



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/11/09  
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/05/12  
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2013/01/09  
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2010/052401  
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/055101  
 (30) Priorité/Priority: 2009/11/09 (FR09/57898)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C02F 3/32* (2006.01),  
*A01K 63/04* (2006.01), *C02F 1/24* (2006.01),  
*C02F 3/00* (2006.01), *C02F 3/02* (2006.01)  
 (71) Demandeurs/Applicants:  
 INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR  
 L'EXPLOITATION DE LA MER IFREMER, FR;  
 INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES  
 DE LYON, FR  
 (72) Inventeurs/Inventors:  
 CHAMPAGNE, JEAN-YVES, FR;  
 RENE, FRANCOIS, FR  
 (74) Agent: NORTON ROSE CANADA S.E.N.C.R.L.,  
 S.R.L./LLP

(54) Titre : PROCÉDE DE RECUPERATION DE MICROPARTICULES INERTES OU VIVANTES, SON UTILISATION ET SON INSTALLATION  
 (54) Title: METHOD FOR RECOVERING INERT OR LIVING MICROPARTICLES AND USE AND INSTALLATION OF SAME

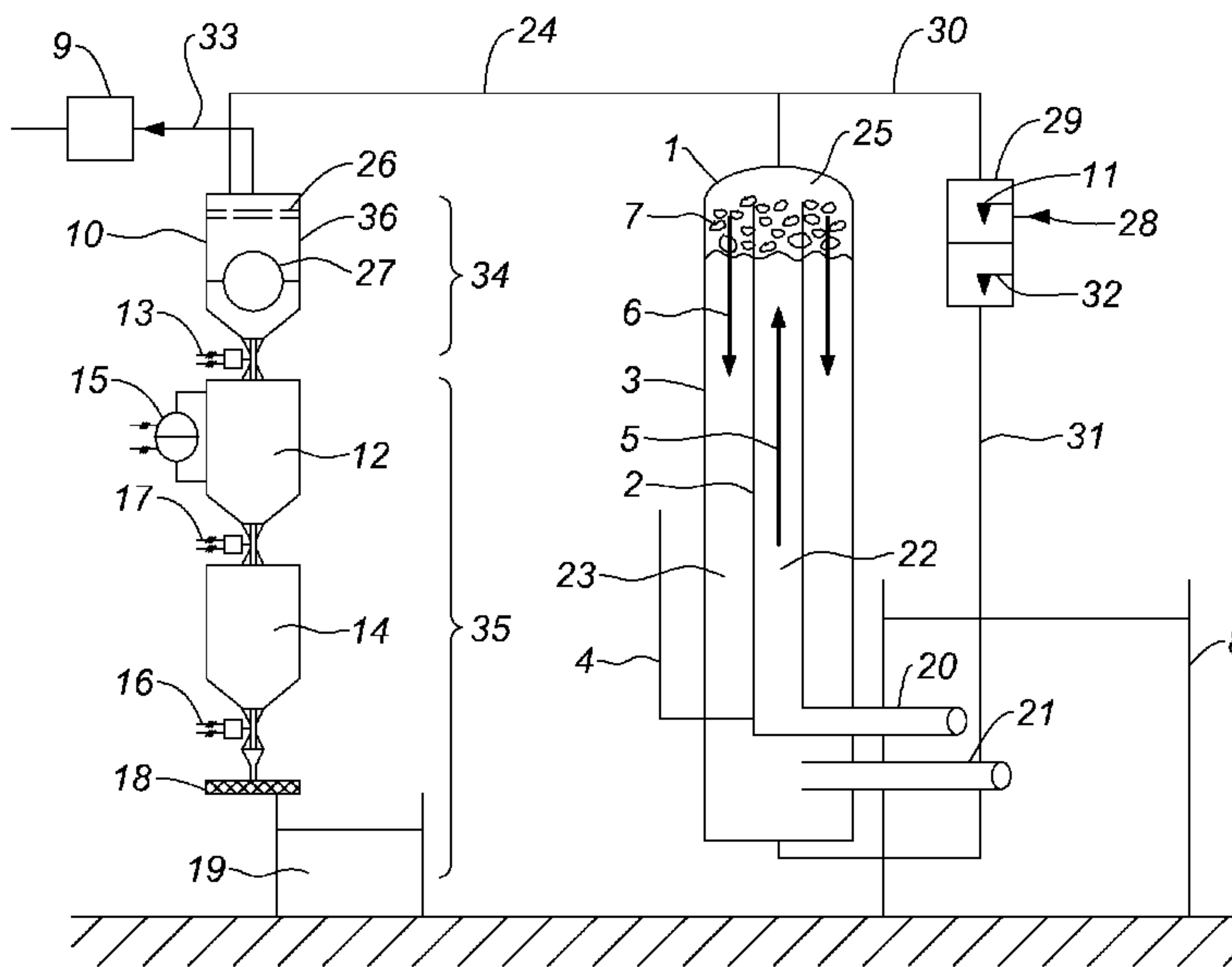


Fig. 1

(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes, au cours duquel on établit une colonne liquide montante sous dépression d'un effluent aqueux comprenant des microparticules inertes ou vivantes et on sépare une écume en haut de colonne en un effluent polyphasique enrichi en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux et en un effluent majoritairement liquide appauvri en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux. L'invention concerne aussi les différentes applications de ce procédé, ainsi qu'une installation mettant en œuvre ce procédé.

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2011/055101 A1**

(43) Date de la publication internationale  
12 mai 2011 (12.05.2011)

(51) Classification internationale des brevets :  
C02F 3/32 (2006.01) C02F 1/24 (2006.01)  
C02F 3/00 (2006.01) A01K 63/04 (2006.01)  
C02F 3/02 (2006.01)

F-69006 Lyon (FR). RENE, François [FR/FR]; 4 rue Coppe Cambe, F-34570 Saussan (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2010/052401

(74) Mandataire : Cabinet GERMAIN & MAUREAU; B.P. 6153, F-69466 Lyon Cedex 06 (FR).

(22) Date de dépôt international :  
9 novembre 2010 (09.11.2010)

(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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
09/57898 9 novembre 2009 (09.11.2009) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :  
INSTITUT NATIONAL des SCIENCES  
APPLIQUEES DE LYON [FR/FR]; 20 avenue Albert  
Einstein, F-69621 Villeurbanne Cedex (69266) (FR).  
INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR  
L'EXPLOITATION DE LA MER IFREMER  
[FR/FR]; 155 rue Jean Jacques Rousseau, F-92130 Issy  
Les Moulineaux (FR).

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

(72) Inventeurs; et  
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
CHAMPAGNE, Jean-Yves [FR/FR]; 37 rue Vendôme,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR RECOVERING INERT OR LIVING MICROPARTICLES AND USE AND INSTALLATION OF SAME

(54) Titre : PROCÉDE DE RECUPERATION DE MICROPARTICULES INERTES OU VIVANTES, SON UTILISATION ET SON INSTALLATION

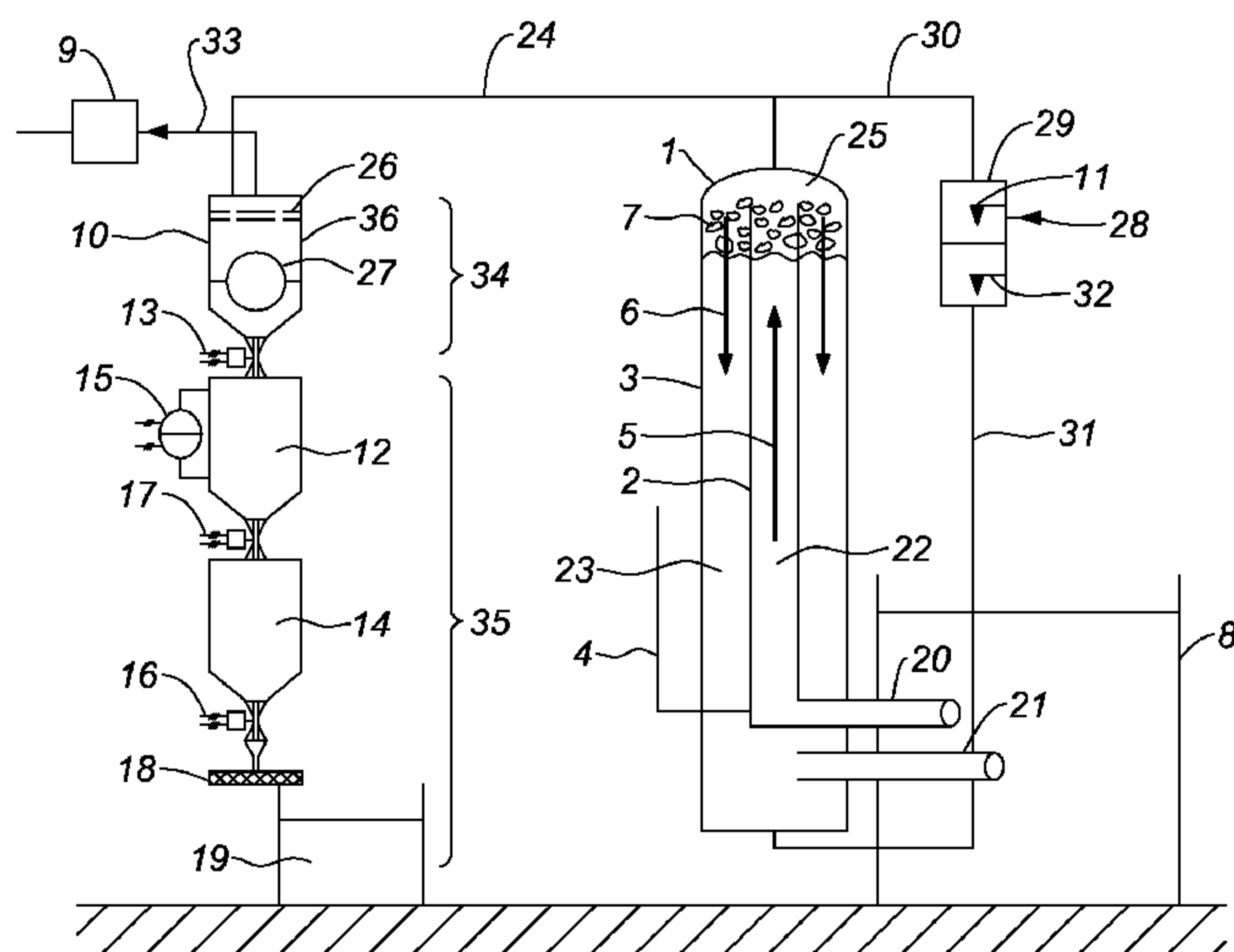


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for recovering inert or living microparticles, during which a rising liquid column under partial vacuum of an aqueous effluent including inert or living microparticles is formed, and foam is separated from the top of the riser in a multiphase effluent enriched with inert or living microparticles relative to the aqueous effluent and in a mostly liquid effluent depleted of inert or living microparticles relative to the aqueous effluent. The invention also relates to the various uses of said method, as well as to a facility implementing said method.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes, au cours duquel on établit une colonne liquide montante sous dépression d'un effluent aqueux comprenant des microparticules inertes ou vivantes et on sépare une écume en haut de colonne en un effluent polyphasique enrichi en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux et en un effluent majoritairement liquide appauvri en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux. L'invention concerne aussi les différentes applications de ce procédé, ainsi qu'une installation mettant en œuvre ce procédé.

**WO 2011/055101 A1** 

---

**Publiée :**

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

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

## PROCEDE DE RECUPERATION DE MICROPARTICULES INERTES OU VIVANTES, SON UTILISATION ET SON INSTALLATION

La présente invention concerne un procédé, ainsi qu'une  
5 installation de récupération de microparticules inertes ou vivantes, de  
préférence de micro-organismes photosynthétiques.

Dans le cadre de la présente invention, le terme générique micro-  
organismes photosynthétiques sera utilisé pour désigner des organismes  
microscopiques photosynthétiques qui peuvent être unicellulaires ou  
10 pluricellulaires indifférenciés. La présente invention sera d'ailleurs plus  
particulièrement décrite en prenant appui sur les micro-organismes  
photosynthétiques, tels que des micro-algues, sans toutefois que cela en  
constitue une quelconque limitation. De plus, lorsque des micro-organismes  
photosynthétiques seront récupérés, on parlera de « procédé de récolte ».

15 En outre, on entendra par microparticules inertes des colloïdes  
(matières organiques dissoutes), des micro-floculants, des boues, ou encore  
des silices.

La culture de micro-organismes photosynthétiques est de nos jours  
en plein essor, du fait du potentiel exceptionnel que représentent ces  
20 organismes simples, qui sont capables de capter le gaz carbonique, ainsi que  
tous les autres composés gazeux considérés comme des polluants que sont  
les NO<sub>x</sub> (tels que NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, et autres composés azotés gazeux ou micronisés)  
et les SO<sub>x</sub> (tels que SO<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> et autres composés sulfureux gazeux ou  
micronisés, soufrés ou hydrogénés) pour synthétiser leur matière organique  
25 par photosynthèse, et ce avec une très grande efficacité surfacique (au moins  
dix fois supérieure en matière de production valorisable par rapport aux  
productions végétales terrestres cultivées). Les micro-organismes  
photosynthétiques sont donc actuellement principalement cultivés dans des  
systèmes ouverts, tels que des lagunes ou des bassins. Plus précisément, ils  
30 peuvent être cultivés dans de longs tubes en verre ou dans des bassins dans  
des eaux salées, sur-salées, ou encore dans des eaux douces, et offrent ainsi  
une possibilité de récolte en continu. Les développements technologiques  
récents permettent aussi de cultiver les micro-organismes photosynthétiques  
dans des photo-bioréacteurs clos ; ce qui procure l'avantage de mettre en

œuvre un procédé de culture de micro-organismes photosynthétiques spécifiques entièrement contrôlé et sous asepsie.

Ainsi, l'intérêt pour les micro-organismes photosynthétiques s'est particulièrement accru ces dernières années, du fait de leur utilisation notamment pour la fabrication de biocarburants, à partir d'huiles extraites d'algues microscopiques présentes dans le plancton.

Il est connu que la production de biocarburant à base de tournesol, de soja ou encore de canne à sucre engendre des coûts de production élevés. Les micro-organismes photosynthétiques offrent quant à eux un rendement trente fois supérieur à celui des oléagineux (grâce à leur capacité d'accumulation d'acides gras qui peut représenter jusqu'à 50% de leur poids sec), avec l'avantage supplémentaire de ne pas nuire à l'environnement.

Les micro-organismes photosynthétiques représentent ainsi une alternative non concurrentielle aux cultures alimentaires et de surcroît très intéressante grâce à :

- leur potentiel de développement bien plus élevé,
- la particularité de certaines espèces de micro-organismes photosynthétiques à produire des réserves de lipides allant jusqu'à 70% de leur masse, lorsqu'elles sont soumises à des stress tels que la privation d'azote ou une augmentation brutale de lumière,
- leur absence de besoin de produits zoo- et phytosanitaires pour leur culture.

Les micro-organismes photosynthétiques présentent en outre l'avantage de contenir des coproduits valorisables dans divers domaines d'application tels que :

- la pharmacie et l'agroalimentaire (vitamines, oméga 3, antioxydants, sucres),
- l'industrie (silice, pigments), et
- la pétrochimie (lipides).

Cependant, un des principaux obstacles aux développements techniques et économiques de la culture de micro-organismes photosynthétiques se situe au niveau de leur procédé de récolte, qui doit être efficace à faibles coûts énergétiques. En effet, à contrario des plantes terrestres (organismes généralement pluricellulaires et de grande taille) qui sont aisément récoltables par des moyens mécaniques n'engendrant pas de coûts énergétiques trop élevés, la mise en œuvre de la récolte de micro-

organismes photosynthétiques se heurte au problème de la faible dimension du produit à récolter, à savoir une taille moyenne comprise entre 0,5 et 60 microns.

De l'état de la technique, les procédés suivants de récolte de  
5 micro-organismes photosynthétiques sont connus:

- la centrifugation, technique efficace mais coûteuse : la récolte de un à deux kilos d'algues sèches nécessite la centrifugation d'une tonne de milieu de culture (densité optimale et maximale des cultures d'algues à récolte à l'heure actuelle) ;
- 10 - la floculation représente une technique efficace d'un point de vue énergétique, mais elle nécessite la mise en œuvre d'opérations préalables que sont notamment :
  - o la floculation spontanée : opération longue, dont les résultats obtenus sont peu fiables, étant donné que cette opération peut  
15 mettre en péril la qualité des produits récoltés,
  - o la biofloculation par mélange avec une culture bactérienne : technique s'avérant coûteuse en termes d'énergie et peu fiable,
  - o la floculation par choc froid, efficace mais très coûteuse en énergie,
- 20 - la récolte par filtration tangentielle, technique coûteuse en énergie et souvent destructrice des appendices proéminentes des parois cellulaires des micro-organismes photosynthétiques ; de plus la présence d'algues à squelette siliceux est susceptible d'endommager rapidement les parois filtrantes en limitant donc leur durée de vie.

25 Ces procédés de récolte de micro-organismes photosynthétiques s'avèrent non seulement coûteux en énergie, mais peuvent aussi être destructeurs des micro-organismes photosynthétiques récoltés. Par ailleurs, ils nécessitent un entretien permanent des tamis filtrants, notamment s'il existe des diatomées à capsules siliceuses, la thèque de ces algues détruisant les  
30 tamis filtrants de maille comprise entre 1 et 30 microns.

La présente invention remédie à ces inconvénients en proposant un procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes parfaitement adapté à la récolte de micro-organismes photosynthétiques, tels que des micro-algues, du fait qu'il :

- 35 - optimise le coût énergétique de la récupération, et en particulier de la récolte des micro-organismes photosynthétiques par pré-concentration,

- préserve l'intégrité des micro-organismes photosynthétiques,
- nécessite des coûts de gestion et de mise en œuvre faibles,
- rend possible la récolte en continu par l'écrêtage permanent des cultures.

5 Le procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes selon la présente invention comprend les étapes suivantes :

- a) on établit une colonne liquide montante sous dépression d'un effluent aqueux comprenant des microparticules inertes ou vivantes,
- en injectant dans la colonne, du côté bas, une phase gazeuse, ladite
- 10 phase gazeuse se répartissant dans la colonne sous forme de bulles, et
- en instaurant une dépression du côté haut de la colonne,

de manière à ce que les bulles soient de diamètre croissant lors de leur migration vers le haut de la colonne et à obtenir du côté haut de la colonne une écume constituée d'un mélange polyphasique de l'effluent aqueux et de la

15 phase gazeuse,

- b) on sépare l'écume en haut de colonne en :
- un effluent polyphasique enrichi en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux, ledit effluent polyphasique étant constitué majoritairement des gaz de la phase gazeuse qui a été éventuellement
- 20 modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne,
- un effluent majoritairement liquide appauvri en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux et redescendant dans la colonne,

c) on concentre les microparticules inertes ou vivantes contenues dans l'effluent polyphasique par séparation des phases dudit effluent polyphasique en :

- un concentrat constitué d'un liquide comprenant les microparticules inertes ou vivantes,
- 30 - une phase gazeuse constituée des gaz de la phase gazeuse qui a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne,

d) on récupère les microparticules inertes ou vivantes au moyen d'une étape de floculation, suivie d'une étape de sédimentation.

35 Dans le cadre de la présente invention, on utilise le terme « effluent » dans son sens le plus général pour désigner tout fluide émanant

d'une source polyphasique, à savoir constituée d'un mélange de liquide, de gaz et d'éléments solides, dont la proportion de chacun de ces trois états peut être très variable.

A l'étape b) du procédé selon l'invention, on entend par :

- 5 - un « effluent polyphasique constitué majoritairement des gaz de la phase gazeuse », un effluent dont la proportion de gaz présents dans cet effluent est supérieure ou égale à 90%,
- un « effluent majoritairement liquide », un effluent dont la proportion de liquide présent dans cet effluent est supérieure ou égale à 80%.

10 Selon ce procédé, des microparticules inertes ou vivantes présentes à des concentrations comprises entre  $0,1 \text{ g/m}^3$  et  $10\,000 \text{ g/m}^3$  dans un effluent aqueux peuvent être récupérées. La concentration de l'effluent aqueux en microparticules inertes ou vivantes va dépendre du type d'application auquel est destiné le procédé.

15 En effet, le procédé selon l'invention présente l'avantage de pouvoir être mis en œuvre dans une gamme de concentrations en microparticules vivantes ou inertes présentes dans un effluent aqueux très étendue, et donc de pouvoir être utilisé dans des domaines d'applications techniques très variés qui sont décrits ci-après.

20 De plus, le procédé selon l'invention pouvant fonctionner en continu, il est possible d'adapter le taux de récupération des microparticules inertes ou vivantes présentes dans un effluent aqueux en fonction du coût énergétique souhaité : ce qui dépend du domaine d'application du procédé. En particulier, du fait d'un fonctionnement possible en boucle fermée, le procédé  
25 selon l'invention pourra être mis en œuvre un certain nombre de fois sur l'effluent aqueux contenant des microparticules inertes ou vivantes de manière à augmenter le taux de récupération desdites microparticules inertes ou vivantes.

30 Le procédé selon l'invention permet de récupérer des microparticules inertes ou vivantes pouvant être concentrées entre 10 et 30 fois, voire entre 100 et 1000, par rapport à celles présentes dans l'effluent aqueux auquel est appliqué le procédé.

35 Le procédé selon l'invention peut être utilisé dans le domaine d'application d'épuration des eaux de ville en récupérant des flots bactériens, des colloïdes, des microparticules résiduelles inertes telles que des argiles, des boues ou encore des silices, la concentration en microparticules dans l'effluent

aqueux étant comprise entre 5 et 10 g/L. Le procédé permet d'obtenir des eaux pures, après récupération desdites microparticules, à une concentration résiduelle en ces microparticules de l'ordre de  $10^{-3}$  g/L.

Le procédé selon l'invention peut être utilisé en exploitation pétrolière off-shore, à savoir pour pré-filtrer (à 80-90%) l'eau de mer utilisée en fluide de chasse du pétrole brut dans les roches mères pétrogénées. Pour cette utilisation, la concentration en microparticules dans l'effluent aqueux est de l'ordre de  $0,1 \text{ g/m}^3$ . Il peut en effet être recherché une épuration de l'eau de mer au large ou côtière de toute microparticule de taille supérieure au pore de la roche mère, soit de l'ordre de  $5 \text{ }\mu\text{m}$ . Cette utilisation du procédé permet une pré-filtration de l'eau de mer à faible coût, et ce avant une filtration totale par un procédé plus coûteux et plus fragile tel qu'une filtration tangentielle.

Une autre application du procédé peut être du domaine de l'écloserie de mollusques, à savoir pour séparer les micro-algues nourricières présentes dans les eaux d'élevage de telles éclosiers, avant la stérilisation par ultra-violet (le milieu à stériliser devant être transparent). Grâce à ce procédé, les algues ainsi séparées restent vivantes et peuvent être réinjectées dans le circuit d'eau d'élevage une fois la stérilisation effectuée. Pour cette application, la concentration en microparticules de l'effluent aqueux peut être comprise entre  $10 \text{ g/m}^3$  et  $100 \text{ g/m}^3$ .

Une utilisation préférée du procédé selon l'invention est la récolte de micro-algues, la concentration en micro-algues dans l'effluent aqueux pouvant être comprise entre  $100 \text{ g/m}^3$  et  $10\,000 \text{ g/m}^3$ , de préférence entre  $5\,000 \text{ g/m}^3$  et  $10\,000 \text{ g/m}^3$ . Le procédé selon l'invention permet d'obtenir des micro-algues concentrées à une concentration comprise entre 10 et 20 g/L, et ainsi de concentrer l'effluent aqueux initial 20 à 30 fois lorsque la concentration de la biomasse est de l'ordre de 0,5 à 1 g de matière sèche par litre de culture, voire même de le concentrer de 100 à 1000 fois lorsque la concentration en micro-algues de l'effluent aqueux est plus faible, à savoir inférieure à 0,05 g/L.

Une autre application du procédé selon l'invention consiste en l'épuration d'eaux d'aquarium, ou encore de bassins d'élevage d'animaux d'aquaculture, par la filtration de microparticules (colloïdes et de particules fines telles que des protéines) de taille de l'ordre de  $0,01 \text{ }\mu\text{m}$ , et ce de manière à obtenir « des eaux résiduelles pures » de l'ordre de 0,001 g/L de matières en suspension présentes dans l'eau de l'aquarium.

Ainsi, un objet de la présente invention est un procédé d'épuration d'eaux de bassins d'élevage d'animaux d'aquaculture qui comprend les étapes suivantes :

- 5 a) on établit une colonne liquide montante sous dépression d'un effluent aqueux provenant d'une première source, ladite première source étant un bassin d'élevage d'animaux d'aquaculture, dans lequel est éventuellement injecté de l'oxygène, ledit effluent aqueux comprenant des fèces, des colloïdes, des particules fines telles que des protéines, et
- 10 des gaz dissous tels que de l'ammoniaque, du diazote et du dioxyde de carbone, produits par les animaux d'aquaculture,
- en injectant dans la colonne du côté bas une phase gazeuse constituée d'air et éventuellement d'ozone, ladite phase gazeuse se répartissant dans la colonne sous forme de bulles, et
- 15 - en instaurant une dépression du côté haut de la colonne, de manière à ce que les bulles soient de diamètre croissant lors de leur migration vers le haut de la colonne et à obtenir du côté haut de la colonne une écume constituée d'un mélange polyphasique de l'effluent aqueux et de la phase gazeuse,
- 20 b) on sépare l'écume en haut de colonne en :
- un effluent polyphasique enrichi en les fèces, les colloïdes, les particules fines, les gaz dissous par rapport à l'effluent aqueux, ledit effluent polyphasique étant constitué majoritairement des gaz de la phase gazeuse qui a été éventuellement modifiée dans sa composition de par
- 25 les échanges gazeux opérés dans la colonne,
- un effluent majoritairement liquide redescendant dans la colonne qui est appauvri en les fèces, les colloïdes, et les gaz dissous par rapport à l'effluent aqueux, et dans lequel est éventuellement injecté de l'oxygène,
- 30 c) on concentre les fèces, les colloïdes, les particules fines contenus dans l'effluent polyphasique par séparation des phases dudit effluent polyphasique en :
- un concentrat constitué d'un liquide comprenant les fèces, les colloïdes les particules fines,
  - une phase gazeuse qui est constituée des gaz de la phase gazeuse qui
- 35 a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges

gazeux opérés dans la colonne avec les gaz dissous de l'effluent aqueux,

d) on récupère les fèces, les colloïdes, les particules fines.

L'injection d'oxygène dans l'effluent majoritairement liquide redescendant dans la colonne a pour effet de renouveler l'oxygène présent dans le bassin d'élevage d'animaux d'aquaculture, et est complémentaire de l'injection directe dans le bassin de culture qui peut aussi être effectuée.

Un mode de réalisation préféré du procédé d'épuration d'eaux de bassins d'élevage d'animaux d'aquaculture se caractérise en ce que l'effluent aqueux provient en outre d'une seconde source. Cette seconde source est un filtre bactérien à lit agité, dans lequel les rejets azotés, et éventuellement carbonés, produits par les animaux d'aquaculture et provenant de la première source sont transformés en un bio-film sous forme particulière de nitrates qui est libéré en continu par ledit filtre bactérien à lit agité. Selon ce mode de réalisation préféré du procédé, on récupère à l'issue de l'étape d) de ce procédé les fèces, les colloïdes, les particules fines, le bio-film libéré.

Le procédé selon l'invention repose notamment sur le principe physique de l'adsorption par tension superficielle de microparticules présentes dans un liquide à la périphérie de bulles créées par l'injection d'une phase gazeuse, par exemple de l'air, dans ledit liquide.

Ainsi, le procédé selon l'invention est d'autant plus efficace de par le maintien de la dépression en haut de colonne qui permet l'augmentation régulière du diamètre des bulles créées du côté bas de la colonne au fur et à mesure de leur migration vers le côté haut de la colonne et ainsi la formation d'une écume en haut de colonne. Cela améliore la flottabilité intrinsèque de chaque bulle. Cela permet aussi l'utilisation en bas de colonne de très petites bulles, particulièrement absorbantes pour les microparticules inertes ou vivantes. Ces dernières se retrouveront alors dans l'écume obtenue en haut de colonne. Plus la taille des bulles est petite, plus le phénomène d'adsorption bulle de gaz/microparticules inertes ou vivantes de l'effluent aqueux est important, et meilleur sera donc le rendement de récupération des microparticules inertes ou vivantes selon le procédé selon l'invention. Ainsi, dans un mode de réalisation préféré de l'invention, on injecte une phase gazeuse générant des bulles les plus petites possible, à savoir de taille inférieure à 5 mm, préférentiellement inférieure à 1 mm. Avantageusement, on injecte une phase gazeuse finement micronisée par un dispositif adéquat.

De plus, grâce à ce phénomène de dépression maintenu en haut de colonne, des bulles de la phase gazeuse de petit diamètre peuvent monter en haut de colonne, ce qui serait impossible à pression atmosphérique.

5 Aussi, il est à noter que lorsque les microparticules inertes (telles que les microparticules de produits pétroliers) ou vivantes (telles que les micro-algues qui contiennent de l'oxygène) contiennent des gaz dissous, la dépression active la migration vers le haut et l'extraction dans l'écume d'un effluent polyphasique enrichi en microparticules inertes ou vivantes de par l'expansion de ces gaz que contiennent lesdites microparticules.

10 Dans un mode de réalisation de l'invention, des tensioactifs sont ajoutés à l'effluent aqueux, et ce afin d'améliorer le phénomène d'adsorption bulle de gaz/microparticule inerte ou vivante. Ils peuvent être récupérés par recyclage par l'effet de moussage ou d'écumage qui se produit en haut de colonne.

15 La dépression peut être instaurée par tout système de dépression. Avantageusement, la pression est comprise entre  $0,3 \cdot 10^5$  et  $0,9 \cdot 10^5$  Pa. Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la dépression est instaurée au moyen d'une pompe à vide. La hauteur de la colonne est préférentiellement comprise entre 1 et 6 m. Ainsi, dans le domaine d'application de la récolte de  
20 micro-algues, la longueur et le temps du parcours de contact de l'effluent aqueux avec la phase gazeuse sont largement supérieurs à ceux des écumeurs classiques à chicanes, flottants, dont la hauteur ne dépasse pas un mètre (la longueur totale de parcours n'excédant pas deux mètres). En effet, la longueur est au minimum égale à la hauteur de la colonne et peut atteindre  
25 jusqu'à 2 à 3 fois cette hauteur (soit environ de 6 à 18 mètres) du fait de phénomènes de recirculations des bulles dans la colonne. Cette longueur de parcours et sa durée sont primordiales pour tout ce qui concerne les effets d'écumage et d'échange gazeux.

30 La phase gazeuse injectée du côté bas de la colonne peut être de l'air, du dioxyde de carbone ou tout autre gaz convenable en surpression ou à pression atmosphérique.

La séparation de phases de l'effluent polyphasique à l'étape c) du procédé selon l'invention peut être réalisée dans un dispositif de concentration conçu de manière à ce que :

35 - le concentrat comprenant les microparticules inertes ou vivantes soit évacué par effet de gravité vers un bassin de collecte desdites

microparticules, éventuellement après un passage dans une chambre de décantation, et que

- la phase gazeuse soit aspirée.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, l'aspiration de la phase gazeuse peut être réalisée par le même système qui instaure la dépression en haut de colonne, telle qu'une pompe à vide. De manière tout à fait avantageuse, le dispositif de concentration consiste en un séparateur d'écume qui comprend une grille anti-mousse et un système de flotteur lesté.

Si les microparticules inertes ou vivantes flocculent spontanément, elles peuvent être récupérées lors de l'étape d) du procédé de récupération selon l'invention sous la forme d'un flocculat par tout système d'extraction adéquat tel que :

- système de pompage, par exemple pompe péristaltique,
- vis d'Archimède.

A cet égard, on entend par floculation spontanée une agrégation spontanée de microparticules en particules plus grosses jusqu'à la sédimentation spontanée. Les micro-algues flocculent spontanément.

Si les microparticules inertes ou vivantes ne flocculent pas spontanément, elles peuvent être récupérées par tout procédé de concentration connu de l'homme du métier, tel que la centrifugation.

Il est à noter que de manière très générale, le procédé selon l'invention décrit ci-dessus peut éventuellement être complété par au moins une étape choisie parmi les étapes de lavage, de centrifugation et de séchage.

La présente invention concerne aussi une installation de récupération de microparticules inertes ou vivantes, de préférence une installation de récolte de micro-organismes photosynthétiques pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

L'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon l'invention comprend :

- 30 a) une colonne comprenant :
    - i. deux tubes concentriques, le premier tube étant un tube extérieur et le second tube étant un tube intérieur, disposés verticalement, ménageant ainsi :
      - une enceinte tubulaire interne dans laquelle entre par une
- 35 entrée de colonne située du côté bas de la colonne et

- circule de manière ascendante un effluent aqueux comprenant des microparticules vivantes ou inertes, et
- une enceinte tubulaire externe dans laquelle circule de manière descendante un effluent majoritairement liquide appauvri en microparticules vivantes ou inertes par rapport à l'effluent aqueux, et qui sort de la colonne par une sortie de colonne située du côté bas de la colonne,
  - ii. un moyen d'injection d'une phase gazeuse dans l'enceinte tubulaire interne,  
le tube extérieur étant fermé dans sa partie supérieure au-dessus de l'extrémité supérieure ouverte du tube intérieur ménageant un espace dans lequel se forme une écume constituée d'un mélange polyphasique de l'effluent aqueux et de la phase gazeuse lors de la mise en œuvre du procédé selon l'invention,
  - iii. un moyen de mise sous dépression de la colonne et qui assure l'aspiration d'un effluent polyphasique enrichi en microparticules vivantes ou inertes par rapport à l'effluent aqueux et qui est constitué majoritairement des gaz de la phase gazeuse qui a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne,
- b) un dispositif de concentration des microparticules vivantes ou inertes contenues dans l'effluent polyphasique,
  - c) un dispositif de récupération desdites microparticules inertes ou vivantes concentrées dans le dispositif de concentration.
- De manière préférée, l'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon l'invention comprend en outre un dispositif de régulation et de sécurisation des niveaux.
- Avantageusement, le dispositif de concentration de l'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes comprend un séparateur d'écume.
- De manière préférée, le dispositif de récupération de l'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes comprend une chambre de décantation, un bassin de collecte, une pompe péristaltique et un bassin de récupération.
- Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, l'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes comprend une pluralité de

colonnes, de préférence une soixantaine, et un seul moyen de mise sous dépression. Très avantageusement, l'installation comprend une pluralité de colonnes dimensionnées de manière à ce que le débit de l'effluent aqueux soit égal à 3 à 5 fois le débit de la phase gazeuse injectée.

5 De manière préférée, l'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon l'invention comprend en outre autant de dispositifs de régulation et de sécurisation des niveaux que de colonnes.

L'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon l'invention sera mieux comprise à l'aide de la description détaillée qui est  
10 exposée ci-dessous au regard du dessin annexé représentant, à titre d'exemple non limitatif, une forme d'exécution d'une telle installation.

La figure 1 représente de manière schématique une installation de récolte de micro-algues mettant en œuvre le procédé selon l'invention. Cette installation comprend une colonne 1 qui est constituée par deux tubes  
15 concentriques 2,3 : un premier tube extérieur 3 et un second tube intérieur 2. Les deux tubes 2,3 sont disposés verticalement de manière à ménager une enceinte tubulaire interne 22 dans laquelle circule de manière ascendante un effluent aqueux 5 comprenant des micro-algues. L'effluent aqueux entre par une entrée de colonne 20 située du côté bas de la colonne 1. Cette entrée de  
20 colonne 20 est immergée dans un bassin de culture de micro-algues 8. La colonne 1 n'est pas immergée dans le bassin de culture de micro-algues 8.

Les deux tubes 2,3 ménagent aussi une enceinte tubulaire externe 23, dans laquelle circule de manière descendante un effluent majoritairement liquide 6 qui est appauvri en micro-algues par rapport à l'effluent aqueux 5, et  
25 qui sort de la colonne 1 par une sortie de colonne 21, située du côté bas de ladite colonne 1. Cette colonne 21 est immergée dans le bassin de culture de micro-algues 8.

La colonne 1 comprend un moyen d'injection 4 dans l'enceinte tubulaire interne 22 d'une phase gazeuse constituée d'air. Le tube extérieur 23  
30 est fermé dans sa partie supérieure au-dessus de l'extrémité supérieure ouverte du tube intérieur 22 de manière à ménager un espace 25 dans lequel se forme une écume 7 qui est constituée d'un mélange polyphasique de l'effluent aqueux 5 et de la phase gazeuse lors de la mise en œuvre du procédé selon l'invention,

35 Dans un autre mode de réalisation de l'invention non représenté, l'effluent aqueux 5 est soutiré d'une installation de stockage, par exemple un

bassin de culture de micro-algues, à l'aide d'un moyen mécanique pour être acheminé au niveau de l'entrée de colonne 20 de la colonne 1. L'effluent majoritairement liquide 6 appauvri en micro-algues sorti de la sortie de colonne 21 de ladite colonne 1 peut être réintroduit dans cette installation de stockage, éventuellement à l'aide d'un autre moyen mécanique. Dans ce cas, l'installation fonctionne en continu. Ainsi, les micro-algues contenues dans l'effluent majoritairement liquide 6 appauvri en micro-algues sont réintroduites dans l'installation de stockage pour être à nouveau soutirées de l'installation de stockage et être acheminées à l'entrée 20 de la colonne 1.

10 Dans un autre mode de réalisation de l'invention, l'effluent majoritairement liquide 6 sorti de la sortie 21 est introduit dans une autre unité de stockage.

Dans un mode de réalisation de l'invention non représenté, la colonne 1, ainsi que les entrée de colonne 20 et sortie de colonne 21 sont immergées dans un bassin qui contient des microparticules inertes ou vivantes à récupérer.

Dans l'installation représentée à la figure 1, le moyen de mise sous dépression 9 de la colonne 1 consiste en une pompe à vide, dont la pression est fixée à environ 0,4 bar.

20 L'installation représentée à la figure 1 comprend un dispositif de concentration 34 qui comprend un séparateur d'écume 10,

L'effluent polyphasique issu de la séparation en haut de colonne 1 de l'écume 7 est acheminé jusqu'au séparateur d'écume 10 par l'intermédiaire d'un tuyau 24. Le séparateur d'écume 10 se présente sous la forme d'un bac de recueillement 36 qui comprend une grille anti-mousse 26 et un flotteur lesté 27. Le séparateur d'écume 10 est conçu de manière à ce que au fur et à mesure que l'effluent polyphasique est injecté dans le bac de recueillement 36, la séparation de phases de l'étape c) du procédé selon l'invention s'opère grâce au mouvement vertical du flotteur lesté 27. Le séparateur d'écume 10 est relié à la pompe à vide 9 par un tuyau 33. Ainsi, au niveau du séparateur d'écume 10, la phase gazeuse qui est constituée des gaz de la phase gazeuse, qui a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne 1, est aspirée vers la pompe à vide 9 au travers le tuyau 33. Il est à noter que la phase gazeuse ainsi aspirée peut passer par une chambre de barbotage (non représentée sur la figure 1) de manière à protéger la pompe à vide 9.

Comme représenté sur la figure 1, le dispositif de concentration 34 comprend en outre une vanne motorisée 13

Comme représenté sur la figure 1, le dispositif de récupération 35 des micro-algues comprend :

- 5       - une chambre de décantation 12,
- des capteurs de niveaux 15 de la chambre de décantation 12,
- une vanne motorisée 17,
- un bassin de collecte 14,
- une vanne motorisée 16,
- 10       - une pompe péristaltique 18,
- un bassin de récupération 19.

L'installation de récupération de micro-algues représentée à la figure 1 comprend en outre un dispositif de régulation et de sécurisation des niveaux 28. Ce dispositif de régulation et de sécurisation des niveaux 28  
15 consiste en une chambre 29 ayant la forme d'un cylindre d'environ 7 cm de diamètre et de 10 cm de hauteur, disposée en regard de niveau avec le niveau d'écume 7 de consigne que l'on souhaite imposer à la colonne 1.

La chambre 29 est reliée :

- 20       - en partie haute avec la partie sommitale de la colonne 1 par un premier moyen de raccordement 30, tel qu'un tubule souple (par exemple de section pouvant être comprise entre 0,5 et 3,5 cm),
- en partie basse avec l'extrémité inférieure de la colonne 1 opposée à la partie sommitale de la colonne 1, et ce par un second moyen de raccordement 31 tel qu'un tube semi-rigide,

25 et ce de manière à ce que le niveau médian de l'interface gaz/liquide en haut de la colonne 1 par nature peu lisible du fait de l'écume 7 et de l'agitation de celle-ci soit parfaitement lisible dans cette chambre 29 grâce à une interface air/eau débarrassée d'écume 7 et d'agitation mais répliquant fidèlement par le principe des vases communicants (à savoir que le fluide est à la même hauteur  
30 dans deux vases communicants) l'interface gaz/liquide de la colonne 1.

La chambre 29 comprend en outre deux capteurs de niveaux 11,32 :

- un premier capteur 11 pour détecter la limite supérieure du niveau de l'interface air/eau qui ne doit pas être dépassée dans la chambre 29 : consigne haute,
- 35       - un second capteur 32 pour détecter la limite inférieure du niveau de l'interface air/eau qui ne doit pas être dépassée dans la chambre 29,

De manière tout à fait avantageuse, le premier capteur 11 est relié à un dispositif de contrôle du débit de l'effluent polyphasique enrichi en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux (non représenté sur la figure 1). Et aussi avantageusement, le second capteur 32  
5 est relié à un dispositif de contrôle du débit de la phase gazeuse injectée en bas de la colonne 1 (non représenté sur la figure 1). Préférentiellement, les dispositifs de contrôle de débits précités consistent en des électrovannes.

Ainsi, si le niveau de l'interface air/eau de la chambre 29 est en dessous de la limite inférieure précitée, cela signifie que l'effluent polyphasique n'est  
10 pas extrait en haut de colonne 1, mais au contraire il s'agit de l'effluent majoritairement liquide 6 qui est extrait ; ce qui est significatif d'un mauvais fonctionnement de l'installation selon l'invention. Si le niveau de l'interface air/eau de la chambre 29 est en dessous de la limite inférieure précitée, cela signifie que l'effluent polyphasique n'est pas extrait en haut de colonne, mais  
15 qu'il s'agit d'air qui est aspiré en haut de colonne ; ce qui est aussi significatif d'un mauvais fonctionnement de l'installation selon l'invention.

Ainsi, le dispositif de régulation 28 décrit ci-dessus permet de veiller au bon fonctionnement de l'installation selon l'invention.

De plus, grâce à ce dispositif de régulation 28 décrit ci-dessus, les  
20 débits de l'effluent polyphasique et de la phase gazeuse injectée en bas de colonne peuvent être régulés de manière à ce que l'effluent polyphasique soit bien extrait en haut de colonne au moyen du moyen de mise sous dépression 9 qui instaure la dépression dans toute l'installation selon l'invention, et non pas que l'effluent majoritairement liquide 6 appauvri en microparticules inertes ou  
25 vivantes soit extrait en haut de colonne ; ce qui qui risquerait d'endommager le moyen de mise sous dépression 9 en le noyant.

Dans un mode de réalisation de l'invention non représenté à la figure 1, l'installation comprend une pluralité de colonnes 1, par exemple au nombre de soixante, dont les entrées de colonne 20 et sortie de colonne 21  
30 sont immergées dans des bassins de culture 8. Les colonnes 1 ne sont pas immergées dans les bassins de culture 8. De plus, les colonnes 1 sont mises sous dépression au moyen d'un unique moyen de mise sous dépression 9.

Ainsi, selon ce mode de réalisation de l'invention, le vide instauré par le moyen de mise sous dépression 9 est centralisé, ce qui assure la  
35 résilience de l'installation en cas de panne au niveau d'une des colonnes 1.

De plus, dans un mode de réalisation préféré, l'installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon l'invention comprend en outre autant de dispositifs de régulation et de sécurisation des niveaux 28 que de colonnes 1. Ainsi, dans ce mode de réalisation un dispositif de régulation et de sécurisation des niveaux 28 distinct est relié à chacune des colonnes 1, et ce tel que décrit ci-dessus.

Une simulation des coûts d'extraction obtenus en fonction du volume d'écumat extrait à partir d'une installation de récupération de microalgues mettant en œuvre le procédé de récupération de microalgues selon l'invention a été réalisée.

Les espèces de microalgues extraites étaient les suivantes :

- Dunaliella Sp,
- Tetraselmis Sp,
- Nannocloropsis Sp,
- Chlorococum Sp,
- Skelotenema Sp,
- Navicula Sp,
- Spirulina platensis.

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau 1 suivant.

20

Volume écumat extrait (L/30min)	EC	Concentrat microalgues (g/L)	Poids matière sèche de microalgues (g)	Consommation énergétique (KW/30min)	Coût extraction (€/Kg)	Volume réel à récolter par kg de microalgues
1	65.3	58.2	58.2	0.028	0.0392	17.19
3	37.7	33.6	100.7	0.028	0.0227	29.79
4	29.1	25.9	103.7	0.028	0.0220	38.57
10	14.8	13.2	131.9	0.028	0.0173	75.82
20	8.5	7.6	151.9	0.028	0.0150	131.71
35	5.8	5.2	180.8	0.028	0.0126	193.55
45	4.8	4.3	191.5	0.028	0.0119	235.04

Tableau 1 : Simulation des coûts d'extraction

Dans le tableau 1, le volume réel à récolter par kg de microalgues signifie le volume de concentrat de microalgues obtenu à l'issue de l'étape c) du procédé de récupération selon l'invention.

Le terme « EC » est le facteur de concentration, dont la définition est la suivante : concentration du concentrat en microalgues (exprimé en g de

matière sèche /L de culture) divisé par la concentration de la culture à récolter (exprimé en g de matière sèche /L de culture).

Le coût d'extraction est exprimé en euros/kg.

D'après la publication de Molina Grima EM et al. (2003) intitulée  
5 Recovery of microalgal biomass and metabolites : process options and  
economics, Biotechnology Advances 20:491-515 ou la publication d'Olaizola M.  
et al. (2003) Commercial development of microalgal biotechnology : from the  
test tube to the marketplace. Biomolecular Engineering 20: 459-466, les coûts  
10 totaux de production de microalgues sont compris entre 5 à 70 dollars US par  
kg de matière sèche récoltée pour un coût d'extraction comptant pour 25% à  
30% de ce coût total de production. Cela représente un coût d'extraction de  
l'ordre de 2 à 15 dollars US.

On relève ainsi le très faible coût d'extraction de microalgues grâce  
au procédé de récupération et à une installation de récupération de  
15 microalgues selon la présente invention par rapport aux coûts d'extraction de  
microalgues qui ont fait l'objet de publications. La présente invention est ainsi  
tout particulièrement avantageuse pour la récolte de microalgues.

Le tableau 2 ci-dessous présente un comparatif de différents  
paramètres que sont l'amortissement, l'énergie, la main-d'œuvre et le coût  
20 global d'extraction de microalgues selon différentes techniques que sont :

- la centrifugation,
- la flocculation,
- la bioflocculation,
- un dispositif de récupération de microalgues selon  
25 l'invention.

30

35

€/Kg pour une matière sèche à 100 g/L	Centrifugation	Floculation	Bio-floculation	Dispositif selon l'invention
amortissement sur 5 ans /masse (kg) de microalgues récoltée annuellement	4 à 5	0,01	0,01	0,01
énergie	1,5	0,01	0,01	0,0119
main-d'œuvre	1 -1,5	2 - 5	2 - 8	0,05 - 0,5
coût global de l'extraction	6 - 8	2,22 - 5,22	2,12 - 8,12	0,08 - 0,8

Tableau 2

D'après le tableau 2, on relève que le dispositif de récupération de microalgues est tout particulièrement avantageux d'un point de vue économique par rapport aux autres techniques de récupération de microalgues connues et mises en œuvre. En effet, grâce au procédé de récupération et au dispositif de récupération selon la présente invention, on constate une significative réduction des coûts d'extraction de microalgues.

La présente invention permet ainsi de surmonter un problème technologique crucial que représente la récolte des microalgues lors de la culture de microalgues. Elle propose en effet un procédé de récupération de microalgues tout à fait économique comparé aux techniques connues de récolte de microalgues. Ce qui est tout à fait avantageux dans le processus de culture de microalgues.

15

20

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes  
5 caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- a) on établit une colonne liquide montante sous dépression d'un effluent aqueux comprenant des microparticules inertes ou vivantes,
    - en injectant dans la colonne, du côté bas, une phase gazeuse, ladite phase gazeuse se répartissant dans la colonne sous forme de bulles, et
    - 10 - en instaurant une dépression du côté haut de la colonne, de manière à ce que les bulles soient de diamètre croissant lors de leur migration vers le haut de la colonne et à obtenir du côté haut de la colonne une écume constituée d'un mélange polyphasique de l'effluent aqueux et de la phase gazeuse,
  - 15 b) on sépare l'écume en haut de colonne en :
    - un effluent polyphasique enrichi en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux, ledit effluent polyphasique étant constitué majoritairement des gaz de la phase gazeuse qui a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans
    - 20 la colonne,
    - un effluent majoritairement liquide appauvri en microparticules inertes ou vivantes par rapport à l'effluent aqueux et redescendant dans la colonne,
  - c) on concentre les microparticules inertes ou vivantes contenues dans l'effluent polyphasique par séparation des phases dudit effluent polyphasique en :
    - 25 - un concentrat constitué d'un liquide comprenant les microparticules inertes ou vivantes,
    - une phase gazeuse constituée des gaz de la phase gazeuse qui
    - 30 a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne,
  - d) on récupère les microparticules inertes ou vivantes au moyen d'une étape de floculation, suivie d'une étape de sédimentation.

2. Procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes selon la revendication 1 caractérisé en ce que lesdites microparticules inertes ou vivantes sont présentes à des concentrations comprises entre  $0,1 \text{ g/m}^3$  et  $10000 \text{ g/m}^3$ .
- 5
3. Procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 2 caractérisé en ce qu'on injecte une phase gazeuse générant des bulles de taille inférieure à 5 mm, préférentiellement inférieure à 1 mm.
- 10
4. Procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que des tensioactifs sont ajoutés à l'effluent aqueux.
- 15
5. Procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la dépression est instaurée au moyen d'une pompe à vide.
- 20
6. Procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que l'étape c) est réalisée au moyen d'un séparateur d'écume qui comprend une grille anti-mousse et un système de flotteur lesté.
- 25
7. Procédé de récupération de microparticules inertes ou vivantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que ledit procédé est complété par au moins une étape choisie parmi les étapes de lavage, de centrifugation et de séchage.
- 30
8. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour l'épuration des eaux de ville en récupérant des flots bactériens, des colloïdes, des microparticules résiduelles inertes.
- 35
9. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour pré-filtrer l'eau de mer utilisée en fluide de chasse du pétrole brut dans les roches mères pétrogénées.

10. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour séparer les micro-algues nourricières présentes dans les eaux d'élevage d'écloseries.
- 5 11. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour la récolte de micro-algues.
12. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour l'épuration des eaux d'aquarium ou de bassins d'élevage d'animaux  
10 d'aquaculture.
13. Procédé d'épuration d'eaux de bassins d'élevage d'animaux d'aquaculture qui comprend les étapes suivantes :
- 15 a) on établit une colonne liquide montante sous dépression d'un effluent aqueux provenant d'une première source, ladite première source étant un bassin d'élevage d'animaux d'aquaculture, dans lequel est éventuellement injecté de l'oxygène, ledit effluent aqueux comprenant des fèces, des colloïdes, des particules fines telles que des protéines, et des gaz dissous tels que de l'ammoniaque, du diazote et du dioxyde de  
20 carbone, produits par les animaux d'aquaculture,
- en injectant dans la colonne du côté bas une phase gazeuse constituée d'air et éventuellement d'ozone, ladite phase gazeuse se répartissant dans la colonne sous forme de bulles, et
  - en instaurant une dépression du côté haut de la colonne,
- 25 de manière à ce que les bulles soient de diamètre croissant lors de leur migration vers le haut de la colonne et à obtenir du côté haut de la colonne une écume constituée d'un mélange polyphasique de l'effluent aqueux et de la phase gazeuse,
- b) on sépare l'écume en haut de colonne en :
- 30 - un effluent polyphasique enrichi en les fèces, les colloïdes, les particules fines, les gaz dissous par rapport à l'effluent aqueux, ledit effluent polyphasique étant constitué majoritairement des gaz de la phase gazeuse qui a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne,

- un effluent majoritairement liquide redescendant dans la colonne qui est appauvri en les fèces, les colloïdes, et les gaz dissous par rapport à l'effluent aqueux, et dans lequel est éventuellement injecté de l'oxygène,
  - c) on concentre les fèces, les colloïdes, les particules fines contenus dans l'effluent polyphasique par séparation des phases dudit effluent polyphasique en :
    - un concentrat constitué d'un liquide comprenant les fèces, les colloïdes les particules fines,
    - une phase gazeuse qui est constituée des gaz de la phase gazeuse qui a été éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne avec les gaz dissous de l'effluent aqueux,
  - d) on récupère les fèces, les colloïdes, les particules fines.
14. Procédé d'épuration d'eaux de bassins d'élevage d'animaux d'aquaculture selon la revendication 13 caractérisé en ce que l'effluent aqueux provient en outre d'une seconde source, ladite seconde source étant un filtre bactérien à lit agité, dans lequel les rejets azotés, et éventuellement carbonés, produits par les animaux d'aquaculture provenant de la première source sont transformés en un bio-film, sous forme particulière de nitrates, qui est libéré en continu par ledit filtre bactérien à lit agité et en ce qu'on récupère à l'issue de l'étape d) les fèces, les colloïdes, les particules fines, le bio-film libéré.
15. Installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes caractérisée en ce qu'elle comprend :
- a) une colonne 1 comprenant :
    - i. deux tubes concentriques (2,3), le premier tube étant un tube extérieur (3) et le second tube étant un tube intérieur (2), disposés verticalement, ménageant ainsi :
      - une enceinte tubulaire interne (22) dans laquelle entre par une entrée de colonne (20) située du côté bas de la colonne (1) et circule de manière ascendante un effluent aqueux (5) comprenant des microparticules vivantes ou inertes, et
      - une enceinte tubulaire externe (23) dans laquelle circule de manière descendante un effluent majoritairement liquide

- (6) appauvri en microparticules vivantes ou inertes par rapport à l'effluent aqueux (5), et qui sort de la colonne (1) par une sortie de colonne (21) située du côté bas de la colonne (1),
- 5           ii. un moyen d'injection (4) d'une phase gazeuse dans l'enceinte tubulaire interne (22),  
le tube extérieur (3) étant fermé dans sa partie supérieure au-dessus de l'extrémité supérieure ouverte du tube intérieur (2) ménageant un espace (25) dans lequel se forme une écume (7) constituée d'un
- 10 mélange polyphasique de l'effluent aqueux (5) et de la phase gazeuse lors de la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8,
- iii. un moyen de mise sous dépression (9) de ladite colonne (1) et qui assure l'aspiration d'un effluent polyphasique enrichi en
- 15 microparticules vivantes ou inertes par rapport à l'effluent aqueux (5) et constitué majoritairement des gaz de la phase gazeuse, éventuellement modifiée dans sa composition de par les échanges gazeux opérés dans la colonne (1),
- d) un dispositif de concentration (34) des microparticules vivantes ou
- 20 inertes contenues dans l'effluent polyphasique,
- e) un dispositif de récupération (35) desdites microparticules vivantes ou inertes concentrées dans le dispositif de concentration (34).
16. Installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon la
- 25 revendication 15, caractérisée en ce que l'installation comprend en outre un dispositif de régulation et de sécurisation des niveaux (28).
17. Installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon la
- 30 revendication 15 ou la revendication 16, caractérisée en ce que le dispositif de concentration (34) comprend un séparateur d'écume (10).
18. Installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, caractérisée en ce que le
- 35 dispositif de récupération (35) comprend une chambre de décantation (12), un bassin de collecte (14), une pompe péristaltique (18) et un bassin de récupération (19).

19. Installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, caractérisée en ce que l'installation comprend une pluralité de colonnes (1) et un seul moyen de mise  
5 sous dépression (9).

20. Installation de récupération de microparticules vivantes ou inertes selon la revendication 19, caractérisée en ce que ladite installation comprend en outre  
10 autant de dispositifs de régulation et de sécurisation des niveaux (28) que de colonnes (1).

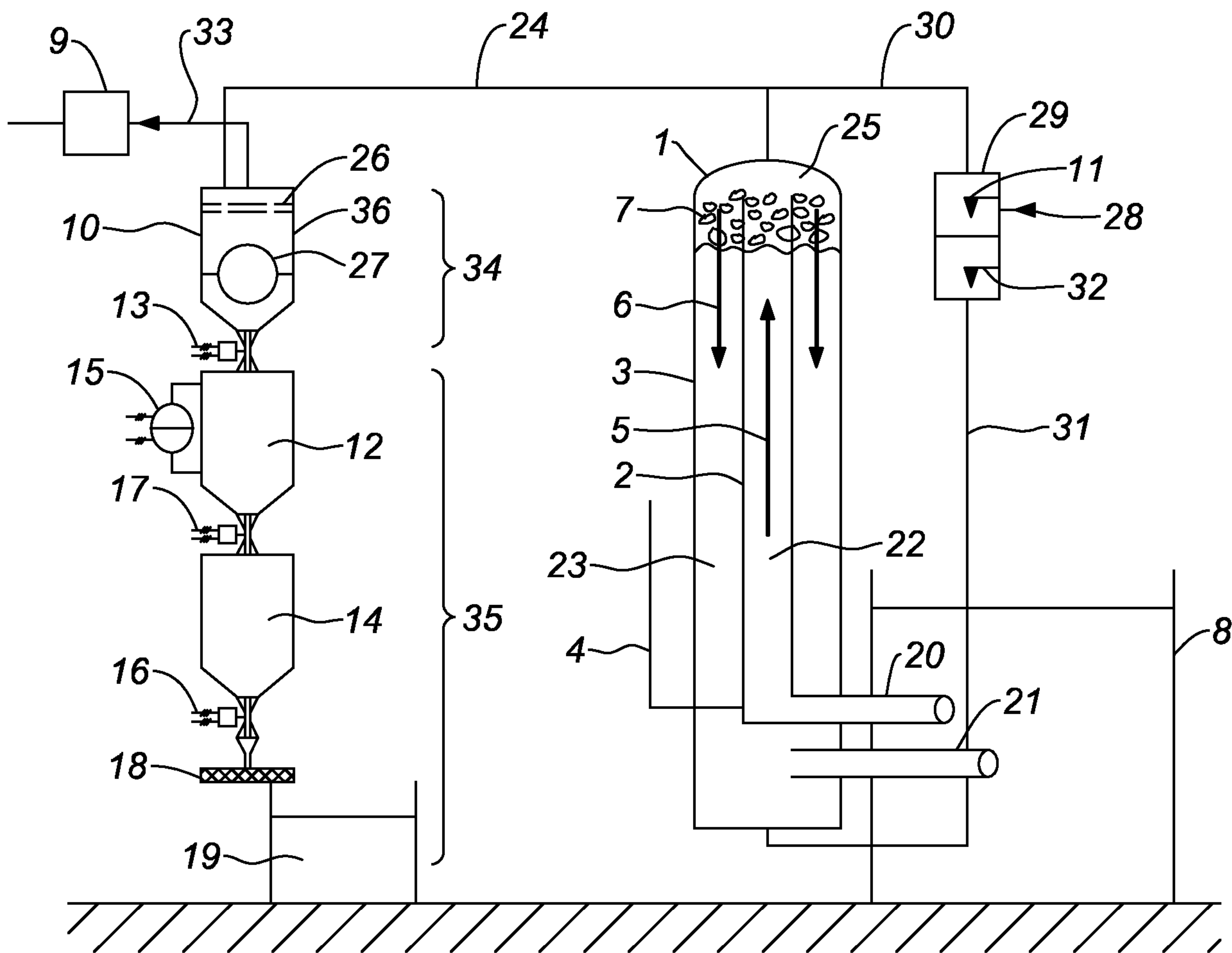


Fig. 1

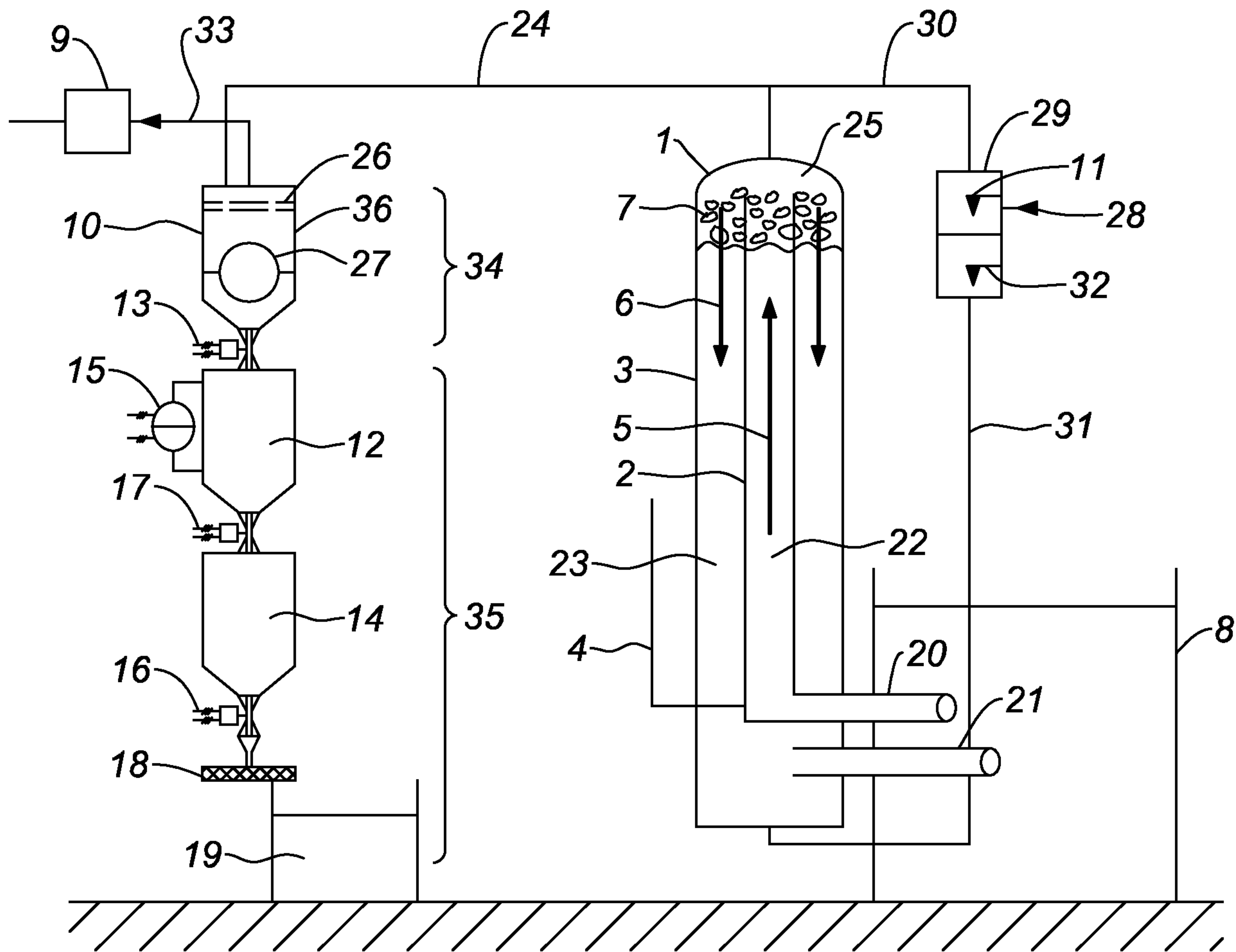


Fig. 1