

(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
23 avril 2009 (23.04.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/050347 A2

(51) Classification internationale des brevets :
C02F 3/30 (2006.01) *C02F 3/12* (2006.01)
C02F 3/28 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/001135

(22) Date de dépôt international : 30 juillet 2008 (30.07.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
07 05735 6 août 2007 (06.08.2007) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : DE-
GREMONT [FR/FR]; 183 Avenue du 18 Juin 1940,
F-92500 Rueil Malmaison (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : BAIG, Sylvie
[FR/FR]; 25 rue Edgar Degas, F-78360 Montesson (FR).

(74) Mandataire : MICHARDIERE, Bernard; Cabinet Ar-
mengaud Aine, 3 Avenue Bugeaud, F-75116 Paris (FR).

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

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND UNIT FOR THE PURIFICATION OF WASTEWATER WITH AEROBIC GRANULAR SLUDGE

(54) Titre : PROCEDE ET INSTALLATION D'EPURATION D'EAUX RESIDUAIRES AVEC DES BOUES GRANULEUSES
AEROBIES.

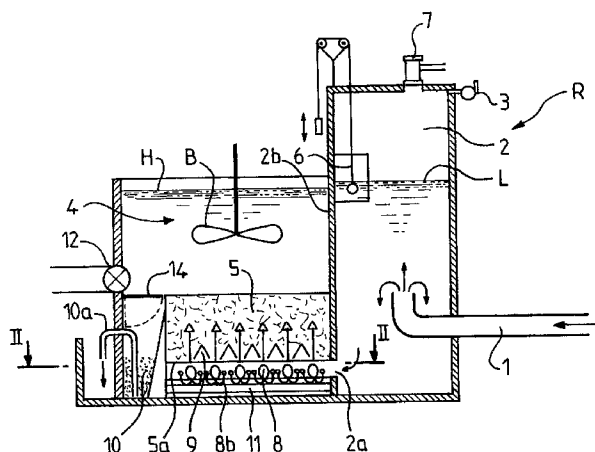


FIG.1

(57) Abstract: The invention relates to a biological wastewater purification method using a reactor including a first compartment (2) and a second compartment (4), the lower parts of which are communicated with one another. The water to be treated enters the first compartment, while the second compartment houses aerobic granular sludge at atmospheric pressure. Oxygen-laden gas is injected into the lower part of the second compartment. The granular sludge forms a bed (5) in the second compartment (4) and the reactor operates in a sequential, discontinuous manner in a cycle comprising two phases, namely: a first anaerobic phase during which the first compartment (2) is vacuum-filled with the water to be treated, after which the pressure is abruptly brought to atmospheric pressure in order to discharge a volume of water rapidly into the second compartment (4); and a second aerobic phase during which gas containing oxygen is injected into the second compartment (4).

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/050347 A2



NO, 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 :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport*

(57) Abrégé : Procédé d'épuration d'eaux résiduaires par voie biologique mettant en œuvre un réacteur comportant un premier (2) et un deuxième (4) compartiments communiquant entre eux en partie basse, l'eau à traiter arrivant dans le premier compartiment, le deuxième compartiment contenant des boues granuleuses aérobies et se trouvant à la pression atmosphérique, et une injection de gaz chargé d'oxygène étant prévue en partie basse du deuxième compartiment. Les boues granuleuses forment un lit (5) dans le deuxième compartiment (4), et on fait fonctionner le réacteur de manière séquentielle et discontinue selon un cycle comprenant deux phases : une première phase anaérobie au cours de laquelle le premier compartiment (2) est rempli sous dépression avec de l'eau à traiter, puis la pression est brutalement ramenée à la pression atmosphérique pour évacuer rapidement un volume d'eau vers le deuxième compartiment (4); et une deuxième phase aérobie au cours de laquelle une injection de gaz contenant de l'oxygène a lieu dans le deuxième compartiment (4).

PROCEDE ET INSTALLATION D'EPURATION D'EAUX RESIDUAIRES AVEC DES BOUES GRANULEUSES AEROBIES.

L'invention concerne un procédé pour la purification d'eaux usées
5 d'origine urbaine ou industrielle dans un réacteur contenant des boues granuleuses aérobies supportées ou non.

Les boues granuleuses aérobies non supportées sont définies
comme étant une communauté d'espèces microbiennes agrégées entre elles et
compacte de taille comprise entre 0.2 et 2 mm, ayant des propriétés de
10 décantation nettement plus rapide qu'une boue activée classique ; la vitesse de
décantation des boues granuleuses en question est d'au moins 10 m/h.

EP- A - 0 849 229 décrit un procédé mettant en œuvre un réacteur à
deux compartiments pour épurer les eaux usées en utilisant des boues
granuleuses non supportées. Dans ce procédé, l'eau usée est introduite dans
15 un premier compartiment du réacteur, tandis que les boues granuleuses sont
introduites dans un deuxième compartiment. Les deux compartiments
communiquent entre eux en partie basse. Un gaz contenant de l'oxygène est
introduit par le fond du deuxième compartiment. Les boues granuleuses ont un
mouvement ascendant grâce à l'aération suffisamment puissante. Ces boues
20 passent dans le premier compartiment, non aéré, comprenant un séparateur
immergé à partir duquel est extrait l'eau traitée. Ce réacteur a l'avantage de
permettre un fonctionnement en mode continu. En revanche, il fonctionne avec
re-circulation interne des boues granuleuses de sorte qu'aucune pression de
sélection ne peut s'exercer pour assurer un fonctionnement optimal avec des
25 boues correspondant effectivement à la définition de boues granuleuses
aérobies.

US 6793822 décrit un procédé pour produire des boues granuleuses
en vue de leur utilisation en traitement d'eaux usées. Selon ce procédé, on
utilise une colonne à bulles, et la granulation des boues en milieu eau
30 résiduaire nécessite d'appliquer l'enchaînement des sept opérations suivantes :
- alimentation en eau usée du réacteur contenant la boue non granulée,
- aération avec du gaz contenant de l'oxygène et permettant le mélange eau-
boue,
- période de famine en aération,
35 - décantation,
- évacuation de l'eau traitée,
- répétition des précédentes étapes jusqu'à obtenir les granules ayant les
propriétés physiques désirées,

- récupération des granules ayant les propriétés souhaitées.

La granulation des boues résulte d'un équilibre complexe entre des phénomènes biologiques et physiques que sont la croissance lente de la biomasse anaérobie, située vers l'intérieur d'un granule, et la croissance contrôlée de la biomasse aérobie simultanée au phénomène de détachement de biofilm, la biomasse aérobie étant située à la périphérie des granules.

WO 2004/024638 décrit un procédé de traitement des eaux usées avec des boues granuleuses aérobies fonctionnant selon trois étapes : une première consistant à alimenter le réacteur contenant les boues granuleuses, une deuxième étape de fluidisation des boues grâce à l'aération et une troisième étape de décantation. Ce procédé est également mis en oeuvre en réacteur à entraînement à l'air avec un rapport hauteur/diamètre égal à 20. L'application industrielle de ce procédé est limitée à de faibles débits d'eaux usées puisque la hauteur maximale de construction généralement admise s'élève à moins de 10 m, de sorte que le diamètre se trouve limité à 0.5 m environ.

L'état de la technique concernant l'utilisation de boues granuleuses aérobies, selon les types de fonctionnement décrits ci-dessus en colonne à bulles ou en réacteur à entraînement à l'air, montre qu'une hauteur de réacteur élevée correspondant à un rapport hauteur/diamètre au moins égal à 5 est nécessaire pour assurer une attrition suffisante des agrégats microbiens au cours de l'aération et ainsi contrôler la taille et la cohésion des granules (*State of art of biogranulation technology for waste water treatment* par Y.Liu et JH Tay dans *Biotechnology Advances* 22 (2004) p.533-563). L'attrition permet la sélection ultérieure des granules de bonne qualité à maintenir dans le réacteur par le biais de la vitesse de décantation. Les granules de mauvaise qualité décantent plus lentement et sont éliminés dans la phase d'extraction de l'eau traitée. D'un point de vue hydraulique, ce type de réacteur dans la phase d'aération s'assimile à un réacteur parfaitement mélangé. Le contrôle de la taille des granules est lié au degré de turbulence du milieu qui conditionne la force de cisaillement appliquée aux granules et à la durée de cette phase qui, de plus, doit être compatible avec les vitesses de réaction biologique en phase aérobie.

En conclusion, les documents cités de l'état de la technique ne permettent pas un traitement satisfaisant à échelle industrielle des eaux usées avec des boues granuleuses.

L'invention a pour but, surtout, de proposer un procédé optimisé d'épuration biologique d'eaux résiduaires à l'aide de boues granuleuses

aérobies, permettant de traiter avec efficacité des débits importants dans des conditions économiques satisfaisantes.

Un autre objectif de l'invention est de fournir un système d'épuration d'exploitation aisée, facile à dimensionner et s'adaptant à une large gamme de débits à traiter et aux variations importantes de qualité d'eau à traiter en terme
5 de débit, de charges en pollution à éliminer.

Selon l'invention, le procédé d'épuration d'eaux résiduelles par voie biologique met en œuvre un réacteur comportant un premier et un deuxième compartiments communiquant entre eux en partie basse, l'eau à traiter arrivant
10 dans le premier compartiment, le deuxième compartiment contenant des boues granuleuses aérobies et se trouvant à la pression atmosphérique, et une injection de gaz chargé d'oxygène étant prévue en partie basse du deuxième compartiment, et est caractérisé en ce que :

- les boues granuleuses forment un lit dans le deuxième
15 compartiment,

- on fait fonctionner le réacteur de manière séquentielle et discontinue selon un cycle comprenant deux phases à savoir :

- une première phase anaérobie au cours de laquelle :

- le premier compartiment est rempli sous dépression avec de
20 l'eau à traiter,

- puis la pression du premier compartiment est brutalement ramenée à la pression atmosphérique pour évacuer rapidement un volume d'eau à traiter vers le deuxième compartiment dans lequel aucune injection de gaz chargé d'oxygène n'a lieu,

- les deux opérations précédentes sont répétées plusieurs fois
25 pour introduire et répartir un volume suffisant d'effluent en mode pulsé et séquentiel dans le deuxième compartiment, les réactions biologiques étant effectuées en milieu anaérobie avec lit de boues pulsé et expansé sous l'effet de la contrainte hydraulique de l'alimentation,

- une deuxième phase aérobie au cours de laquelle

- l'alimentation en eau à traiter est arrêtée, l'obturateur d'une zone de concentration de boues est placé en position fermée,

- une injection de gaz contenant de l'oxygène a lieu dans le
30 deuxième compartiment, les réactions biologiques étant effectuées en milieu aérobie avec boues agitées sous l'effet de l'injection de gaz,

- on arrête l'injection de gaz et on laisse les boues granuleuses décanter rapidement,

- l'eau traitée est extraite du deuxième compartiment, l'obturateur de la zone de concentration de boues est placé en position ouverte,

puis un autre cycle recommence.

5 De préférence, au cours de la première phase anaérobie, on sélectionne les boues granuleuses aérobies en séparant les boues non agglomérées dans la zone de concentration interne au deuxième compartiment, et en fin de deuxième phase aérobie on vidange les boues extraites dans cette zone de concentration.

10 Le gaz injecté lors de la deuxième phase est de l'oxygène, ou de préférence de l'air.

Les boues granuleuses peuvent être introduites préformées dans le réacteur en début de fonctionnement, ou être produites *in situ* dans une phase préalable au traitement effectif de l'eau résiduaire.

15 Lors de la deuxième phase aérobie, l'effet d'agitation peut être assisté d'une agitation mécanique.

Plusieurs seconds compartiments peuvent être associés à un même premier compartiment pour assurer un traitement en continu des eaux résiduaires.

20 La vitesse d'écoulement de l'effluent du premier compartiment vers le deuxième compartiment lors de la mise à la pression atmosphérique du premier compartiment est de préférence supérieure à 20m/h. Si le diamètre moyen des granules des boues a tendance à diminuer, on peut réduire la durée d'aération, et ainsi le temps de famine des micro-organismes, lors de la phase
25 aérobie pour provoquer une augmentation du diamètre. Les durées des différentes étapes du cycle peuvent être ajustées pour maintenir la qualité et la quantité de boues granuleuses. A cet effet, on peut prévoir un capteur de niveau du lit de boues granuleuses dont la mesure est prise en compte pour agir sur les durées des étapes.

30 Selon le procédé objet de l'invention, le maintien de la qualité et des performances des boues granuleuses aérobies est assuré:

- en répartissant de façon homogène l'effluent à traiter dans le volume de lit de boues grâce à l'alimentation séquentielle et pulsée pendant la période d'épuration en milieu anaérobie,

35 - en opérant les réactions biologiques en milieu anaérobie avec pulsation du lit pour favoriser la constitution d'un lit avec gradient de tailles de particules sur la hauteur favorable à la séparation graduelle des boues libres,

- en combinant la pulsation du lit de boues en milieu anaérobie à la turbulence des granules en milieu aérobie pour maîtriser la distribution des tailles de granules et les propriétés qui en résultent.

La granulation des boues est déterminée par le couplage de régimes hydrodynamiques adaptés à la fois dans les phases anaérobie et aérobie. Selon le procédé de l'invention, les boues sont maintenues "granuleuses aérobies" en exerçant une sélection, absente du procédé selon EP-A-0 849 229.

L'invention concerne également une installation d'épuration d'eaux résiduaires par voie biologique comportant un réacteur avec un premier et un deuxième compartiments communiquant entre eux en partie basse, l'eau à traiter arrivant dans le premier compartiment, le deuxième compartiment contenant des boues granuleuses aérobies et se trouvant à la pression atmosphérique, et un moyen d'injection de gaz chargé d'oxygène étant prévu en partie basse du deuxième compartiment, caractérisée en ce que :

- le réacteur est un réacteur séquentiel discontinu,
- le premier compartiment est fermé en partie haute et peut être isolé de l'atmosphère,
- des moyens de mise en dépression et en pression sont disposés en zone haute non immergée du premier compartiment,
- des moyens d'injection et de répartition de l'eau à traiter sont positionnés en zone basse dans le deuxième compartiment,
- et le réacteur est prévu pour fonctionner selon un cycle comprenant deux phases à savoir :
 - une première phase anaérobie au cours de laquelle :
 - le premier compartiment est rempli sous dépression avec de l'eau à traiter,
 - puis la pression du premier compartiment est brutalement ramenée à la pression atmosphérique pour évacuer rapidement un volume d'eau à traiter vers le deuxième compartiment dans lequel aucune injection de gaz chargé d'oxygène n'a lieu,
 - les deux opérations précédentes sont répétées plusieurs fois pour introduire et répartir un volume suffisant d'effluent en mode pulsé et séquentiel dans le deuxième compartiment, les réactions biologiques étant effectuées en milieu anaérobie avec lit de boues pulsé et expansé sous l'effet de la contrainte hydraulique de l'alimentation,
 - une deuxième phase aérobie au cours de laquelle
 - l'alimentation en eau à traiter est arrêtée,

- une injection de gaz contenant de l'oxygène a lieu dans le deuxième compartiment, les réactions biologiques étant effectuées en milieu aérobic avec boues agitées sous l'effet de l'injection de gaz,
- on arrête l'injection de gaz et on laisse les boues granuleuses décanter rapidement,
- l'eau traitée est extraite du deuxième compartiment, puis un autre cycle recommence.

De préférence, l'installation comporte un concentrateur de boues situé à la périphérie externe du deuxième compartiment, du côté opposé au premier compartiment et muni d'un obturateur ou clapet automatisé. L'obturateur est fermé pendant la phase aérobic et est ouvert, à la fin de la phase aérobic, pour rester ouvert pendant la phase anaérobic.

Au moins un dispositif d'agitation mécanique est généralement disposé dans le deuxième compartiment.

L'installation peut comporter plusieurs seconds compartiments associés à un même premier compartiment pour assurer un traitement en continu des eaux résiduaires, avec des moyens pour faire communiquer et/ ou isoler chaque second compartiment relativement au premier compartiment.

L'invention consiste, mises à part les dispositions exposées ci-dessus, en un certain nombre d'autres dispositions dont il sera plus explicitement question ci-après à propos d'exemples de réalisation décrits avec référence aux dessins annexés, mais qui ne sont nullement limitatifs. Sur ces dessins :

Fig.1 est une coupe verticale schématique d'une installation conforme à l'invention,

Fig.2 est une coupe schématique partielle selon la ligne II-II de Fig.1.

Fig.3 est une vue schématique de dessus d'une installation avec plusieurs seconds compartiments associés à un même premier compartiment, et

Fig. 4 est une coupe verticale schématique d'une pelle flottante.

En se référant à Fig.1, on peut voir un exemple de réalisation d'une installation d'épuration d'eaux résiduaires par voie biologique en présence de boues granuleuses aérobies selon l'invention.

L'installation comprend un réacteur séquentiel discontinu R pourvu d'une arrivée 1 de l'effluent dans un premier compartiment 2 d'alimentation, en forme de cloche. Ce compartiment 2 est fermé en partie haute et peut être isolé de l'atmosphère. Une dépression peut être créée dans cette partie haute à l'aide d'un ventilateur ou d'un surpresseur fonctionnant en pompe à vide 3.

Dans ces conditions, le niveau L de l'eau brute monte progressivement dans le compartiment 2 jusqu'à atteindre une hauteur de 0,6 à 1 m au-dessus du plan d'eau H d'un deuxième compartiment 4, ou compartiment de réaction et de séparation, qui se trouve à la pression atmosphérique. La hauteur du premier
5 compartiment 2 est supérieure à celle du deuxième compartiment 4.

La structure générale du réacteur R correspond sensiblement à celle de décanteurs à pulsations construits et commercialisés par la Société demanderesse et décrits notamment dans le « Memento technique de l'eau » 10^{ème} édition DEGREMONT SUEZ, tome 2, pages 844-849. La mise en œuvre
10 et l'application du réacteur R de l'invention diffèrent totalement des décanteurs en question.

Les compartiments 2 et 4 communiquent entre eux par un passage 2a prévu en partie basse d'une cloison de séparation 2b. Le deuxième compartiment 4 contient un lit 5 de boues granuleuses déposé à la base du
15 compartiment 4 sur une grille ou un support perforé 5a horizontal. Le lit 5 est compacté sous l'effet de la gravité.

Un relais électrique (non représenté) relié à un détecteur de niveau 6 commande l'ouverture brusque d'une vanne casse-vidé 7 de mise en communication de la partie haute du premier compartiment 2 avec
20 l'atmosphère. L'eau pénètre alors dans le compartiment 4 de réaction et de séparation par une canalisation 8 sur laquelle sont branchées des canalisations de dérivation 8b généralement orthogonales à la canalisation 8, pour assurer une répartition uniforme de la distribution d'eau sous le lit 5 de boues granuleuses.

25 La survitesse créée par le fonctionnement du compartiment 2 doit être suffisante pour permettre de fluidiser le lit de boue 5

Les canalisations de dérivation 8b sont munies de dispositifs d'éjection d'eau avec une grande vitesse (supérieure à la vitesse minimale de fluidisation) faisant l'effet d'une chasse tandis que des tranquillisateurs 9
30 assurent le maintien d'une bonne répartition du liquide au travers du lit de boue qui se détasse et s'expande de 10 à 30 %.

Les boues non agglomérées se déversent dans un concentrateur 10 correspondant à une fosse à fond incliné d'où elles sont extraites à intervalles réguliers par une conduite 10a et des moyens de pompage non représentés.
35 Ce type de dispositif présente l'avantage de pouvoir purger sans risquer d'affecter le lit de boues. Le concentrateur est muni également d'un dispositif d'obturation (clapet automatisé) 14 permettant d'isoler le concentrateur en phase d'aération.

La durée et la fréquence des phases de mise sous vide et de chasse du premier compartiment 2 est ajustée pour répartir l'alimentation de l'effluent sur la durée nécessaire à la réaction biologique en condition anaérobie. Pendant cette période, les boues grossissent par assimilation des différents substrats, carbone, nitrates et sulfates tandis que le lit 5 de boues est soumis à des mouvements alternatifs verticaux et augmente de volume. Le mouvement du lit de boues et la création de volume interstitiel favorise la diffusion des substrats et la vitesse des réactions biologiques.

De plus, sous l'effet de la pulsation de l'alimentation, le lit de boues s'organise en tranches de boues de propriétés physiques différentes. Les boues granuleuses les plus denses se disposent dans les couches inférieures alors que les particules non agglomérées correspondant aux granules en formation ou défloculées se répartissent en surface. Une classification s'opère.

Le concentrateur 10 placé dans le deuxième compartiment permet de récupérer les boues granuleuses qui ne possèdent pas les caractéristiques physiques souhaitées.

Les boues granuleuses qui se maintiennent dans le lit 5 de boues offrent une moindre distribution de taille, ont une meilleure cohésion et un degré de sphéricité sensiblement amélioré.

Une rampe 11 munie d'un système d'injection de gaz contenant de l'oxygène, notamment d'air, est disposée au fond du deuxième compartiment 4 de réaction et de séparation. La rampe 11 peut être située au-dessous ou au-dessus des canalisations 8, 8b de distribution d'eau à traiter.

Avant le démarrage de la phase aérobie, l'obturateur 14 est en position fermée afin d'isoler le concentrateur.

L'introduction de gaz contenant de l'oxygène a lieu à l'issue de la première phase du procédé correspondant à une période de réaction en milieu anaérobie alors que l'alimentation en effluent est achevée.

Au cours de la deuxième phase aérobie, la vitesse du gaz insufflé par la rampe 11 doit être suffisante pour entraîner la mise en mouvement turbulent des granules nécessaire à provoquer l'attrition à l'origine du détachement de biofilm à croissance rapide.

A des fins d'économie d'énergie, un dispositif d'agitation mécanique adapté B, en particulier à hélice, peut compléter l'injection de gaz.

Dans tous les cas, le gaz fournit simultanément l'oxygène nécessaire aux réactions biologiques d'oxydation du carbone, de nitrification.

A l'issue de la durée des réactions aérobie, l'injection de gaz est arrêtée. L'eau épurée en carbone, azote, sulfates et phosphore est extraite via

un dispositif 12 tel que déversoir ou vanne situé à hauteur médiane du réacteur ou par un déversoir flottant 13 (Fig.4) de type pelle, relié à la sortie d'eau traitée par une conduite articulée sur un joint à rotule.

5 A la fin de la séquence de vidange, l'obturateur 14 est ouvert afin de permettre la sélection des granules en début d'alimentation.

L'installation permet de réaliser la séquence suivante nécessaire au maintien du système de traitement d'eaux résiduaires avec boues granuleuses aérobies dans un seul et même réacteur à lit de boues alternativement pulsé et agité, et soumis à sélection :

10 *Phase anaérobie*

a) alimentation en eau brute pulsée : mise en fluidisation du lit de boue.

15 Stratification et classification des boues et élimination par le sélecteur des granules de propriétés dégradées notamment en terme de décantation et de taille.

Phase aérobie

b) mise en suspension turbulente ou non du système avec injection de gaz contenant de l'oxygène

20 c) décantation et évacuation de l'eau traitée clarifiée par vanne de vidange.

d) extraction des boues concentrées dans le sélecteur à fréquence.

e) après la fin de la phase aérobie, nouvelle séquence de a) à c) ou a) à d).

25 La répétition de l'enchaînement des étapes biologiques réalisé comme décrit ci-dessus (alimentation et réaction en milieu anaérobie, réaction en milieu aérobie, décantation et extraction) entraîne une production de boues granuleuses plus sélective. Les boues granuleuses ainsi obtenues sont de meilleure qualité en terme de :

- 30
- distribution plus fine de tailles
 - vitesse de décantation plus homogène
 - distribution des populations bactériennes plus uniforme
 - durée de maintien dans le réacteur.

35 Les boues granuleuses offrent alors des performances accrues liées au renouvellement de la surface active exposée aux substrats à transformer.

Pour assurer le traitement en continu des eaux résiduaires, comme illustré sur Fig.3, plusieurs deuxièmes compartiments sont disposés autour d'un même compartiment d'alimentation central 2. Le nombre des deuxièmes

compartiments de réaction est calculé en fonction du temps de séjour de l'effluent. Fig.3 schématise une configuration à quatre deuxièmes compartiments de réaction 4a, 4b, 4c, 4d dont la communication avec le premier compartiment central est commandée par des vannes Va, Vb, Vc, Vd.

5 Les deuxièmes compartiments peuvent être mis en communication avec le premier compartiment selon une permutation circulaire afin d'assurer en permanence une évacuation d'eau traitée sur les canalisations 12a ou 12b qui se rejoignent en aval. Les boues sont évacuées par des canalisations 15a, 15b.

10 Les avantages apportés par le procédé et l'installation objet de la présente invention sont importants. Ils permettent d'accroître l'efficacité du traitement en lui apportant une grande flexibilité d'exploitation et d'adaptation à des qualités et quantités d'effluents différents les uns des autres.

On donne ci-après un exemple pratique de réalisation et de mise œuvre de l'invention en installation pilote, cet exemple n'ayant aucun caractère
15 limitatif.

EXEMPLE

Dans cet exemple, on a utilisé un réacteur dont le compartiment de réaction et de séparation est à base carrée de longueur 0,25 m et de volume utile égal à 0,200 m³ pour une hauteur d'eau de 3 m. Les boues granuleuses
20 présentant un diamètre moyen de 1,8 mm ont une concentration de 13 kg/m³. Le compartiment d'alimentation 2 a une hauteur d'eau égale à 4 m sous dépression.

L'effluent à traiter était de l'eau résiduaire urbaine tamisée, de température 22°C et caractérisée par des concentrations :

25 Demande chimique en oxygène totale, DCO totale : 480 mg/L

Azote ammoniacal, N-NH₄⁺ : 42 mg N/L

Phosphore total, Ptotal : 5 mg/L

La séquence de traitement suivante a été appliquée par 100 L d'effluent traité.

30 L'effluent a été admis à la vitesse de 30 m/h dans le deuxième compartiment 4 de réaction en milieu anaérobie pendant une durée de 20 minutes moyennant des cycles de fonctionnement du premier compartiment 2, ou cloche, à 35 s de remplissage et 5 s de chasse.

De l'air a ensuite été injecté dans le deuxième compartiment 4 avec
35 un débit de 5 m³/h pendant une durée de 30 minutes.

Une période de décantation de 5 minutes a été observée avant vidange de l'effluent traité.

La séquence ci-dessus a été répétée 9 fois de façon à traiter 1 m³ d'effluent. Les analyses pratiquées à partir des échantillons d'effluent traité montrent que les rendements d'élimination moyens sont :

- 5 Pour la demande chimique en oxygène totale, DCO totale : 88%
- Pour l'azote ammoniacal, N-NH₄⁺ : 95 %
- Pour le phosphore total, Ptotal : 78 %
- Pour l'azote global, NGL : 70 %.

- De plus, les variations enregistrées pour chacun d'eux ne sont pas significatives au regard des erreurs expérimentales de détermination des concentrations.
- 10

Ces résultats illustrent les très bonnes performances produites par le procédé et l'installation selon l'invention pour le traitement d'une eau résiduaire urbaine typique.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'épuration d'eaux résiduaire par voie biologique mettant en
5 œuvre un réacteur comportant un premier (2) et un deuxième (4)
compartiments communiquant entre eux en partie basse, l'eau à traiter arrivant
dans le premier compartiment, le deuxième compartiment contenant des boues
granuleuses aérobies et se trouvant à la pression atmosphérique, et une
10 injection de gaz chargé d'oxygène étant prévue en partie basse du deuxième
compartiment,
caractérisé en ce que :
- les boues granuleuses forment un lit (5) dans le deuxième compartiment (4),
 - on fait fonctionner le réacteur de manière séquentielle et discontinue selon un
cycle comprenant deux phases à savoir :
 - 15 - une première phase anaérobie au cours de laquelle :
 - le premier compartiment (2) est rempli sous dépression avec de l'eau à
traiter,
 - puis la pression du premier compartiment est brutalement ramenée à la
pression atmosphérique pour évacuer rapidement un volume d'eau à traiter
20 vers le deuxième compartiment (4) dans lequel aucune injection de gaz
chargé d'oxygène n'a lieu,
 - les deux opérations précédentes sont répétées plusieurs fois pour
introduire et répartir un volume suffisant d'effluent en mode pulsé et
séquentiel dans le deuxième compartiment (4), les réactions biologiques
25 étant effectuées en milieu anaérobie avec lit de boues (5) pulsé et expansé
sous l'effet de la contrainte hydraulique de l'alimentation,
 - une deuxième phase aérobie au cours de laquelle
 - l'alimentation en eau à traiter est arrêtée, l'obturateur d'une zone de
concentration de boues (10) est placé en position fermée,
 - 30 - une injection de gaz contenant de l'oxygène a lieu dans le deuxième
compartiment (4), les réactions biologiques étant effectuées en milieu
aérobie avec boues agitées sous l'effet de l'injection de gaz,
 - on arrête l'injection de gaz et on laisse les boues granuleuses décanter
rapidement,
 - 35 - l'eau traitée est extraite du deuxième compartiment, l'obturateur de la
zone de concentration de boues est placé à nouveau en position
ouverte,
- puis un autre cycle recommence.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que au cours de la première phase anaérobie, on sélectionne les boues granuleuses aérobies en séparant les boues non agglomérées dans la zone de concentration (10) interne au deuxième compartiment (4), et en fin de deuxième phase aérobie on vidange les boues extraites dans cette zone de concentration.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le gaz injecté lors de la deuxième phase est de l'air.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les boues granuleuses sont introduites préformées dans le deuxième compartiment (4) en début de fonctionnement.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les boues granuleuses sont produites *in situ* dans une phase préalable au traitement effectif de l'eau résiduaire.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lors de la deuxième phase aérobie, l'effet d'agitation est assisté d'une agitation mécanique (B).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que plusieurs seconds compartiments (4a, 4b, 4c, 4d) sont associés à un même premier compartiment (2) pour assurer un traitement en continu des eaux résiduaires.
8. Installation d'épuration d'eaux résiduaires par voie biologique comportant un réacteur avec un premier (2) et un deuxième (4) compartiments communiquant entre eux en partie basse, l'eau à traiter arrivant dans le premier compartiment, le deuxième compartiment contenant des boues granuleuses aérobies et se trouvant à la pression atmosphérique, et un moyen d'injection de gaz chargé d'oxygène étant prévu en partie basse du deuxième compartiment, caractérisée en ce que :
- le réacteur est un réacteur séquentiel discontinu,
 - le premier compartiment (2) est fermé en partie haute et peut être isolé de l'atmosphère,

- des moyens de mise en dépression (3) et en pression (7) sont disposés en zone haute non immergée du premier compartiment (2),
- des moyens d'injection et de répartition (8,8b) de l'eau à traiter sont positionnés en zone basse dans le deuxième compartiment (4),
- 5 le réacteur étant prévu pour fonctionner selon un cycle comprenant deux phases à savoir :
 - une première phase anaérobie au cours de laquelle :
 - le premier compartiment (2) est rempli sous dépression avec de l'eau à traiter,
 - 10 - puis la pression du premier compartiment est brutalement ramenée à la pression atmosphérique pour évacuer rapidement un volume d'eau à traiter vers le deuxième compartiment (4) dans lequel aucune injection de gaz chargé d'oxygène n'a lieu,
 - les deux opérations précédentes sont répétées plusieurs fois pour
 - 15 introduire et répartir un volume suffisant d'effluent en mode pulsé et séquentiel dans le deuxième compartiment (4) , les réactions biologiques étant effectuées en milieu anaérobie avec lit de boues (5) pulsé et expansé sous l'effet de la contrainte hydraulique de l'alimentation,
 - une deuxième phase aérobie au cours de laquelle
 - 20 - l'alimentation en eau à traiter est arrêtée,
 - une injection de gaz contenant de l'oxygène a lieu dans le deuxième compartiment (4), les réactions biologiques étant effectuées en milieu aérobie avec boues agitées sous l'effet de l'injection de gaz,
 - on arrête l'injection de gaz et on laisse les boues granuleuses décanter
 - 25 rapidement,
 - l'eau traitée est extraite du deuxième compartiment,
- puis un autre cycle recommence.
- 9. Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce qu'elle comporte un
- 30 concentrateur de boues (10) situé à la périphérie externe du deuxième compartiment (4), du côté opposé au premier compartiment (2) et muni d'un obturateur ou clapet automatisé(14).
- 10. Installation selon la revendication 8 ou 9, caractérisée en ce qu'au moins
- 35 un dispositif d'agitation mécanique (B) est disposé dans le deuxième compartiment (4).

11. Installation selon l'une quelconque des revendication 8 à 10, caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs seconds compartiments (4a,4b,4c,4d) associés à un même premier compartiment (2) pour assurer un traitement en continu des eaux résiduelles, avec des moyens (Va,Vb,Vc,Vd) pour faire
- 5 communiquer et/ ou isoler chaque second compartiment relativement au premier compartiment.

1/2

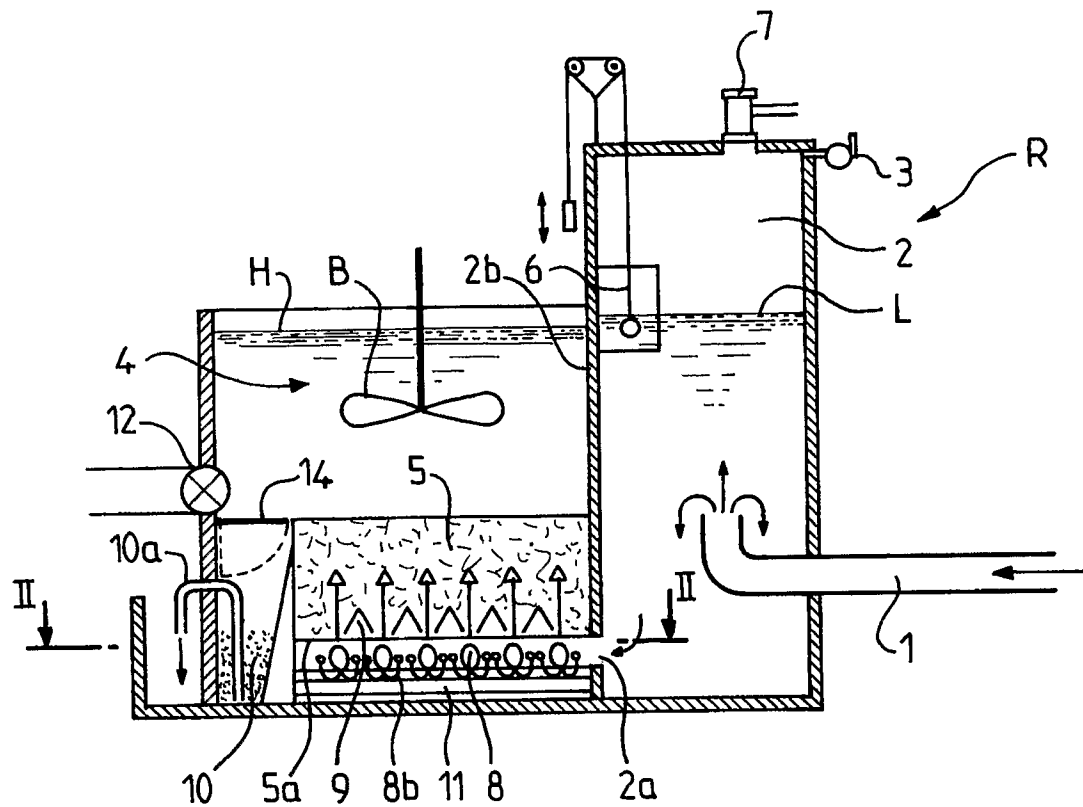


FIG.1

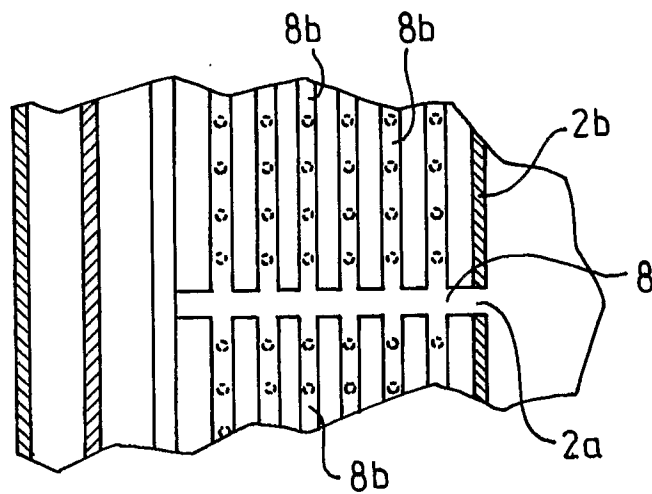


FIG.2

2/2

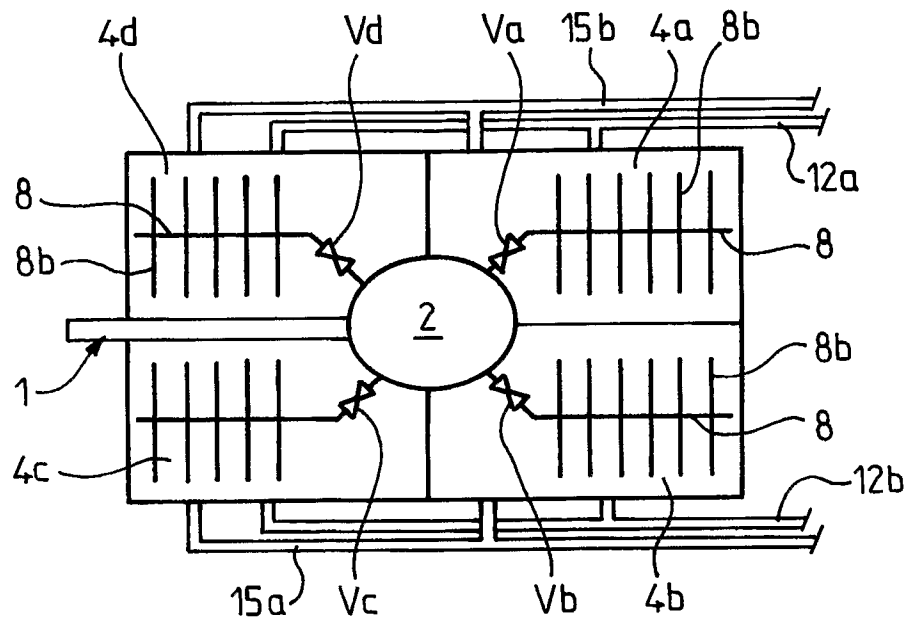


FIG. 3

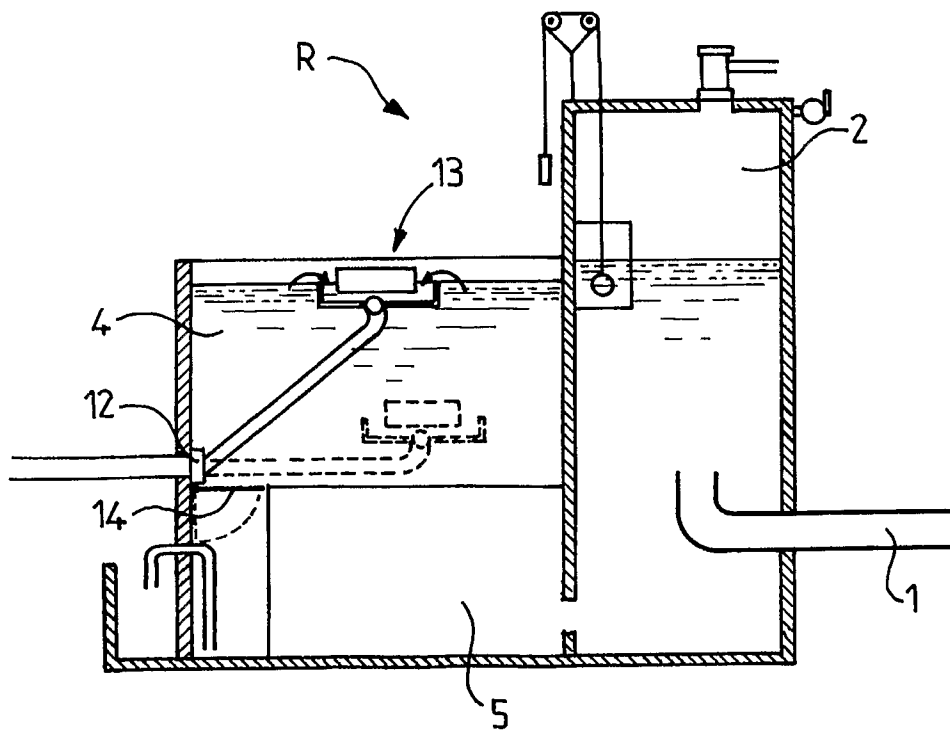


FIG. 4