

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 059 246

21 N° d'enregistrement national : 16 61516

51 Int Cl⁸ : B 01 D 29/11 (2017.01), B 01 D 29/23, 35/26, C 12 N 1/02, C 12 M 1/12

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 25.11.16.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.06.18 Bulletin 18/22.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAS ALG&YOU (ALG AND YOU)
Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : BESSON ALEXANDRE, YANNICK,
ROBERT.

73 Titulaire(s) : SAS ALG&YOU (ALG AND YOU)
Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

54 SYSTEME DE FILTRATION D'UNE SOLUTION COMPORTANT DES MICROALGUES EN VUE DE LEUR RECOLTE.

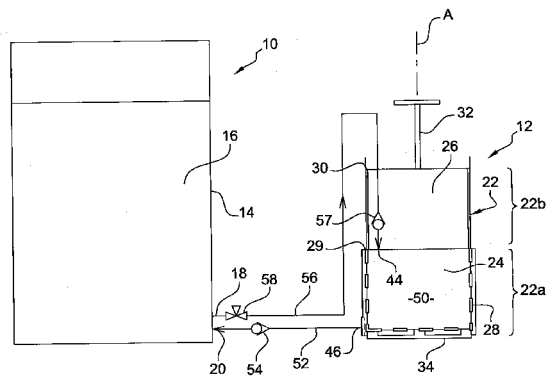
57 Système (12) de filtration d'une solution comportant des microalgues, le système comportant :

- une cuve (22) comprenant une cavité interne (24) sensiblement cylindrique dont l'axe de révolution (A) est sensiblement vertical, cette cavité étant destinée à recevoir une solution à filtrer comportant des microalgues,

- un piston de filtration (26) monté coulissant dans ladite cavité (24), dans une direction sensiblement parallèle audit axe de révolution (A), et

- une première paroi cylindrique filtrante (28) configurée pour retenir les microalgues, ladite première paroi étant située au moins dans une partie inférieure (22a) de ladite cavité (24) et étant configurée pour être raclée par le piston (26) lors de ses déplacements,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre une seconde paroi circulaire filtrante (40) située à l'extrémité inférieure de la cavité et configurée pour retenir et récolter les microalgues.



FR 3 059 246 - A1



Système de filtration d'une solution comportant des microalgues en vue de leur récolte

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne notamment un système de filtration d'une solution comportant des microalgues. Elle concerne en outre un ensemble comportant un tel système et un réacteur de culture de microalgues ainsi que des procédés de récolte et de rinçage de microalgues.

10

ETAT DE L'ART

 La culture de microalgues a connu un important développement ces trente dernières années. Initialement utilisées pour la nutrition animale en aquaculture, les microalgues sont aujourd'hui exploitées dans de nombreux
15 secteurs d'activité tels que l'énergie, l'agroalimentaire, la cosmétique et la pharmacie. Leurs vertus nutritives ainsi que le faible coût de leur culture font des microalgues, telles que la spiruline ou chlorella, une ressource alimentaire d'intérêt tant pour l'alimentation humaine qu'animale. Selon l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la
20 spiruline pourrait même participer à la lutte contre la malnutrition.

 Les microalgues sont en général produites dans un réacteur de culture du type photobioréacteur, qui comprend un milieu propice à la culture des microalgues. En régime photo-autotrophique, les microalgues sont soumises dans le réacteur à un rayonnement lumineux qui favorise
25 leur multiplication.

 Les microalgues sont produites en suspension dans une solution liquide et doivent être séparées de leur milieu de culture par filtration, en vue de leur utilisation et en particulier de leur consommation.

30 Les microalgues peuvent être séparées de leur milieu de culture par simple filtration. Cependant, les fortes concentrations en microalgues et

leur production de polysaccharides dans le milieu de culture impliquent un colmatage rapide du filtre lors de la récolte.

Pour lutter contre ce phénomène et augmenter la capacité de récolte, on peut utiliser un système de filtration forcée par piston racleur. Ce type de filtration permet d'augmenter la surface filtrante disponible et améliore la récolte des microalgues par un raclage du filtre à chaque passage de piston.

Le document WO-A1-2011/115822 décrit un système de filtration de ce type comportant une cuve dans laquelle un piston est apte à se déplacer. Le piston est entouré par un filtre cylindrique qui est configuré pour retenir les microalgues et laisser passer leur milieu de culture. Les microalgues sont agglutinées de manière séquentielle à l'extrémité inférieure de la cuve par le piston puis sont récupérées à cette extrémité inférieure par un port spécifique de la cuve. Lors de l'actionnement du piston, la filtration s'arrête. Le système décrit dans ce document permet donc une filtration discontinue incluant plusieurs phases de filtration interrompues et séparées les unes des autres par des phases de déplacement du piston.

La présente invention propose un perfectionnement à cette technologie, qui apporte une solution simple, efficace et économique à au moins une partie des inconvénients de la technique actuelle.

EXPOSE DE L'INVENTION

L'invention propose un système de filtration d'une solution comportant des microalgues, le système comportant :

- une cuve comprenant une cavité interne sensiblement cylindrique dont l'axe de révolution est sensiblement vertical, cette cavité étant destinée à recevoir une solution à filtrer comportant des microalgues,
- un piston de filtration monté coulissant dans ladite cavité, dans une direction sensiblement parallèle audit axe de révolution, et

- une première paroi cylindrique filtrante configurée pour retenir les microalgues, ladite première paroi étant située au moins dans une partie inférieure de ladite cavité et étant configurée pour être raclée par le piston lors de ses déplacements,

- 5 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une seconde paroi circulaire filtrante située à l'extrémité inférieure de la cavité et configurée pour retenir et récolter les microalgues.

Le piston est configuré pour racler la première paroi filtrante en vue de sa régénération. En effet, le raclement de cette paroi permet de retirer
10 les microalgues déposées par filtration sur la paroi et de les déplacer jusqu'au fond de la cavité, au niveau de la seconde paroi filtrante. La présence de cette seconde paroi circulaire permet d'améliorer de manière significative la filtration de la solution en limitant le risque de colmatage du système. En plus d'assurer une fonction de filtration, la paroi circulaire a
15 une fonction de récolte des microalgues, c'est-à-dire qu'elle est destinée à servir de support de récupération des microalgues. Le déplacement du piston entraîne l'agglutination et la concentration des microalgues sur la paroi circulaire, qui forme une pâte algale. Une succession de pompages permet par exemple d'obtenir une récolte significative de pâte de
20 microalgues à 20% de matière sèche.

Contrairement à la technique antérieure, le système selon l'invention peut permettre une filtration continue de la solution. En effet, lors du déplacement du piston, la seconde surface filtrante est décolmatée, reste
opérationnelle et peut continuer à assurer sa fonction de filtrage, sans
25 interruption.

Le système selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- la seconde paroi filtrante est montée de manière amovible à l'intérieur de
30 la cavité et/ou à l'extrémité inférieure de la cuve ; en variante, cette

seconde paroi pourrait être solidaire de la première paroi et former avec cette dernière une écuelle de récolte de microalgues ;

- la seconde paroi filtrante est sensiblement plane ;

5 - le piston a une forme générale cylindrique et comprend une extrémité inférieure de forme sensiblement complémentaire de celle de ladite seconde paroi filtrante ;

- un organe racleur est relié à l'extrémité inférieure du piston de façon à être entraîné par ce dernier lors de ses déplacements, cet organe racleur étant configuré pour pré-racler ladite première paroi filtrante et ayant un
10 diamètre externe inférieur à celui du piston ;

- au moins un joint d'étanchéité est monté entre le piston et la cuve ;

- le système comprend au moins un port d'alimentation en solution à filtrer et au moins un port d'évacuation d'un perméat ; dans un mode de réalisation, ces deux ports pourraient être intégrés dans un même organe
15 en T, c'est-à-dire à trois voies (des première et seconde voies définissent le port d'alimentation et la première voie définit avec une troisième voie le port d'évacuation) ;

- ledit port d'alimentation est situé à l'extrémité supérieure de la cuve ou à l'extrémité inférieure du piston ;

20 - ledit port d'évacuation est situé à l'extrémité inférieure de la cuve ;

- le piston délimite deux chambres à l'intérieur de la cuve, respectivement situées au-dessus et au-dessous de lui, ledit port d'alimentation débouchant dans la chambre supérieure qui est en communication fluide avec la chambre inférieure par au moins un canal s'étendant dans ou le
25 long du piston ;

- le piston est configuré pour être actionné manuellement ou par un moyen d'actionnement, par exemple électrique.

La présente invention concerne également un ensemble comportant un système de filtration d'une solution comportant des microalgues ou un
30 système tel que décrit ci-dessus, un réacteur de culture de microalgues, et des moyens de raccordement fluide du système au réacteur.

Lesdits moyens de raccordement fluidique peuvent comprendre :

- une première vanne trois voies dont :
 - . une première voie est reliée à un premier port de la cuve du système,
 - 5 . une deuxième voie est reliée à un troisième port du réacteur, et
 - . une troisième voie est configurée pour être reliée à un moyen d'aspiration ou d'évacuation,
- une seconde vanne trois voies dont :
 - . une première voie est reliée à un second port de la cuve du
 - 10 système,
 - . une deuxième voie est reliée à un quatrième port du réacteur, et
 - . une troisième voie est configurée pour être reliée à une source de fluide de rinçage.

Un clapet anti-retour peut être monté :

- 15 - entre la deuxième voie de la première vanne et le troisième port du réacteur, et/ou
- en sortie de la troisième voie de la première vanne, et/ou
- entre la deuxième voie de la seconde vanne et le quatrième port du réacteur, et/ou
- 20 - en entrée de la troisième voie de la seconde vanne.

Un capteur de pression peut être monté :

- entre la première voie de la première vanne et le premier port du système, et/ou
- entre la première voie de la seconde vanne et le second port du
- 25 système.

Un filtre peut être monté entre la première voie de la seconde vanne et le second port du réacteur.

Le système de filtration peut comprendre tout ou partie des caractéristiques du système tel que décrit ci-dessus.

La présente invention concerne aussi un procédé de récolte de microalgues par exemple à partir d'un ensemble tel que décrit ci-dessus. Le procédé peut comprendre :

- 5 - une étape d'alimentation de la cuve du système avec une solution comportant des microalgues contenue dans le réacteur, ladite solution passant par les première et deuxième voies de la première vanne, et
- une étape d'évacuation ou de recyclage d'un perméat de la cuve du système vers le réacteur, ledit perméat passant par les première et deuxième voies de la seconde vanne.

10 La présente invention concerne enfin un procédé de rinçage de microalgues. Le procédé peut comprendre :

- une étape d'alimentation de la cuve du système avec un fluide de rinçage, ledit fluide passant par les première et troisième voies de la seconde vanne, et
- 15 - une étape d'évacuation du fluide de rinçage de la cuve, ledit fluide passant par les première et troisième voies de la première vanne.

DESCRIPTION DES FIGURES

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques
20 et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un ensemble selon l'invention comportant un réacteur de culture de microalgues et un système de
25 filtration d'une solution comportant des microalgues,
- la figure 2 est une vue schématique à plus grande échelle d'une partie inférieure de la cuve du système de la figure 1,
- la figure 3 est une vue schématique d'une variante de réalisation d'un ensemble selon l'invention,
- 30 - la figure 4 est une vue schématique d'une variante de réalisation d'un système de filtration,

- la figure 5 est une vue schématique à plus grande échelle d'une partie inférieure de la cuve du système de la figure 4, lors d'un procédé d'utilisation de ce système,
- les figures 6 et 7 sont des vues schématiques en perspective de formes géométriques de la cuve du système de filtration,
- la figure 8 est une vue schématique en perspective d'une variante de réalisation du système de filtration,
- la figure 9 est une vue schématique d'une variante de réalisation d'un ensemble selon l'invention et des moyens de raccordement du système de filtration au réacteur, et
- les figures 10 et 11 sont des vues schématiques de variantes de réalisation d'un ensemble selon l'invention et des moyens de raccordement du système de filtration au réacteur.

DESCRIPTION DETAILLEE

La figure 1 représente un ensemble comportant un réacteur 10 de culture de microalgues, en particulier alimentaires, et un système de filtration 12 pour la séparation des microalgues de leur milieu de culture et leur récolte. Les microalgues peuvent par exemple être de la spiruline et/ou chlorella.

Le réacteur 10 est schématiquement représenté par un rectangle et comprend par exemple un récipient 14 contenant une solution 16 comportant les microalgues. Ce réacteur peut être équipé d'une source de lumière en vue de la culture des microalgues dans la solution 16.

Le réacteur 10 comprend deux ports, un port de sortie 18 et un port d'entrée 20. Ces ports sont par exemple situés à une extrémité inférieure du réacteur.

Le système de filtration 12 comprend :

- une cuve 22 comprenant une cavité interne 24 destinée à recevoir la solution 16 à filtrer,
- un piston de filtration 26 monté coulissant dans la cavité, et

- une paroi cylindrique filtrante 28 configurée pour être raclée par le piston lors de ses déplacements.

La cuve 22 a une forme générale sensiblement cylindrique dont l'axe de révolution A est sensiblement vertical. La cuve 22 comprend globalement deux parties, respectivement inférieure 22a et supérieure 22b. Dans l'exemple représenté, les parties 22a, 22b ont préférentiellement la même hauteur (ou dimension longitudinale le long de l'axe A).

Le piston 26 est logé dans la cavité 24 et peut être déplacé dans celle-ci dans une direction sensiblement parallèle à l'axe A, c'est-à-dire du haut vers le bas, et du bas vers le haut. Il est ainsi déplaçable depuis une position supérieure, représentée à la figure 1, jusqu'à une position inférieure.

Le piston 26 a par exemple une forme générale cylindrique.

Dans l'exemple représenté, le piston 26 a de préférence une hauteur proche d'une demi-hauteur de la cuve 22. Dans sa position supérieure, le piston occupe sensiblement tout le volume interne de la partie supérieure de la cavité et, dans sa position inférieure, il occupe sensiblement tout le volume interne de la partie inférieure de la cavité.

Des moyens d'étanchéité sont de préférence prévus entre le piston 26 et la cuve 22. Un premier joint d'étanchéité 29 est par exemple monté entre la périphérie externe de l'extrémité inférieure du piston et la face cylindrique interne de la cuve 22, et un autre joint d'étanchéité 30 est par exemple monté entre la périphérie externe de l'extrémité supérieure du piston et la face cylindrique interne de la cuve 22. La distance ou hauteur entre les joints 29, 30 est de préférence supérieure à la hauteur de la paroi 28.

Le piston 26 est relié à son extrémité supérieure à une tige 32 en vue de l'actionnement du piston, de manière manuelle ou par un moyen approprié par exemple électrique. La tige 32 s'étend ici vers le haut le long de l'axe A, sensiblement depuis le milieu du piston.

La cuve 22 peut comprendre un couvercle, non représenté, amovible. Ce couvercle peut comprendre un orifice central de passage de la tige 32 du piston 26.

5 La cuve 22 peut en outre comprendre un fond 34 amovible. Le couvercle et le fond 34 peuvent être fixés au reste de la cuve par vissage, quart de tour, etc. Idéalement, ils doivent pouvoir être démontés manuellement sans l'aide d'outil particulier.

10 Le fond 34 amovible peut par exemple comprendre ou définir uniquement l'extrémité inférieure de la cuve. Il peut comprendre une paroi circulaire inférieure 36 de la cuve et éventuellement un rebord périphérique cylindrique 37, s'étendant vers le haut depuis la paroi 36, et comportant par exemple un filetage de vissage du fond sur le reste de la cuve (cf. figure 2).

15 En variante, le fond 34 pourrait être formé par la partie inférieure 22a de la cuve, qui pourrait comprendre à son extrémité supérieure (par exemple dans la zone Z indiquée à la figure 2) un filetage de vissage sur la partie supérieure 22b de la cuve.

Des moyens d'étanchéité peuvent être prévus entre le fond 34 et le reste de la cuve 22.

20 La paroi cylindrique filtrante 28 est logée à l'intérieur de la cuve 22. Elle s'étend ici sur toute la hauteur de la partie inférieure 22a de la cavité. En variante, elle pourrait s'étendre sur une plus grande hauteur ou une plus petite hauteur de la cuve. La paroi 28 est maintenue à distance de la paroi de la partie inférieure 22a de la cuve afin que le milieu de culture des microalgues puisse traverser la paroi 28 et s'écouler entre celle-ci et la paroi de la partie inférieure, jusqu'au fond de la cuve (flèches 38).

25 Le système 12 comprend en outre une seconde paroi filtrante 40, qui est circulaire et est disposée à l'extrémité inférieure de la cuve. Dans l'exemple représenté, elle tapisse le fond 34 et est écartée de celui-ci afin que le milieu de culture des microalgues puisse traverser la paroi 40 (flèches 41).

30

Les espaces entre les parois filtrantes 28, 40 et la cuve peuvent être obtenus par des entretoises s'étendant entre la paroi de la cuve et la paroi filtrante 28, et entre le fond 34 et la paroi filtrante 40. En variante, de simples surépaisseurs de matière 42 pourraient être prévues sur la paroi de la cuve et le fond 34, les parois filtrantes 28, 40 étant destinées à prendre appui sur les extrémités libres de ces surépaisseurs.

Les parois filtrantes 28, 40 sont configurées pour retenir les microalgues. Les parois filtrantes permettent de séparer les microalgues de leur milieu de culture. Pour ce faire, les parois filtrantes 28, 40 ont de préférence une taille de pores comprise entre 1 et 100 μ m, plus préférentiellement entre 1 et 50 μ m, et par exemple entre 10 et 40 μ m pour ce qui concerne par exemple la récolte de Spiruline.

La paroi filtrante 40 a ici une forme générale plane et a un diamètre externe sensiblement égal ou légèrement inférieur au diamètre interne de la cuve, et en particulier de sa partie inférieure 22a. L'extrémité inférieure du piston 26 a de préférence une forme sensiblement complémentaire de celle de la paroi filtrante 40, et est donc plane dans l'exemple représenté.

La cuve 22 comprend deux ports, respectivement un port d'alimentation 44 et un port d'évacuation 46.

Dans le mode de réalisation des figures 1 et 2, le port d'évacuation 46 est situé à l'extrémité inférieure de la cuve 22, et débouche dans l'espace précité s'étendant entre les parois filtrantes 28, 40 et la cuve. Il est ainsi configuré pour recueillir le milieu de culture après filtration, appelé perméat (flèche 48 – figure 2).

Le port d'alimentation 44 est ici situé à une extrémité inférieure du piston 26. Il débouche dans la chambre 50 délimitée par le piston 26, entre son extrémité inférieure et le fond de la cuve.

Un premier conduit de raccordement 52 relie le port d'entrée 20 du réacteur 10 au port d'évacuation 46 du système. Ce premier conduit 52 est ici équipé d'un clapet anti-retour 54 qui autorise le passage de fluide uniquement depuis le système 12 vers le réacteur 10.

Un second conduit de raccordement 56 relie le port de sortie 18 du réacteur 10 au port d'alimentation 44 du système. Ce second conduit est ici équipé d'un clapet anti-retour 57 qui autorise le passage de fluide uniquement depuis le réacteur 10 vers le système 12. Ce conduit 56 est également équipé d'une vanne trois voies 58 dont une voie (formant entrée ou sortie) est reliée au port de sortie 18, une voie (formant ici entrée) est reliée au port d'alimentation 44, et une dernière voie (formant ici sortie) est destinée à être reliée à l'atmosphère pour aspiration d'air en fin de récolte.

La connexion des conduits aux ports est avantageusement réalisée au moyen de raccords rapides, par exemple à encliquetage élastique.

L'ensemble des figures 1 et 2 fonctionne de la façon suivante :

Les microalgues sont cultivées dans le réacteur 10. En début de cycle de récolte, le piston est en position basse. En le déplaçant vers le haut, le piston crée une dépression dans la chambre 50, qui entraîne l'alimentation de la chambre avec un volume de solution comportant des microalgues provenant du réacteur 10. Lorsque le piston redescend, il force le milieu de culture à être filtré par les parois filtrantes 28, 40. Le milieu de culture ne peut revenir en arrière à cause du clapet anti-retour 57. Le perméat passe à travers ces parois et est réinjecté par le conduit 52 dans le réacteur, et les microalgues sont retenues par les parois filtrantes. La descente du piston provoque en outre le raclage de la paroi 28 par le piston, et l'agglutination des microalgues déposées sur cette paroi 28 vers le fond de la cuve et en particulier sur la paroi 40. Le raclage permet de décolmater la paroi filtrante cylindrique qui sera de nouveau disponible pour le passage suivant. Le piston peut être déplacé plusieurs fois du haut vers le bas puis du bas vers le haut pour filtrer successivement plusieurs volumes de solution et récupérer ainsi un maximum de microalgues cultivées dans le réacteur. Les conduits 52 et 58 peuvent être souples et/ou flexibles pour ne pas subir de détérioration lors des mouvements du piston. L'accumulation des microalgues sur la paroi 40 forme une pâte algale appelée « gâteau ». Une fois que le volume filtré désiré est atteint, la vanne

58 est basculée en position d'aspiration d'air. La séquence de montée/descente du piston est répétée plusieurs fois pour sécher le gâteau de microalgues formé et permettre la réinjection totale du perméat dans le réacteur. Le système 12 peut alors être déconnecté du réacteur 10 et le
5 gâteau de microalgues récupéré sur la paroi 40, par exemple par démontage du fond 34. Une fois le gâteau récupéré le système 12 peut être rincé par aspiration d'eau propre grâce au piston 26.

La figure 3 représente une variante de réalisation de l'ensemble 10,
10 12 et du système de filtration. Cet ensemble comprend les mêmes caractéristiques que celui décrit dans ce qui précède, dans la mesure où ces caractéristiques ne sont pas en contradiction avec ce qui suit.

La cuve 22 comprend deux ports, respectivement un port d'alimentation 44' et un port d'évacuation 46. Le port d'évacuation 46 est
15 similaire à celui décrit dans ce qui précède.

Le port d'alimentation 44' est ici situé à une extrémité supérieure de la cuve 22. Le port 44' est relié à la vanne 58 par un clapet anti-retour 57. Il débouche dans une chambre 60 délimitée par le piston 26, entre son extrémité supérieure et le haut de la cuve. Le piston 26 délimite ainsi deux
20 chambres, respectivement supérieure 60 et inférieure 50. Les deux chambres 50, 60 communiquent entre elles par au moins un canal 62 s'étendant dans le piston, en le traversant, entre le piston et la cuve, ou à travers une paroi de la cuve. Ce canal 62 est ici équipé d'un clapet anti-retour 64 qui autorise le passage de fluide uniquement depuis la chambre
25 60 vers la chambre 50.

Le premier conduit de raccordement 52 est similaire à celui précité.

Le second conduit de raccordement 56 relie le port de sortie 18 du réacteur 10 au port d'alimentation 44' du système. Ce second conduit 56 peut être équipé du clapet anti-retour 57 qui autorise le passage de fluide
30 uniquement depuis le réacteur 10 vers le système 12. Ce conduit 56 peut

également être équipé d'une vanne trois voies 58, comme dans le précédent cas.

L'ensemble des figures 1 et 2 fonctionne de la façon suivante :

En début de cycle de récolte, le système 12 est raccordé au réacteur
5 10 et la vanne 58 est en position d'aspiration dans cette cuve. Le piston est
en position haute. Lors de la descente du piston, un volume de solution
comportant des microalgues contenu dans le réacteur 10 est aspiré dans la
partie supérieure de la cuve 22 grâce à la dépression générée, c'est-à-dire
dans la chambre 60. Lorsque le piston remonte, le volume de culture ne
10 peut revenir en arrière à cause du clapet anti-retour 57 et passe du coup
par le canal 62 dans la chambre 50 pour venir occuper la partie basse de la
cuve. À la redescente du piston, ne pouvant remonter dans la cuve à cause
du clapet anti-retour 64, le volume initial passe à travers les parois 28, 40.
Les microalgues sont retenues sur la paroi filtrante 28 et directement
15 poussées et pressées par le piston sur la paroi filtrante 40 inférieure. Le
perméat est simultanément réinjecté en grande partie dans le réacteur 10.
Dans le même temps, un nouveau volume de culture est aspiré en partie
haute de la cuve. Le raclage permet de décolmater la paroi 28 qui sera de
nouveau disponible pour le passage suivant. Lors de la nouvelle montée du
20 piston, le nouveau volume passe dans la chambre inférieure 50 pour être
filtré lors de la descente suivante qui permet aussi l'aspiration d'un nouveau
volume de solution. Le cycle de montée/descente du piston peut être
répété plusieurs fois pour adapter le volume total de culture filtrée. Notons
que l'injection en chambre basse 50 par l'intermédiaire du piston permet de
25 limiter la remise en suspension du gâteau formé lors des passages
précédents et optimise ainsi la récolte. Une fois que le volume filtré désiré
est atteint, la vanne trois voies 58 située en amont du système 12 est
basculée en position d'aspiration d'air. La séquence de montée/descente
du piston est répétée plusieurs fois pour sécher le gâteau de microalgues
30 formé et permettre la réinjection totale du perméat dans le réacteur 10. Le
système 12 peut alors être déconnecté du réacteur et le gâteau de

microalgues récupéré sur la paroi 40 amovible. Une fois le gâteau récupéré, le système 12 peut être rincé par aspiration d'eau propre grâce au piston.

5 Les figures 4 et 5 représentent une autre variante de réalisation du système de filtration. Ce système 12 comprend les mêmes caractéristiques que le système de l'ensemble des figures 1 et 2 et comprend en outre les caractéristiques suivantes.

10 Le piston 26 porte un organe racleur 66 qui est relié à son extrémité inférieure, par exemple par des entretoises 68. L'organe 66 est ainsi solidaire du piston 26 et destiné à être entraîné par ce dernier lors de ses déplacements. Les entretoises 68 séparent axialement l'organe 66 du piston 26.

15 L'organe 66 peut avoir une forme générale circulaire ou cylindrique, et de faible épaisseur ou hauteur. Il a de préférence un diamètre externe inférieur au diamètre externe du piston. Ainsi, l'organe 66 est destiné à effectuer un premier raclage ou pré-raclage de la paroi 28, lors du déplacement du piston, le piston assurant lui un second raclage de la paroi juste après le premier raclage.

20 Comme cela est schématiquement représenté à la figure 5, on comprend qu'une partie périphérique interne 70a du dépôt cylindrique de microalgues sur la paroi 28 est raclée et entraînée par l'organe 66 lors de son passage, et que le reste à savoir une partie périphérique externe 70b du dépôt cylindrique de microalgues sur la paroi 28 est raclée et entraînée
25 par le piston lors de son passage. Ceci permet de conserver une surface filtrante avec peu de perte de charge, ce qui peut faciliter la descente du piston en fin de course notamment. La figure 5 permet également d'apprécier le gâteau de microalgues sur la paroi 40.

30 Les figures 6 et 7 montrent des formes géométriques possibles pour la cuve 22 du système de filtration 12 selon l'invention. La cuve 22 a par

exemple une contenance comprise entre 200mL et 10L, de préférence entre 500mL et 5L, et par exemple de l'ordre de 1L. Elle peut avoir une hauteur supérieure à son diamètre, comme cela est représenté à la figure 6, ou bien un diamètre supérieur à sa hauteur. On comprend que ces dimensions influencent sur les surfaces filtrantes respectivement des parois 28, 40. La cuve de la figure 6 aura une paroi filtrante 40 de surface inférieure à celle de la cuve de la figure 7.

La figure 8 est un exemple plus concret d'un système de filtration selon l'invention. Le système 12 comprend une plateforme horizontale 72 destinée à être posée sur un support tel qu'une table ou un plan de travail. Une colonne 74 sensiblement verticale s'étend vers le haut depuis la plateforme 72, cette colonne portant un bras 76 de support de la cuve 22. La cuve peut être engagée de manière amovible dans un orifice 76a du bras 76. En position de montage sur le bras, la cuve peut être suspendue et maintenue à distance de la plateforme 72.

Un levier 78 de forme allongée est articulé par l'une de ses extrémités longitudinales à l'extrémité supérieure de la colonne 74. Son autre extrémité longitudinale est reliée à une poignée 80. L'axe B d'articulation du levier 78 à la colonne 74 est sensiblement horizontal. Le levier est en outre articulé, sensiblement en son milieu, à l'extrémité supérieure de la tige 32 du piston 26. L'axe C d'articulation du levier 78 à la tige 32 est sensiblement parallèle à l'axe B.

On comprend qu'un utilisateur peut saisir la poignée 80 et déplacer le levier 78 de haut en bas, et de bas en haut, par rotation du levier autour de l'axe B, pour déplacer le piston de haut en bas, et de bas en haut, à l'intérieur de la cuve 22. L'effet de bras de levier de ce système permet de réduire l'effort fourni par l'utilisateur pour déplacer le piston et filtrer la solution de microalgues.

La figure 9 illustre un mode de réalisation des moyens de raccordement d'un réacteur 10 à un système de filtration 12, qui est par exemple un système du type précité et décrit en référence aux précédentes figures.

5 Les références 52 et 56 désignent les conduits de raccordement du réacteur 10 au système 12, déjà décrit dans ce qui précède. En plus du clapet anti-retour 54, le conduit 52 comporte un capteur de pression 82 et un filtre 84, tel qu'un dispositif d'ultrafiltration.

10 Le conduit 52 comprend en outre une vanne trois voies 86 dont une voie (formant sortie) est reliée par le clapet anti-retour 54 au port d'entrée du réacteur 10, une voie (formant entrée ou sortie) est reliée par le filtre 84 et le capteur 82 au port 20 du système 12, et une dernière voie (formant entrée) est reliée, de préférence par un autre clapet anti-retour 86, à une source 88 de fluide de rinçage.

15 Le conduit 56 est similaire à celui décrit dans ce qui précède et comprend en outre, en sortie de la dernière voie de la vanne 58 un clapet anti-retour 88 qui relie ainsi cette voie aux moyens d'aspiration 90. Un capteur de pression 91 peut être monté entre la vanne 58 et le port 18.

Un conduit de dérivation 92 peut relier les vannes 58, 86.

20 Le circuit fluidique représenté à la figure 9 permet à la fois la filtration d'une solution comportant des microalgues par le système 12, et le rinçage de ces microalgues et du système.

25 Les flèches 94 représentent le cheminement des fluides lors d'une opération de filtration. Comme évoqué dans ce qui précède, la solution contenue dans le réacteur 10 est acheminée par le conduit 52 jusque dans le système 12 en vue de la séparation des microalgues, qui se déposent sur les parois 28, 40, du milieu de culture qui est réacheminé par le conduit 56 dans le réacteur 10.

30 Lors d'une opération de rinçage, les fluides s'écoulent selon les flèches 98. Le fluide de rinçage est par exemple de l'eau qui est aspirée à travers la vanne 86 et filtrée par le filtre 84 avant de pénétrer dans la cuve

22 du système 12 en vue du rinçage des microalgues. L'eau est ensuite évacuée par le port 18 à travers le conduit 52 par aspiration à travers la vanne 58. On comprend ainsi que le réacteur 10 n'est pas utilisé lors de cette opération et les vannes 58, 86 peuvent être reliées entre elles par le conduit de dérivation 92, pour éviter tout passage de fluide de rinçage dans le réacteur.

L'ensemble représenté à la figure 9 comprend un système de filtration 12, un réacteur 10, et des moyens de raccordement fluide du système au réacteur. Le système 12 est tel que décrit dans ce qui précède. En variante, il pourrait s'agir d'un système de filtration d'un autre type, c'est-à-dire par forçement à piston racleur.

Les figures 10 et 11 illustrent des variantes de réalisation des moyens de raccordement d'un réacteur 10 à un système de filtration 12, qui est par exemple un système du type précité et décrit en référence aux figures 1 à 8.

La variante de réalisation de la figure 10 diffère du mode de réalisation de la figure 9 essentiellement en ce que le réacteur 10 est équipé d'un unique port 46' servant à l'alimentation et à l'évacuation.

La vanne trois voies 86 a une voie (formant sortie) reliée par le clapet anti-retour 54 directement au conduit 56, en aval du port 46' et en amont du clapet anti-retour 57. La vanne 86 comprend en outre une voie (formant entrée ou sortie) reliée par le filtre 84 et le capteur 82 au port 20 du système 12, et une dernière voie (formant entrée) reliée, de préférence par un autre clapet anti-retour 86, à une source 88 de fluide de rinçage.

La variante de réalisation de la figure 11 représente une simplification des moyens de raccordement entre le réacteur 10 et le système de filtration 12.

Le conduit 56 comprend le clapet anti-retour 57 qui est relié au port 46' du réacteur et au port 18 du système. Le conduit 52 comprend le clapet anti-retour 54 qui est relié au port 46' du réacteur et au port 20 du système.

La variante de la figure 11 permet le recyclage du milieu de culture. Elle ne comprend ici pas de filtre 84 bien qu'elle pourrait en comprendre un. Par ailleurs, elle ne permet pas un rétrolavage contrairement aux précédents modes de réalisation.

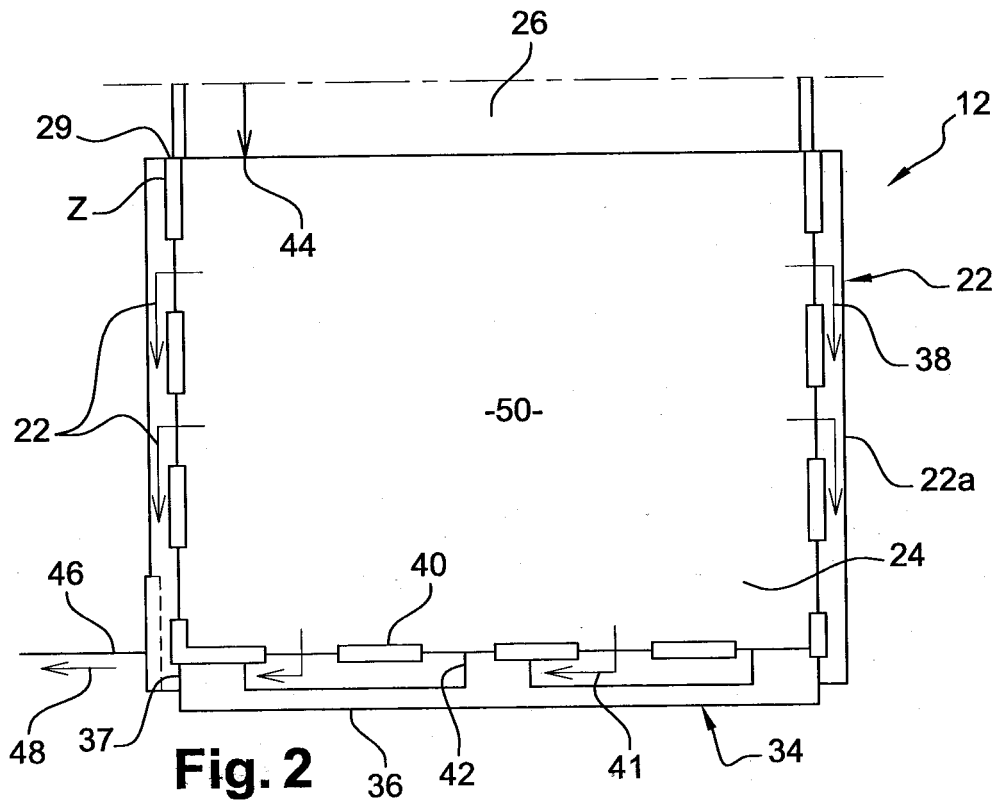
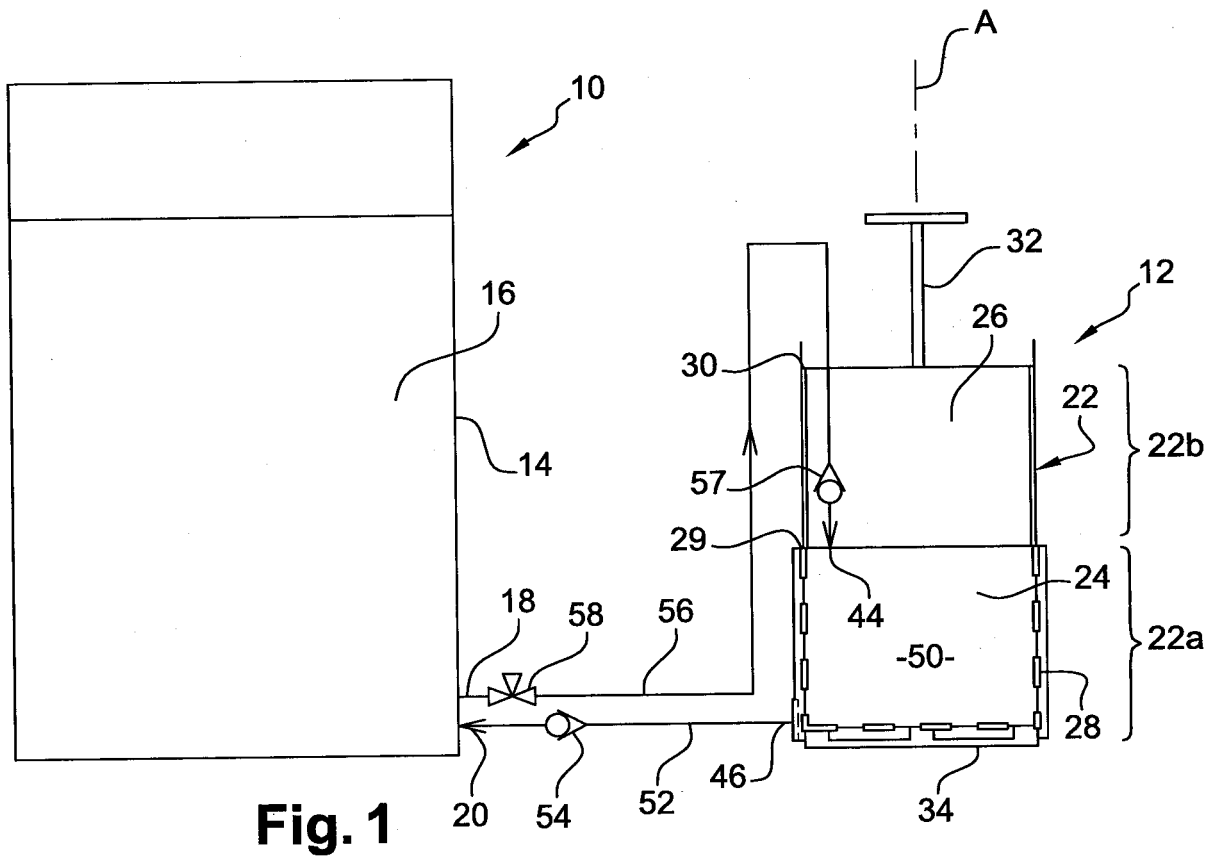
REVENDICATIONS

1. Système (12) de filtration d'une solution comportant des microalgues, le système comportant :
 - 5 - une cuve (22) comprenant une cavité interne (24) sensiblement cylindrique dont l'axe de révolution (A) est sensiblement vertical, cette cavité étant destinée à recevoir une solution à filtrer comportant des microalgues,
 - un piston de filtration (26) monté coulissant dans ladite cavité (24), dans
10 une direction sensiblement parallèle audit axe de révolution (A), et
 - une première paroi cylindrique filtrante (28) configurée pour retenir les microalgues, ladite première paroi étant située au moins dans une partie inférieure (22a) de ladite cavité (24) et étant configurée pour être raclée par le piston (26) lors de ses déplacements,
 - 15 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une seconde paroi circulaire filtrante (40) située à l'extrémité inférieure de la cavité et configurée pour retenir et récolter les microalgues.
2. Système (12) selon la revendication précédente, dans lequel la
20 seconde paroi filtrante (40) est montée de manière amovible à l'intérieur de la cavité (24) et/ou à l'extrémité inférieure de la cuve (22).
3. Système (12) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le piston (26) a une forme générale cylindrique et comprend une extrémité inférieure de forme sensiblement complémentaire de celle de ladite seconde paroi filtrante (40).
- 25 4. Système (12) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un organe racleur (66) est relié à l'extrémité inférieure du piston (26) de façon à être entraîné par ce dernier lors de ses déplacements, cet organe racleur étant configuré pour pré-racler ladite première paroi filtrante (28) et ayant un diamètre externe inférieur à celui du piston.

5. Système (12) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel il comprend au moins un port (44, 44') d'alimentation en solution à filtrer et au moins un port (46) d'évacuation d'un perméat.
6. Système (12) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le piston (26) délimite deux chambres (50, 60) à l'intérieur de la cuve (22), respectivement situées au-dessus et au-dessous de lui, ledit port d'alimentation (44') débouchant dans la chambre supérieure (60) qui est en communication fluidique avec la chambre inférieure (50) par au moins un canal (62) s'étendant dans ou le long du piston (26).
7. Ensemble comportant un système (12) selon l'une des revendications précédentes, un réacteur (10) de culture de microalgues, et des moyens de raccordement fluidique du système au réacteur, lesdits moyens de raccordement fluidique comprenant :
- une première vanne trois voies (58) dont :
 - . une première voie est reliée à un premier port (18) de la cuve (22) du système (12),
 - . une deuxième voie est reliée à un troisième port (44, 44') du réacteur (10), et
 - . une troisième voie est configurée pour être reliée à un moyen d'aspiration ou d'évacuation (90),
 - une seconde vanne trois voies (86) dont :
 - . une première voie est reliée à un second port (20) de la cuve du système,
 - . une deuxième voie est reliée à un quatrième port (46) du réacteur,
 - et
 - . une troisième voie est configurée pour être reliée à une source (88) de fluide de rinçage.
8. Ensemble selon la revendication précédente, dans lequel un clapet anti-retour (57, 88, 54, 86) est monté :
- entre la deuxième voie de la première vanne (58) et le troisième port du réacteur (44, 44'), et/ou

- en sortie de la troisième voie de la première vanne (58), et/ou
 - entre la deuxième voie de la seconde vanne (86) et le quatrième port (46) du réacteur (10), et/ou
 - en entrée de la troisième voie de la seconde vanne (86).
- 5 9. Procédé de récolte de microalgues à partir d'un ensemble selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape d'alimentation de la cuve (22) du système (12) avec une solution comportant des microalgues contenue dans le réacteur (10), ladite solution passant par les première et deuxième voies de la première
- 10 vanne (58), et
- une étape d'évacuation ou de recyclage d'un perméat de la cuve du système vers le réacteur, ledit perméat passant par les première et deuxième voies de la seconde vanne (86).
- 15 10. Procédé de rinçage de microalgues à partir d'un ensemble selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape d'alimentation de la cuve (22) du système (12) avec un fluide de rinçage, ledit fluide passant par les première et troisième voies de la
- 20 seconde vanne (86), et
- une étape d'évacuation du fluide de rinçage de la cuve, ledit fluide passant par les première et troisième voies de la première vanne (58).

1/4



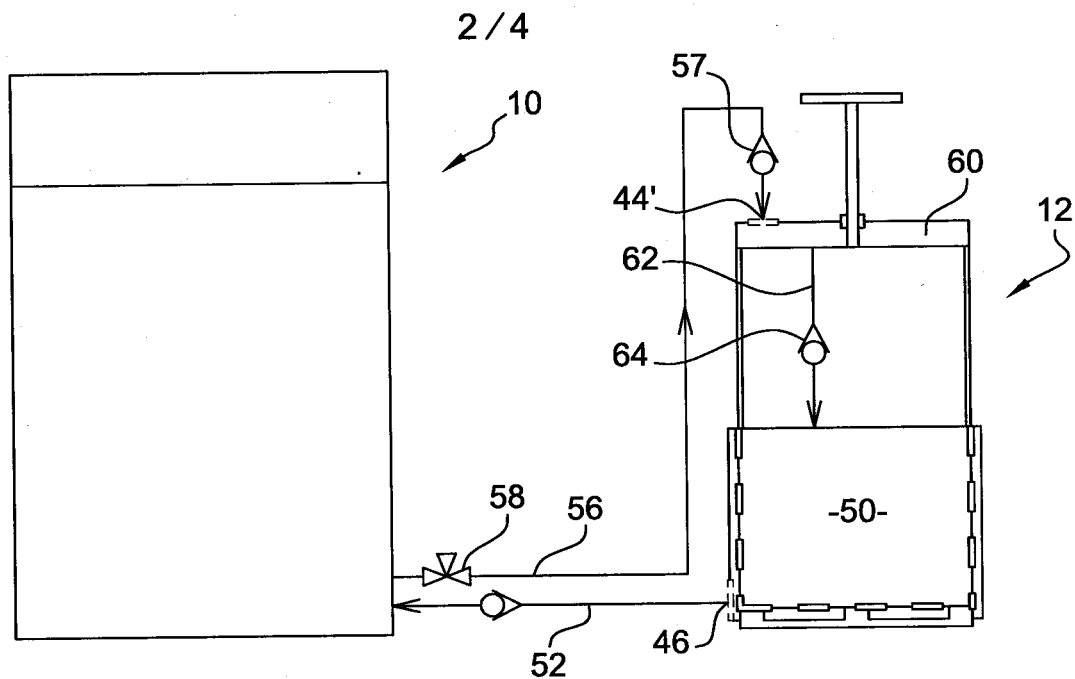


Fig. 3

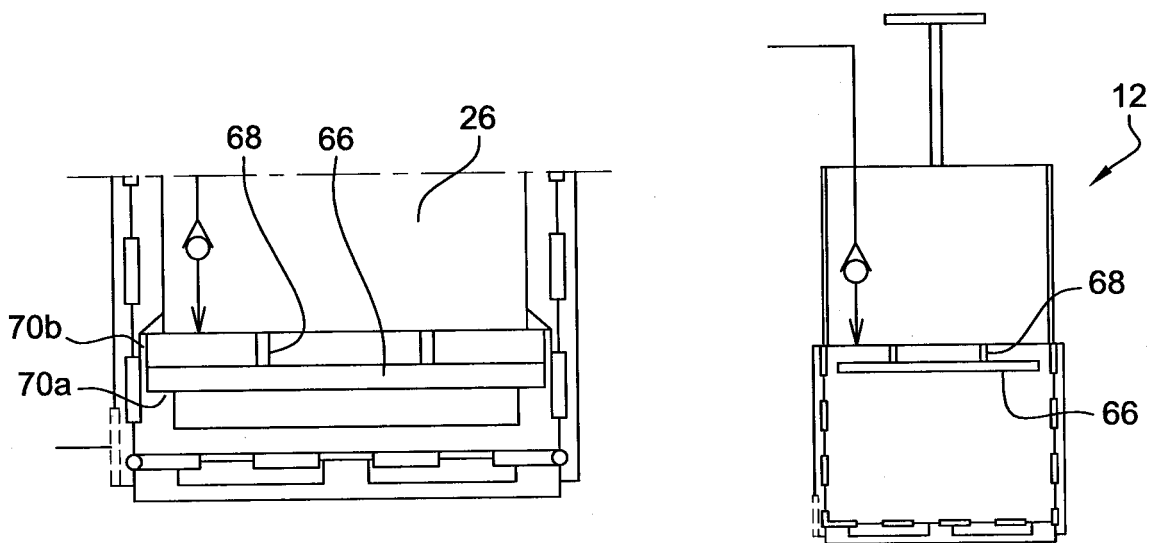


Fig. 5

Fig. 4

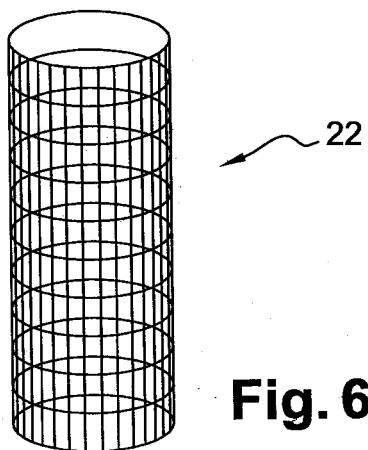


Fig. 6

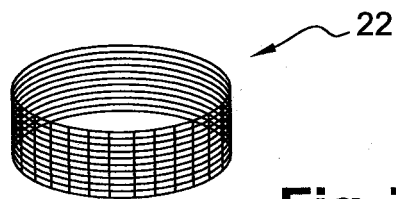


Fig. 7

3/4

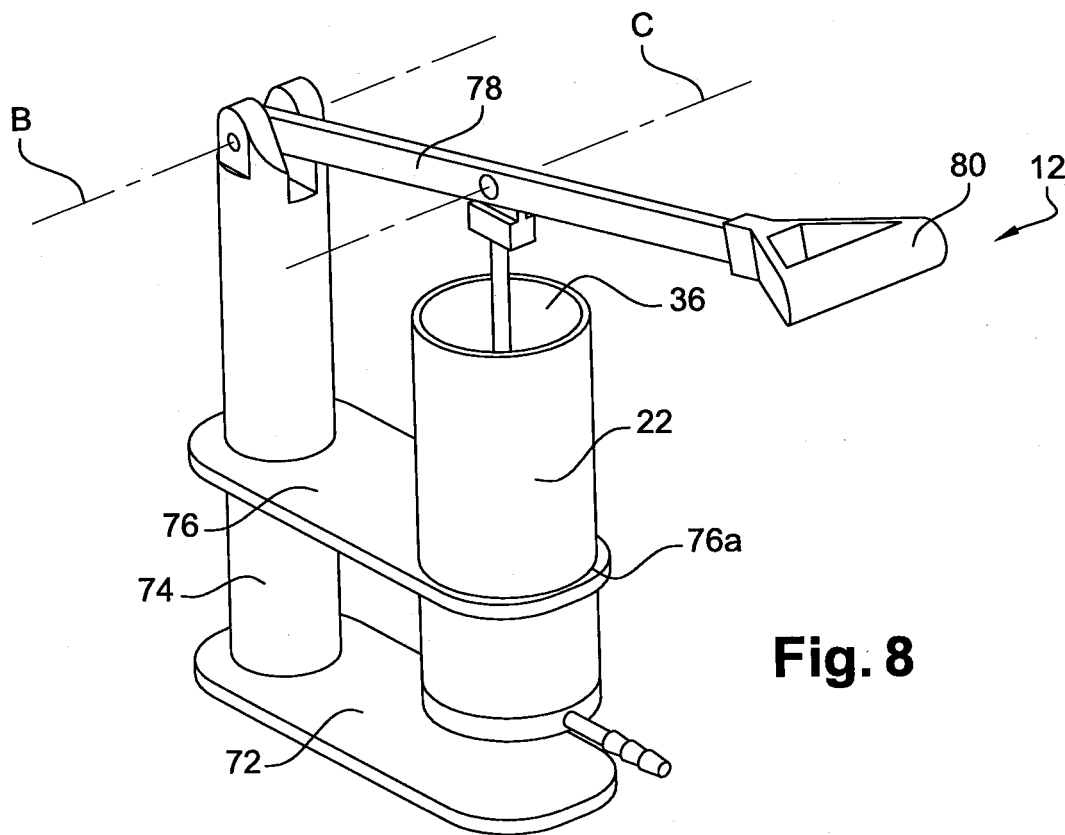


Fig. 8

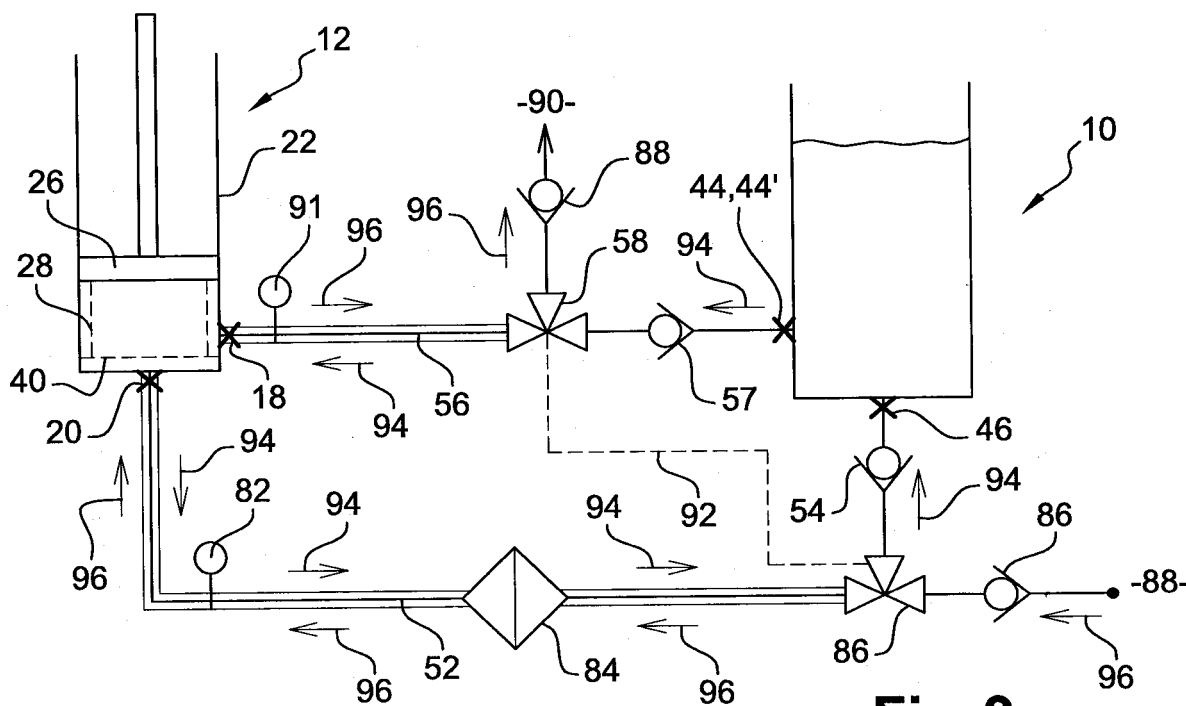


Fig. 9



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 832362
FR 1661516

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 701 810 A (NAKAI GARY T [US]) 30 décembre 1997 (1997-12-30)	1-4	B01D29/11 B01D29/23 C12M1/12 C12N1/02
Y	* figure 2 *	5-10	
Y	----- WO 2011/115822 A2 (UNIV ARIZONA [US]; HU QIANG [US]; MILTON SOMMERFELD [US]; ZHANG XUEZHI) 22 septembre 2011 (2011-09-22)	5-10	
A	* figure 1 *	1-4	
A	----- US 929 717 A (SELF FRANCES E [US]) 3 août 1909 (1909-08-03)	1-10	
A	----- US 4 019 984 A (MOHN HELMUTH) 26 avril 1977 (1977-04-26)	1-10	
	* figure 2 *		

			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 juillet 2017		Skowronski, Maik	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1661516 FA 832362**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **20-07-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5701810	A	30-12-1997	CA 2190242 A1 US 5701810 A	16-05-1997 30-12-1997

WO 2011115822	A2	22-09-2011	US 2011253605 A1 US 2011253646 A1 US 2012031858 A1 US 2012085694 A1 WO 2011115822 A2	20-10-2011 20-10-2011 09-02-2012 12-04-2012 22-09-2011

US 929717	A	03-08-1909	AUCUN	

US 4019984	A	26-04-1977	DE 2418189 A1 FR 2267145 A1 JP S5522195 B2 JP S50138478 A US 4019984 A	23-10-1975 07-11-1975 14-06-1980 05-11-1975 26-04-1977
