend au moins un moyen de mélange. Cela permet avantageusement de favoriser les réactions pouvant avoir lieu dans ledit premier réacteur.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, dans le cas où le support est mobile, le deuxième réacteur comprend au moins un moyen de mélange. Cela permet avantageusement de favoriser les réactions pouvant avoir lieu dans ledit deuxième réacteur.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, dans le cas où le support est mobile, le troisième réacteur comprend au moins un moyen de mélange. Cela permet avantageusement de favoriser les réactions pouvant avoir lieu dans ledit troisième réacteur.

Le premier réacteur comprend généralement au moins un moyen d'aération. Cela permet avantageusement de favoriser les réactions pouvant avoir lieu dans ledit premier réacteur.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la partie de l'effluent qui est recyclée vers le deuxième réacteur par au moins un moyen de recyclage peut être une partie de l'effluent qui peut sortir du troisième réacteur.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le moyen de recyclage est tel qu'il peut recycler une partie de l'effluent qui peut être présent dans le troisième réacteur.

Dans tous les cas, le dispositif comprend au moins un moyen de mélange apte à mélanger la partie de l'effluent qui peut sortir du troisième réacteur et/ou

qui peut être présent dans le troisième réacteur, et qui est recyclée vers le deuxième réacteur par au moins un moyen de recyclage, avec l'effluent apte à être transporté par un moyen de transport du premier réacteur au deuxième réacteur. Ainsi le dispositif selon l'invention comprend alors en combinaison entre le premier et le deuxième réacteur au moins un moyen de transport, au moins un moyen de mélange d'effluent et aussi au moins un moyen d'introduction d'effluent dans le deuxième réacteur.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre non limitatif, par référence à la figure.

La figure représente schématiquement un dispositif 12 de traitement d'effluent selon l'invention.

Trois réacteurs 3, 4 et 5, alimentés par un effluent apporté par un conduit 1, dans lequel de la matière en suspension (MES) est présente, effectuent un traitement d'épuration en trois étapes et permettent la sortie par un conduit 2 d'un effluent épuré, dans lequel sont toujours présentes des MES. Les flèches symbolisent le sens de trajet des effluents au sein du dispositif 12. L'effluent 1 entre dans le réacteur 3 de traitement anaérobie. Il en sort un effluent qui est dirigé par un conduit 9 vers un réacteur 4 de traitement anoxique. L'effluent qui sort du réacteur 4 par un conduit 10 alimente un réacteur 5 de traitement aérobie. Du réacteur 5, par un moyen de recyclage non représenté, sort un effluent de recyclage qui est renvoyé au réacteur 4 par un conduit 11. Le réacteur 3 comprend un moyen 6 de

mélange. Le réacteur 4 comprend un moyen 7 de mélange. Le réacteur 5 comprend un moyen 8 de mélange et d'aération, ladite aération étant symbolisée par la présence de bulles 16 d'air. D'autre part les trois réacteurs comprennent une biomasse sur lit mobile. Le réacteur 3 comprend une biomasse 13. Le réacteur 4 comprend une biomasse 14. Le réacteur 5 comprend une biomasse 15.

L'exemple qui suit illustre l'invention sans pour autant en limiter la portée.

EXEMPLE

Dans l'exemple qui suit, on utilise un dispositif 12 tel que décrit à la figure 1. Les réacteurs sont remplis à 40% de matériau plastique BIOFLOW 9 sur lequel sont fixées des bactéries Désulfovibrio pour le réacteur 3, de 40% de matériau plastique BIOFLOW 9 sur lequel sont fixées des bactéries Thiotrix pour le réacteur 4, et de 40% de matériau plastique BIOFLOW 9 sur lequel sont fixées des bactéries Nitrosomonas et Nitrobacter pour le réacteur 5.

Les résultats sont donnés pour un temps de séjour de 12,5 heures.

Pour mesurer l'élimination de la pollution carbonée, on a mesuré la Demande Chimique en Oxygène (DCO) en sortie du deuxième réacteur 4. Pour l'ensemble des trois réacteurs, la Charge Volumique Appliquée (CVA) en DCO est de 0,31 $kg/m^3.j$ (Kilogramme par m3 et par jour), et la Charge Volumique Eliminée (CVE) en DCO est de 0,22 $kg/m^3.j$. La Charge Volumique Appliquée (CVA) est la charge volumique entrante. La Charge Volumique

Eliminée (CVE) est la charge volumique résultat de la soustraction entre la charge volumique entrante et la charge volumique sortante. Pour le premier réacteur 3, la CVA en DCO est de 0,84 kg/m^3.j et la CVE en DCO est de 0,60 kg/m^3.j, pour un temps de séjour de 4,6 heures. Les résultats sont les suivants, donnés dans le tableau 1.

Tableau 1 Elimination de la DCO soluble

DCO en alimentation (conduit 1) (mg/l)	DCO en sortie du réacteur 4 (anoxie) (mg/l)	DCO en sortie du réacteur 5 (aérobie) (mg/l)	Rendement des réacteurs 3+4 en DCO (%)	Rendement global des réacteurs 3+4+5 en DCO (%)
161	48	45	70	72

On constate donc une très bonne élimination de la pollution carbonée.

Pour mesurer l'efficacité de la nitrification, on a mesuré la quantité de N dans NH_4 ($N.NH_4$) dans les différents effluents. Pour le troisième réacteur 5, la CVA en $N.NH_4$ est de 0,18 kg/m^3.j et la CVE en $N.NH_4$ est de 0,17 kg/m^3.j, pour un temps de séjour de 4,3 heures. Les résultats sont les suivants, donnés dans le tableau 2.

Tableau 2 Nitrification

$N.NH_4$ en alimentation (conduit 1)	$N.NH_4$ en sortie du réacteur	$N.NO_2$ en sortie du réacteur	$N.NO_3$ en sortie du réacteur	Rendement du réacteur 5

(mg/l)	5 (aérobie) (mg/l)	5 (aérobie) (mg/l)	5 (aérobie) (mg/l)	en $N.NH_4$ transformé (%)
32,2	1,2	3,1	13	96,3

On constate donc que le rendement de nitrification est très bon.

Pour mesurer l'efficacité de la dénitrification, on a mesuré la quantité de N dans NO_3 ($N.NO_3$) dans les différents effluents. Pour le deuxième réacteur 4, la CVA en $N.NO_3$ est de 0,21 $kg/m^3.j$ et la CVE en $N.NO_3$ est de 0,18 $kg/m^3.j$, pour un temps de séjour de 4,3 heures. Les résultats sont les suivants, donnés dans le tableau 3.

Tableau 3 Dénitrification

$N.NH_4$ en alimentation (conduit 1) (mg/l)	$N.NO_2$ en sortie du réacteur 4 (anoxie) (mg/l)	$N.NO_3$ en sortie du réacteur 4 (anoxie) (mg/l)	$N.NH_4$ en sortie du réacteur 5 (aérobie) (mg/l)	$N.NO_2$ en sortie du réacteur 5 (aérobie) (mg/l)	$N.NO_3$ en sortie du réacteur 5 (aérobie) (mg/l)	Rendement du réacteur 5 en $N.NO_3$ éliminé (%)
32,2	1,2	1,1	1,2	3,1	13	48,1

On constate donc que, pour un taux de recyclage d'environ 100% qui est le taux appliqué ici (rapport entre l'effluent recyclé par le conduit 11 vers le réacteur 4 sur l'effluent entrant par le conduit 9 dans

le réacteur 4), on approche les 50% de rendement global de dénitrification.

Dans l'effluent 2, il est constaté la présence de soufre (natif) en forte quantité.

D'autre part, pour évaluer le devenir des sulfates, on regarde la concentration de S dans SO_4 dans les différents effluents, ainsi qu'il est résumé ci-dessous dans le tableau 4. Pour le premier réacteur 3, la CVA en $S.SO_4$ est de 0,24 $kg/m^3.j$ (en $S.SO_4$) et la CVE en $S.SO_4$ est de 0,16 $kg/m^3.j$, pour un temps de séjour de 4,6 heures. Les résultats sont les suivants, donnés dans le tableau 4.

Tableau 4 Sulfato-réduction et sulfo-oxydation

$S.SO_4$ en alimentation (CONDUIT 1) (mg/l)	$S.SO_4$ en sortie du réacteur 3 (anaérobie) (mg/l)	$S.SO_4$ en sortie du réacteur 4 (anoxie) (mg/l)	$S.SO_4$ en sortie du réacteur 5 (aérobie) (mg/l)	Rendement du réacteur 3 en $S.SO_4$ transformé (%)
46,7	15,9	42,8	45 ,9	65,9

On constate bien d'après ces résultats une réduction des sulfates en anaérobiose avec un rendement proche de 66%, une ré oxydation des sulfure formés en anaérobiose dans le réacteur 4 de dénitrification, et une finition de l'oxydation du soufre en sulfate dans le réacteur 5 aérobie, pour retrouver des valeurs très

proches de celles de l'alimentation. D'autre part, on a constaté que la sulfato réduction est bien corrélée à l'élimination de la DCO.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement biologique d'un effluent en vue de son épuration, qui comprend le traitement de la majeure partie dudit effluent dans une première étape de traitement biologique anaérobie, à biomasse fixée sur un support mobile, donnant un premier effluent, la biomasse présente dans la première étape comprenant au moins des bactéries sulfato-réductrices, puis le traitement de la majeure partie du premier effluent dans une deuxième étape de traitement biologique anoxique, à biomasse fixée, donnant un deuxième effluent, la biomasse présente dans la deuxième étape comprenant au moins des bactéries sulfo-oxydantes, et enfin le traitement de la majeure partie du deuxième effluent dans une troisième étape de traitement biologique aérobie, à biomasse fixée, donnant un troisième effluent épuré, la biomasse présente dans la troisième étape comprenant au moins des bactéries nitrifiantes, ledit procédé comprenant en outre un recyclage d'une partie de l'effluent présent dans la troisième étape vers la deuxième étape.

2. Procédé selon la revendication 1 tel que de la majeure partie de l'effluent à traiter dans ledit procédé est tamisé et/ou décanté dans une étape préalable audit procédé de traitement.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel de la majeure partie du troisième effluent issu dudit procédé est décanté.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 tel que la deuxième étape de traitement anoxique est un traitement à biomasse fixée sur un support mobile ou sur un support fixe.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 tel que la troisième étape de traitement aérobie est un traitement à biomasse fixée sur un support mobile ou sur un support fixe.

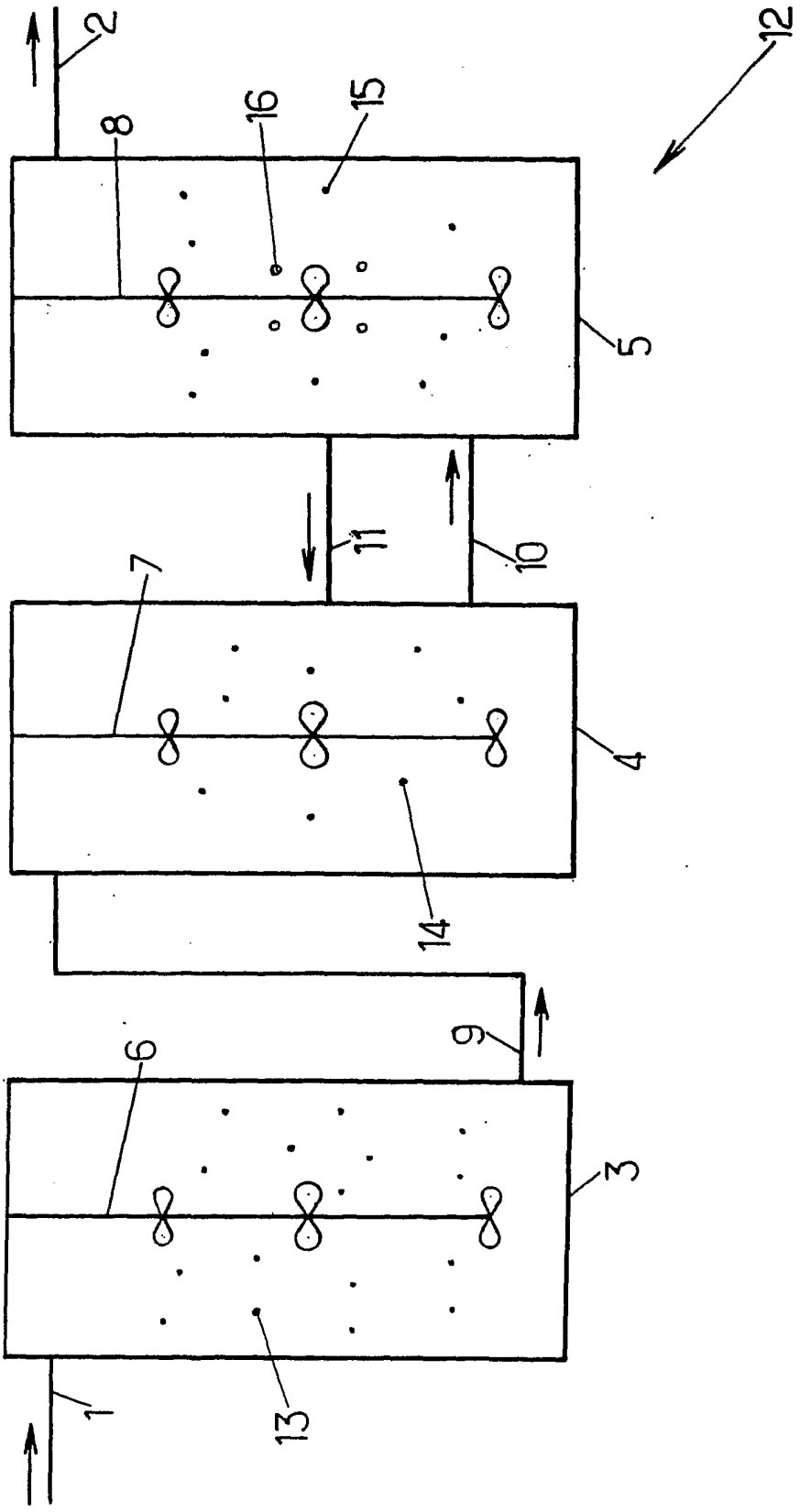
6. Dispositif de traitement biologique d'un effluent en vue de son épuration pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 5 comprenant un premier réacteur de traitement, à biomasse fixée sur un support mobile, puis un deuxième réacteur de traitement anoxique, à biomasse fixée, et enfin un troisième réacteur de traitement aérobie, à biomasse fixée, ainsi que les moyens de transport d'effluent vers le premier réacteur, du premier au deuxième réacteur, du deuxième au troisième réacteur, et les moyens de sortie d'effluent du troisième réacteur, ledit dispositif comprenant en outre au moins un moyen de recyclage du troisième réacteur vers le deuxième réacteur.

7. Dispositif selon la revendication 6 dans lequel le premier réacteur comprend au moins un moyen de mélange.

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 ou 7 dans lequel le deuxième réacteur comprend au moins un moyen de mélange.

9. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 8 dans lequel le troisième réacteur comprend au moins un moyen de mélange.

10. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 9 dans lequel le troisième réacteur comprend au moins un moyen d'aération.


2
12
8
16
15
5
11
10
7
4
14
9
6
3
1
13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 03/01739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C02F3/12 C02F3/28 C02F3/30

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)
IPC 7 C02F

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 practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 500 429 A (FRYDMAN ALLEN ET AL) 19 February 1985 (1985-02-19)	6-10
A	column 3, line 46-65; figure 1 column 4, line 36 - line 38	1,3-5
X	DE 199 32 903 A (LI ZHIQIANG ;WU HAIYAN (DE); HARBS VOLKER (DE)) 26 October 2000 (2000-10-26)	6-10
A	column 3, line 39 - line 42; figures III.1,III.2 column 4, line 48 -column 5, line 8	1,3-5
X	US 5 643 453 A (PANNIER MICHELE ET AL) 1 July 1997 (1997-07-01)	6
A	column 5, line 41 - line 48; figure 4	1,4,5

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in 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 document 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
26 November 2003	04/12/2003

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Gonzalez Arias, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR 03/01739

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4500429 A	19-02-1985	DE 3301643 A1	19-07-1984
DE 19932903 A	26-10-2000	DE 19932903 A1	26-10-2000
		AU 3956300 A	14-11-2000
		WO 0061502 A1	19-10-2000
		DE 29923300 U1	07-09-2000
		EP 1175375 A1	30-01-2002
US 5643453 A	01-07-1997	FR 2720736 A1	08-12-1995
		CA 2150777 A1	03-12-1995
		DE 685433 T1	10-10-1996
		EP 0685433 A1	06-12-1995
		ES 2080712 T1	16-02-1996

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 03/01739

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C02F3/12 C02F3/28 C02F3/30

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)
CIB 7 C02F

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 réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 500 429 A (FRYDMAN ALLEN ET AL) 19 février 1985 (1985-02-19)	6-10
A	colonne 3, ligne 46-65; figure 1 colonne 4, ligne 36 - ligne 38	1,3-5
X	DE 199 32 903 A (LI ZHIQIANG ;WU HAIYAN (DE); HARBS VOLKER (DE)) 26 octobre 2000 (2000-10-26)	6-10
A	colonne 3, ligne 39 - ligne 42; figures III.1,III.2 colonne 4, ligne 48 -colonne 5, ligne 8	1,3-5
X	US 5 643 453 A (PANNIER MICHELE ET AL) 1 juillet 1997 (1997-07-01)	6
A	colonne 5, ligne 41 - ligne 48; figure 4	1,4,5

☐ 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'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
26 novembre 2003	04/12/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Gonzalez Arias, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs membres de familles de brevets

Demande Internationale No
PCT/FR 03/01739

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 4500429	A	19-02-1985	DE	3301643 A1	19-07-1984
DE 19932903	A	26-10-2000	DE	19932903 A1	26-10-2000
			AU	3956300 A	14-11-2000
			WO	0061502 A1	19-10-2000
			DE	29923300 U1	07-09-2000
			EP	1175375 A1	30-01-2002
US 5643453	A	01-07-1997	FR	2720736 A1	08-12-1995
			CA	2150777 A1	03-12-1995
			DE	685433 T1	10-10-1996
			EP	0685433 A1	06-12-1995
			ES	2080712 T1	16-02-1996