

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.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17(ii))*
- *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17(iv))*

Publiée:

- *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

(57) Abrégé : L'installation pour la culture de microorganismes photosynthétiques, notamment de micro-algues, comporte un bassin de culture (1) destiné à contenir un milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques, des moyens (12) de mise en circulation dans le bassin du milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques, et des moyens de régulation de la température du milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques. Ces moyens de régulation de température (2) comportent des moyens (20) de production d'un flux d'air (F') qui a été chauffé et humidifié ou refroidi et déshumidifié et des moyens d'injection dans le milieu de culture nutritif liquide (M) de tout ou partie de ce flux d'air (F') chauffé ou refroidi.

INSTALLATION POUR LA CULTURE EN BASSIN DE MICROORGANISMES PHOTOSYNTHETIQUES ET NOTAMMENT DE MICRO-ALGUES

5

Domaine technique

La présente invention concerne la culture en bassin de microorganismes photosynthétiques, et notamment de micro-algues. L'invention s'applique à la culture de tout organisme photosynthétique, c'est-à-dire toute forme de vie susceptible de développement et de photosynthèse dans un milieu de culture nutritif liquide approprié, en présence de rayonnement solaire et de gaz riche en carbone, tel que du dioxyde de carbone.

10

Art antérieur

Parmi les microorganismes photosynthétiques concernés par l'invention figurent plus particulièrement, mais non exclusivement, les végétaux aquatiques comme par exemple les micro-algues de type spiruline par exemple, les protonémas de mousse, les petites macro-algues et les cellules isolées de plantes multicellulaires. Ces végétaux aquatiques présentent des propriétés intéressantes dans les domaines notamment de la pharmacie, de la nutrition humaine et animale, de la dermo-cosmétologie, de l'énergie et de l'environnement.

20

La culture de ces microorganismes photosynthétiques est réalisée dans un réacteur photosynthétique contenant un milieu de culture nutritif liquide approprié recevant un flux de lumière, et notamment un rayonnement solaire. La difficulté de cultiver des microorganismes photosynthétiques tient au fait qu'ils constituent eux-mêmes des obstacles au passage de la lumière. La croissance de la culture va donc se stabiliser lorsque la lumière ne pénétrera plus dans l'épaisseur de la culture. Ce phénomène est appelé l'auto-ombrage.

25

30

La réaction de photosynthèse s'accompagne également d'une consommation de gaz carbonique (CO₂) et d'une production d'oxygène (O₂). L'excès d'oxygène inhibe la réaction, tandis que l'absence de gaz carbonique l'interrompt par défaut de substrat à transformer. Une interface gaz/liquide doit donc être aménagée pour les transferts de masse entre ces gaz et la phase liquide. Afin de favoriser ces échanges et d'éviter les hétérogénéités, la culture doit être le siège d'un mélange destiné à renouveler les organismes au niveau de l'interface optique susmentionnée et également au niveau de cette interface gaz/liquide.

10 Un premier mode de réalisation connu de réacteur photosynthétique consiste en un réacteur clos dit photobioréacteur, qui comprend une boucle fermée à l'intérieur de laquelle circule le milieu de culture liquide, ladite boucle fermée comprenant une canalisation de réaction pourvue de tronçons de réaction réalisés dans un matériau transparent au rayonnement
15 lumineux (ou à la lumière), et une canalisation de retour assurant la liaison entre les deux extrémités opposées de la canalisation de réaction. Ce type de photobioréacteur est décrit notamment dans les demandes de brevet FR 2 943685, GB 2 118 572 A, GB 2 331 762 A, FR 2 685 344 A1 et FR 2 875 511. Ces photobioréacteurs ne permettent pas une production de gros
20 volume de microorganismes et sont donc réservés à la production de microorganismes à petite échelle.

Un deuxième mode de réalisation connu de réacteur photosynthétique, décrit par exemple dans les demandes de brevet WO2011/056517, US2014/0113276, WO2010/151837, US2007/0048859,
25 consiste en un récipient ouvert de type bassin ou bac, qui contient un milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques. Ce milieu de culture est mélangé et est mis en circulation à l'intérieur du bassin, entre un point d'entrée du bassin et un point de sortie du bassin, par un ou plusieurs dispositifs mécaniques de brassage, par exemple de type
30 roue à aubes ou pompes centrifuges.

De manière avantageuse par rapport aux photobioréacteurs susvisés, les cultures en bassin ainsi réalisées peuvent couvrir des surfaces importantes et sont ainsi adaptées à une production de microorganismes à grande échelle. Cette forme de culture est à l'origine de l'essentiel de la production mondiale actuelle de micro-algues, qui atteint plusieurs milliers de tonnes de poids sec. Les organismes photosynthétiques produits par ce type de réacteur sont essentiellement : - des algues dites extrêmophiles dont les milieux sont hostiles aux prédateurs et aux compétiteurs, comme par exemple les algues du type spiruline ou *Dunaliella* ; ou - des algues dites dominantes qui supportent les sollicitations mécaniques ou les contaminations mieux que les autres, comme par exemple les algues du type *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Skeletonema*, *Odontella* ou *Nannochloropsis*.

La mise en circulation du milieu de culture dans le bassin au moyen de pompes centrifuges ou équivalent peut causer un cisaillement mécanique des microorganismes, et dans certains cas peut détériorer les microorganismes de manière importante. Ainsi, il est difficile de cultiver certaines micro-algues dites fragiles dans des réacteurs comportant des pompes centrifuges ou moyens équivalents pour faire circuler la culture.

La demande de brevet internationale WO 2012/162045 divulgue une installation pour la culture de microalgues comportant plusieurs bassins de culture destinés à contenir un milieu de culture nutritif liquide contenant les microalgues. Le chauffage de ce milieu de culture nutritif liquide est réalisé principalement au moyen d'un circuit d'eau qui permet d'introduire dans les bassins de culture de l'eau chaude produite par une centrale électrique. Dans cette installation, on produit un milieu (« makeup media ») riche en sodium carbonate au moyen d'une unité de traitement d'algues. Ce milieu (« makeup media ») riche en sodium carbonate est obtenu en séparant et en retirant du milieu de culture les algues à maturité. Les gaz de combustion produits par ladite centrale électrique sont injectés dans ce milieu («

makeup media ») riche en sodium carbonate, qui agit comme absorbeur de CO₂ et de chaleur présents dans ces gaz de combustion. Après injection des gaz de combustion, ce milieu (« makeup media »), qui a été chargé en CO₂ et chauffé par les gaz de combustion, est réintroduit dans le milieu de culture et permet d'agir comme source de carbone et source de chaleur pour le milieu de culture. Pour le développement optimal des microorganismes, il est par ailleurs important de maintenir la température du milieu de culture dans une gamme de températures prédéfinies, par exemple en fonction du type de microorganismes, entre 20°C et 40°C. La régulation de la température du milieu de culture peut être à l'origine d'une consommation d'énergie très importante, préjudiciable à la rentabilité de la production.

Objectif de l'invention

La présente invention a pour objectif à titre principal de proposer une nouvelle solution technique qui permet d'améliorer la culture en bassin de microorganismes photosynthétiques.

Résumé de l'invention

Selon un premier aspect, l'invention a ainsi pour objet un installation pour la culture de microorganismes photosynthétiques, notamment de micro-algues, comportant un bassin de culture destiné à contenir un milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques, des moyens de mise en circulation dans le bassin du milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques, et des moyens de régulation de la température du milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques.

De manière caractéristique selon l'invention, lesdits moyens de régulation de température comportent des moyens de production d'un flux d'air qui a été chauffé et humidifié ou refroidi et déshumidifié et des moyens d'injection dans le milieu de culture nutritif liquide de tout ou partie de ce flux d'air.

Grâce à l'injection dans le milieu de culture nutritif liquide de tout ou partie d'un flux d'air qui a été chauffé et humidifié ou refroidi et déshumidifié, on réalise avantageusement une régulation thermique du milieu de culture qui est très efficace d'un point de vue du rendement énergétique, grâce à un transfert thermique important entre le milieu de culture et ce flux d'air, selon le cas par condensation du flux d'air refroidi et déshumidifié ou par évaporation du flux d'air chauffé et humidifié. Ce transfert thermique important est ainsi lié principalement à la chaleur latente de ce flux d'air.

Plus particulièrement, et de manière optionnelle, l'installation de l'invention peut comporter les caractéristiques facultatives suivantes prises isolément ou en combinaison l'une avec l'autre :

- lesdits moyens de production d'un flux d'air sont aptes à recycler une partie de l'air au-dessus du bassin de culture.
- lesdits moyens de production d'un flux d'air permettent le chauffage et humidification ou le refroidissement et la déshumidification dudit flux d'air, avant son injection dans le milieu de culture nutritif liquide, par contact direct de ce flux d'air avec un liquide (L) dont la température est régulée.
- lesdits moyens de production d'un flux d'air qui a été chauffé ou refroidi comportent
 - (a) une enceinte, qui contient un volume de liquide dont la température est régulée, et qui comporte au moins une ouverture d'évacuation d'air positionnée au-dessus de la surface dudit volume de liquide,
 - (b) des moyens aérauliques, qui permettent en fonctionnement d'introduire un flux d'air d'entrant dans ledit volume de liquide contenu dans l'enceinte, au-dessous de la surface dudit volume de liquide, et de telle sorte qu'un flux d'air sortant, traité par contact direct avec ledit volume de liquide, remonte à l'intérieur de l'enceinte

est évacué en dehors de ladite enceinte en passant à travers l'ouverture d'évacuation de l'enceinte.

- la température du liquide dans l'enceinte est inférieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture.
- 5 - la température du liquide dans l'enceinte est supérieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture.
- l'installation comporte des moyens permettant l'extraction du milieu de culture d'au moins une partie d'air vicié après son passage dans le milieu de culture.
- 10 - l'installation comporte selon des moyens permettant d'injecter de l'air neuf, au-dessus du bassin de culture et/ou dans le milieu de culture nutritif liquide, et un échangeur thermique air-air qui permet un échange thermique entre ladite partie d'air vicié et ce flux d'air neuf, avant son injection au-dessus du bassin de culture et/ou dans
- 15 le milieu de culture nutritif liquide.
- l'installation comporte un système de récupération d'énergie qui permet de récupérer des calories dans ladite partie d'air vicié ou le cas échéant dans la partie d'air vicié qui est passée dans l'échangeur thermique.
- 20 - le système de récupération d'énergie permet au moins en partie le chauffage ou le refroidissement du flux d'air, et le cas échéant du liquide contenu dans l'enceinte.
- tout ou partie dudit flux d'air chauffé ou refroidi est réinjecté dans le milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques de manière à participer à la mise en circulation,
- 25 dans le bassin de culture, de ce milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques.
- l'installation comporte une couverture rigide, laissant passer le rayonnement solaire et formant une toiture au-dessus du bassin
- 30 de culture.

- l'installation comporte au moins une bâche, qui laisse passer le rayonnement solaire, et qui est mobile, et notamment rétractable ou enroulable, et permet de recouvrir tout ou partie de la surface du milieu de culture nutritif liquide contenu dans le bassin de culture.

5

Selon un deuxième aspect, l'invention a également pour objet une installation pour la culture de microorganismes photosynthétiques, notamment de micro-algues, comportant un bassin de culture destiné à contenir un milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques, des moyens de mise en circulation dans le bassin du milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques, et des moyens de régulation de la température du milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques.

10

De manière caractéristique selon l'invention, l'installation comporte en outre au moins une bâche, qui laisse passer le rayonnement solaire, et qui est mobile, et notamment rétractable ou enroulable, et permet de recouvrir tout ou partie de la surface du milieu de culture nutritif liquide contenu dans le bassin de culture, en étant au contact de ce milieu de culture nutritif liquide.

15

Lorsque cette bâche recouvre tout ou partie de la surface du milieu de culture nutritif liquide contenu dans le bassin de culture, en étant au contact de ce milieu de culture nutritif liquide, elle permet avantageusement de limiter les phénomènes d'évaporation de ce milieu de culture nutritif liquide.

20

Plus particulièrement, et de manière optionnelle, l'installation de l'invention peut comporter les caractéristiques facultatives suivantes prises isolément ou en combinaison l'une avec l'autre :

25

- lesdits moyens de régulation de température comportent des moyens de production d'un flux d'air qui a été chauffé ou refroidi et des moyens d'injection dans le milieu de culture nutritif liquide de tout ou partie de ce flux d'air chauffé ou refroidi.
- lesdits moyens de production permettent la production d'un flux d'air qui a été chauffé et humidifié ou refroidi et déshumidifié.

30

- lesdits moyens de production d'un flux d'air qui a été chauffé ou refroidi sont aptes à recycler une partie de l'air au-dessus du bassin de culture.
- lesdits moyens de production d'un flux d'air permettent le chauffage et humidification ou le refroidissement et la déshumidification dudit flux d'air, avant son injection dans le milieu de culture nutritif liquide, par contact direct de ce flux d'air avec un liquide dont la température est régulée.
- lesdits moyens de production d'un flux d'air qui a été chauffé ou refroidi comportent
 - (a) une enceinte, qui contient un volume de liquide dont la température est régulée, et qui comporte au moins une ouverture d'évacuation d'air positionnée au-dessus de la surface dudit volume de liquide,
 - (b) des moyens aérauliques, qui permettent en fonctionnement d'introduire un flux d'air d'entrant dans ledit volume de liquide contenu dans l'enceinte, au-dessous de la surface dudit volume de liquide, et de telle sorte qu'un flux d'air sortant, traité par contact direct avec ledit volume de liquide, remonte à l'intérieur de l'enceinte est évacué en dehors de ladite enceinte en passant à travers l'ouverture d'évacuation de l'enceinte.
- la température du liquide dans l'enceinte est inférieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture ou est supérieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture.
- l'installation comporte des moyens permettant l'extraction du milieu de culture d'au moins une partie d'air vicié après son passage dans le milieu de culture.
- l'installation comporte des moyens permettant d'injecter de l'air neuf, au-dessus du bassin de culture et/ou dans le milieu de culture nutritif liquide, et un échangeur thermique air-air qui permet un échange thermique entre ladite partie d'air vicié et ce flux d'air neuf, avant son injection au-dessus du bassin de culture et/ou dans le milieu de culture nutritif liquide.

- l'installation comporte un système de récupération d'énergie qui permet de récupérer des calories dans ladite partie d'air vicié ou le cas échéant dans la partie d'air vicié qui est passée dans l'échangeur thermique, et de préférence qui permet au moins en partie le chauffage ou le refroidissement du flux d'air, et le cas échéant du liquide contenu dans l'enceinte.
- tout ou partie dudit flux d'air chauffé ou refroidi est réinjecté dans le milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques de manière à participer à la mise en circulation, dans le bassin de culture, de ce milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques.
- l'installation comporte une couverture rigide, laissant passer le rayonnement solaire et formant une toiture au-dessus du bassin de culture.

L'invention a également pour objet une utilisation de l'installation susvisée, pour la culture de microorganismes photosynthétiques, notamment de micro-algues.

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée ci-après d'une variante particulière de réalisation conforme à l'invention, laquelle description détaillée est donnée à titre d'exemple non limitatif et non exhaustif de l'invention et en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue d'ensemble d'une variante de réalisation d'une installation de l'invention, la couverture de type toiture au-dessus du bassin n'étant pas représentée ;
- la figure 2 est une vue schématique de l'installation de la figure 1 montrant notamment les moyens de régulation de la température du milieu de culture nutritif liquide dans le bassin de culture ;
- la figure 3 est une vue en coupe transversale de l'installation de la figure 1 dans le plan de coupe III-III de la figure 1 ;

- la figure 4 représente de manière schématique et complète l'installation de la figure 1 et les différents flux d'air mis en œuvre ;
- la figure 5 montre un exemple de réalisation d'un dispositif de traitement d'air pour la production d'un flux d'air chauffé ou refroidi, et pouvant être utilisé pour réaliser les moyens de régulation de la température du milieu de culture nutritif liquide dans le bassin de culture.

Description détaillée

On a représenté sur les figures 1 à 4 un exemple d'installation conforme à l'invention, permettant la culture en bassin de microorganismes photosynthétiques, et notamment de micro-algues.

Cette installation comporte un bassin 1 de type « raceway », qui est ouvert en partie supérieure, et qui contient le milieu de culture nutritif M sous forme liquide, dans lequel sont mélangés les microorganismes photosynthétiques, afin de permettre le développement de ces microorganismes sous l'action du rayonnement solaire.

Ce bassin 1 comprend deux couloirs de circulations 10, 11 : un premier couloir de circulation 10 (couloir de droite sur la figure 1) de l'avant AV vers l'arrière AR du bassin et comportant (figure 2) une conduite entrée E, un deuxième couloir de circulation 11 (couloir de gauche sur la figure 1) de l'arrière AR vers l'avant AV du bassin et comportant (figure 2) une conduite de sortie S. Les deux couloirs 10 et 11 du bassin communiquent l'un avec l'autre en partie arrière AR.

De préférence, le fond des deux couloirs 10, 11 du bassin 1 forme une surface légèrement et continûment inclinée vers le bas depuis l'entrée E du bassin 1 jusqu'à la sortie S du bassin 1, de manière à faciliter la circulation du milieu de culture liquide M contenant les microorganismes entre la conduite d'entrée E et la conduite de sortie S du bassin.

La conduite de sortie S du bassin est en outre raccordée à l'extérieur du bassin à la conduite d'entrée E par un système 12 permettant la mise en circulation du milieu de culture liquide M contenant les microorganismes

dans le bassin 1, plus particulièrement du couloir 11 vers le couloir 10 du bassin. Ce système de mise en circulation 12 est logé dans un local technique 13 à l'avant du bassin.

5 Ce système de mise en circulation 12 comporte un convoyeur 120 motorisé (visible en transparence sur la figure 2), qui est logé dans un carter 121 étanche, et qui comporte une bande de convoyage sans fin 120a muni de raclettes 120b. En fonctionnement, le système de convoyage 120 permet de faire circuler le milieu de culture M contenant les microorganismes entre la sortie de la conduite de sortie S du couloir 11 et l'entrée de la conduite
10 d'entrée E du couloir 10.

La collecte des microorganismes peut facilement et avantageusement être effectuée à l'intérieur de ce carter 121, par une trappe de collecte ou équivalent (non représentée) prévue à cet effet.

15 L'installation comporte en outre des moyens de régulation de la température 2 du milieu de culture M contenant les microorganismes. Ces moyens de régulation de température 2 sont logés dans le local technique 13 et seront détaillés ultérieurement.

Le bassin 1 est en outre couvert sur toute sa surface par une
20 couverture rigide 3 (Figure 3), qui est positionnée au-dessus et proximité du bassin 1. Cette couverture rigide 3 est dans un matériau laissant passer le rayonnement solaire, et est par exemple en polycarbonate. Cette couverture 3 permet de laisser passer le rayonnement solaire dans le milieu de culture M contenu dans le bassin 1, tout en isolant au moins partialement le milieu de culture de l'air ambiant extérieur dont la température peut être
25 très différente de celle du milieu de culture M.

De préférence, l'installation comporte également sur chaque couloir de circulation 10, 11 une bâche 4 découvrable, et notamment une bâche rétractable ou enroulable, qui peut couvrir toute ou partie de la surface libre
30 du milieu de culture nutritif M contenu dans le bassin 1 en étant au contact de ce milieu M (figure 3). Cette bâche 4 est dans un matériau laissant passer le rayonnement solaire et permet avantageusement de limiter

l'évaporation du milieu de culture nutritif M avec lequel elle est en contact et de réduire la consommation d'énergie nécessaire au maintien à la bonne température du milieu culture M.

En pratique, il est possible de laisser constamment les bâches 4
5 dans la position où elles couvrent toute la surface libre du milieu de culture nutritif M contenu dans le bassin 1 et de les retirer temporairement uniquement pour les nettoyer.

Lorsque le rayonnement solaire chauffe le milieu de culture de manière trop importante, il est également possible de découvrir tout ou
10 partie du bassin en enroulant ou rétractant au moins une des deux bâches 4 de manière à éviter une trop forte montée en température du milieu de culture, ce qui réduit par ailleurs la consommation d'énergie pour le refroidissement de ce milieu de culture. Lorsque la température extérieure redescend (par exemple le soir et/ou la nuit), il est possible de remettre en
15 place la ou les bâches 4 de manière à couvrir tout ou partie de la surface du milieu de culture M, et permettre une réduction de la consommation d'énergie nécessaire au maintien à la bonne température du milieu culture M.

Les moyens de régulation de température 2 susvisés comportent un
20 dispositif 20 de production d'un flux d'air, qui selon le cas a été chauffé et humidifié ou refroidi et déshumidifié, de manière à être porté à une température prédéfinie.

Plus particulièrement, ce dispositif 20 permet la production d'un flux d'air refroidi et déshumidifié ou chauffé et humidifié, avant son injection dans le
25 milieu de culture M du bassin de culture 1, par contact direct de ce flux d'air avec un liquide, et notamment de l'eau, qui est stocké dans une enceinte et dont la température est régulée.

Ce type de dispositif 20 a par exemple été décrit en détail dans la
demande de brevet internationale WO2015/086979 à laquelle l'homme du
30 métier pourra se référer.

On a représenté sur la figure 5 un exemple particulier de réalisation

d'un dispositif 20, étant précisé que l'invention n'est pas limitée à ce type particulier de dispositif, mais s'étend plus généralement à la mise en œuvre de tout dispositif 20 permettant la production d'un flux d'air à une température prédéfinie, qui selon le cas a été chauffé ou refroidi, avant son injection dans le milieu de culture M du bassin de culture 1. Dans le cadre général de l'invention, le refroidissement ou le chauffage d'un flux d'air peut être obtenu par tout moyen et pas nécessairement par contact direct de ce flux air avec un liquide dont la température est régulée.

En référence à la variante particulière de réalisation de la figure 5, ce dispositif 20 comporte une enceinte fermée 200, qui comprend une paroi supérieure 200a, une paroi de fond 200b et une paroi latérale 200c reliant la paroi supérieure 200a à la paroi de fond 200b.

Dans cet exemple particulier, la paroi latérale 200c de l'enceinte 200 est de forme tubulaire, mais pourrait dans le cadre de l'invention avoir une toute autre forme.

L'enceinte 200 contient dans le fond un volume de liquide V, de hauteur H, dont la température est régulée. Ce liquide est de préférence de l'eau, mais dans le cadre de l'invention il est possible d'utiliser tout type de liquide.

L'enceinte 200 comporte également une ouverture d'admission d'air 201 et une ouverture d'évacuation d'air 202 positionnées en dehors du volume de liquide V. Dans cette variante, mais de manière non limitative de l'invention, l'ouverture d'admission d'air 201 est réalisée dans la paroi supérieure 200a de l'enceinte 200 et l'ouverture d'évacuation d'air 202 est réalisée dans la paroi latérale 200c de l'enceinte.

Le dispositif 20 comporte des moyens de renouvellement 205 du liquide permettant d'alimenter automatiquement l'enceinte 200 avec du liquide L de manière maintenir constamment un volume minimum de liquide dans l'enceinte 200.

En référence à la figure 4, Le dispositif 20 comporte également des moyens 203 de régulation de la température du liquide contenu dans

l'enceinte 200. Ces moyens de régulation de température 203 ont pour fonction de maintenir à une température prédéfinie T_{liquide} le liquide L dans l'enceinte 200.

Plus particulièrement, dans l'exemple de la figure 4, les moyens de régulation 203 de la température du liquide contenu dans l'enceinte 200 comportent :

- un circuit hydraulique 2030 équipé d'une pompe 2031 et permettant de faire circuler une partie du liquide L contenu dans l'enceinte 200 du dispositif 20 à l'extérieur de l'enceinte 200 et de réintroduire ce liquide dans l'enceinte 200,
- des moyens de chauffage (ou dans une autre variante de refroidissement) du liquide circulant dans le circuit 2030, sous la forme d'un ballon tampon 2032 contenant un liquide, et notamment de l'eau maintenue à la température T_{liquide} souhaitée, et d'un échangeur 2033 permettant le transfert de calories entre le liquide du ballon tampon et le liquide circulant dans le circuit 2030.

En référence à la figure 4, le dispositif 20 comporte également des moyens d'injection d'air 204, qui permettent de créer et d'introduire, dans le volume V de liquide contenu dans l'enceinte 200, un flux d'air F entrant en provenance de l'extérieur de l'enceinte 200. Dans la variante particulière illustrée sur la figure 4, ces moyens d'injection d'air 204 comportent plus particulièrement un compresseur d'air 2041, par exemple de type ventilateur et un tube d'injection 2042.

Le tube d'injection 2042 est raccordé à son extrémité supérieure à la sortie du compresseur d'air 2041 et passe à travers l'ouverture d'admission d'air 201 de l'enceinte 200. L'extrémité inférieure 2042a du tube d'injection 2042 est ouverte et forme une sortie d'air. Cette extrémité inférieure 2042a ouverte du tube d'injection 2042 est plongée dans le volume V de liquide, en étant positionnée à une profondeur H_1 , qui correspond à la distance entre la surface S du volume V de liquide et la sortie d'air 2042a du tube 2042.

Plus particulièrement en référence aux figures 1 et 3, l'admission du

compresseur d'air 2042 est raccordée à une tubulure d'admission d'air 21 ayant deux entrées d'air 21a et 21b (figure 4) qui dans cet exemple particulier, sont positionnées respectivement au-dessus des deux couloirs 10 et 11 du bassin 1, dans l'espace située entre ce bassin 1 et la couverture 3. L'ouverture d'évacuation 202 du dispositif 20 est raccordée à une tubulure d'évacuation 22 (figures 2 et 4) dont la sortie 22a débouche dans le carter 121 susvisé qui relie les deux couloirs de circulation 10 et 11 du bassin 1.

En fonctionnement, lorsque le compresseur d'air 2041 du dispositif 20 fonctionne, il aspire de l'air au-dessus du bassin 1 par la tubulure d'admission 21, et il pousse cet air dans le tube d'injection 2042 sous la forme d'un flux d'air F entrant, qui est à une température initiale T_{Initiale} correspondant sensiblement à la température de l'air ambiant au-dessus du bassin 1.

Ce flux d'air F entrant à la température initiale T_{Initiale} est injecté, en sortie du tube 2042, directement dans le volume V de liquide, au-dessous de la surface du volume V de liquide, et passe à travers ce volume V de liquide qui est à une température T_{Liquide} réglée, différente de la température initiale T_{Initiale} . Au cours du passage de ce flux d'air dans le volume V de liquide, il se produit un échange thermique par contact direct entre l'air et le liquide, de telle sorte que de l'air (refroidi ou chauffé selon le cas) ressort du volume de liquide et qu'un flux d'air F' refroidi ou chauffé remonte dans l'enceinte 200 pour être évacué par l'ouverture d'évacuation 202. Ce flux d'air F' à la sortie de du dispositif 20 présente une température finale T_{Finale} proche, et de préférence sensiblement identique, à la température T_{Liquide} du volume V de liquide contenu dans l'enceinte.

Lorsque la température du liquide T_{Liquide} est inférieure à la température initiale T_{Initiale} , le flux d'air F' après passage de l'air dans le volume V de liquide a été refroidi. Il en résulte concomitamment que le flux d'air F' sortant du dispositif 20 a été déshumidifié par rapport au flux d'air entrant F, l'humidité absolue (poids d'eau par volume d'air) dans le flux d'air F' sortant étant inférieure à l'humidité absolue du flux d'air F entrant. A l'inverse, lorsque la température du liquide T_{Liquide} est supérieure à la température initiale T_{Initiale} ,

le flux d'air F' après passage de l'air dans le volume de liquide V a été chauffé. Il en résulte concomitamment que le flux d'air F' sortant du dispositif 20 a été humidifié par rapport aux flux d'air entrant F, l'humidité absolue (poids d'eau par volume d'air) dans le flux d'air F' sortant étant supérieure à l'humidité absolue du flux d'air F entrant.

Le flux d'air F' refroidi ou chauffé à une température finale T_{Finale} proche, et de préférence sensiblement identique, à la température T_{Liquide} du volume V de liquide, remonte à l'intérieur de l'enceinte 200, puis est évacué en dehors du dispositif 20 en étant au moins en partie injecté directement dans le milieu de culture M contenant les microorganismes et circulant dans le carter 121. Il en résulte que ce flux d'air F' refroidi ou chauffé permet de maintenir le milieu de culture dans le bassin 1 à la bonne température (par exemple dans une plage comprise entre 15°C et 40°C).

Lorsque la température du milieu de culture dans le bassin 1 est trop basse et que milieu de culture dans le bassin 1 doit être réchauffé, le flux d'air F' sera un flux d'air réchauffé et humidifié par le volume V de liquide. Après passage du flux d'air F' dans le milieu de culture M, cet air est refroidi et déshumidifié. La condensation de cet air permet un transfert thermique important (chaleur latente) vers le milieu de culture M.

A l'inverse, lorsque la température du milieu de culture dans le bassin 1 est trop élevée du fait d'un réchauffement trop important par le rayonnement solaire et que le milieu de culture dans le bassin 1 doit être refroidi, le flux d'air F' sera un flux d'air refroidi et déshumidifié par le volume de liquide V. Après passage du flux d'air F' dans le milieu de culture M, cet air est réchauffé et humidifié et le milieu de culture M subit une évaporation. Cette évaporation du milieu de culture M permet un transfert thermique important (chaleur latente) du milieu de culture M vers le flux d'air F'.

De préférence, mais non nécessairement, cette injection du flux d'air F' refroidi ou chauffé à une température finale T_{Finale} est réalisée de telle sorte que cet air permet également de participer à la mise en circulation, dans le bassin de culture 1, du milieu de culture M contenant les microorganismes

photosynthétiques. On évite ainsi avantageusement la mise œuvre de pompes centrifuges ou équivalents qui pourraient altérer les microorganismes.

5 éventuellement pour faciliter la mise en circulation du milieu de culture M dans le bassin depuis l'entrée E du couloir 10 vers la sortie S du couloir 11, il est également possible de mettre en œuvre une ou plusieurs roues à aubes dans le couloir 0 et/ou dans le couloir 11.

En référence à la figure 2, le carter 121 est en outre pourvu dans sa partie supérieure d'une ouverture d'évacuation 121a associée à un
10 compresseur d'air 206, type ventilateur, permettant d'aspirer une partie de l'air dans le carter 121. Ce compresseur d'air 206 est en outre raccordée en sortie à une tubulure d'évacuation d'air 206a qui est identifiée sur la figure 4, mais qui pour des raisons de simplification et de clarté n'a pas été représentée sur la figure 2. En référence à la figure 4, grâce à la mise en œuvre de ce
15 compresseur d'air 206, au moins une partie A du flux d'air F' qui a été injecté dans le carter 121 est extraite après son passage dans le milieu de culture M.

Il convient ici de noter que les microorganismes du milieu de culture M produisent par photosynthèses des molécules X qui dépendent du type de microorganismes, et qui généralement viennent de manière préjudiciable
20 inhiber la réaction de photosynthèse. De manière non limitative et non exhaustive ces molécules X sont exemple de l'oxygène ou de l'azote. De manière bénéfique pour la réaction de photosynthèse, grâce à l'injection du flux d'air F' dans milieu de culture M contenu dans le carter 121 et à l'extraction d'au moins une partie A d'air vicié après passage dans le milieu de culture M,
25 on rééquilibre le milieu de culture M en extrayant avec cet air A vicié un partie des molécules X (par exemple oxygène ou azote) produites par les microorganismes.

Plus particulièrement, dans cette variante cet air A vicié est redirigée vers un échangeur thermique 5, de type air-air, pour modifier la température
30 d'un air neuf G propre chargé (riche en CO₂) qui est aspiré à l'extérieur de l'installation avant d'être injecté, au moyen d'un système de tubulures 6

pourvues de sorties d'air 6a, au-dessus du bassin 1 et/ou directement dans le milieu de culture M.

Par exemple, et de manière non limitative, l'air A vicié est à une température de 35°C et l'air neuf G avant son introduction dans l'échangeur 5 est à une température proche de 0°C et l'air neuf G' après son passage dans l'échangeur air –air 5 est chauffé à une température de l'ordre de 20°C.

En référence à la figure 3, l'air A' vicié, après son passage dans l'échangeur 5, passe dans un système récupération d'énergie 7 qui permet de récupérer une partie au moins des calories de ce air A' pour les transférer au liquide contenu dans le ballon tampon 2032. Dans cet exemple, ce système de récupération d'énergie 7 comporte un dispositif 70 du même type que le dispositif 20 précédemment décrit, couplé à une pompe à chaleur eau-eau 71. Cette pompe à chaleur 71 permet de récupérer une partie des calories stockées dans le volume de liquide contenu dans l'enceinte du dispositif 70 et de les transférer au liquide du ballon tampon 2032.

Dans une autre variante, un système récupération d'énergie 7 pourrait être utilisé également pour récupérer une partie au moins des calories de l'air A vicié (avant passage dans l'échangeur thermique 5 ou en cas d'absence de mise en œuvre d'un d'échangeur thermique 5) pour les transférer au liquide contenu dans le ballon tampon 2032.

REVENDEICATIONS

1. Installation pour la culture de microorganismes photosynthétiques, notamment de micro-algues, comportant un bassin de culture (1) destiné à contenir un milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques, des moyens (12) de mise en circulation dans le bassin du milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques, et des moyens de régulation de la température du milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques, caractérisé en ce que lesdits moyens de régulation de température (2) comportent des moyens (20) de production d'un flux d'air (F') qui a été chauffé et humidifié ou refroidi et déshumidifié et des moyens d'injection dans le milieu de culture nutritif liquide (M) de tout ou partie de ce flux d'air (F').
2. Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle lesdits moyens (20) de production d'un flux d'air (F') sont aptes à recycler une partie de l'air au-dessus du bassin de culture (1).
3. Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle lesdits moyens (20) de production d'un flux d'air (F') permettent le chauffage et humidification ou le refroidissement et la déshumidification dudit flux d'air (F'), avant son injection dans le milieu de culture nutritif liquide (M), par contact direct de ce flux d'air avec un liquide (L) dont la température est régulée.
4. Installation selon la revendication 3, dans laquelle lesdits moyens (20) de production d'un flux d'air (F') comportent
 - une enceinte (200), qui contient un volume (V) de liquide dont la température (T_{liquide}) est régulée, et qui comporte au moins une ouverture d'évacuation d'air (202) positionnée au-dessus de la

surface (S) dudit volume (V) de liquide,

- des moyens aérauliques (2041, 2042), qui permettent en fonctionnement d'introduire un flux d'air d'entrant (F) dans ledit volume (V) de liquide contenu dans l'enceinte, au-dessous de la surface (S) dudit volume (V) de liquide, et de telle sorte qu'un flux d'air (F') sortant, traité par contact direct avec ledit volume de liquide (V), remonte à l'intérieur de l'enceinte (200) est évacué en dehors de ladite enceinte (200) en passant à travers l'ouverture d'évacuation (202) de l'enceinte.

10

5. Installation selon la revendication 4, dans laquelle la température du liquide (L) dans l'enceinte (200) est inférieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture (1).

15

6. Installation selon la revendication 4, dans laquelle la température du liquide (L) dans l'enceinte (200) est supérieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture (1).

20

7. Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant des moyens (206) permettant l'extraction du milieu de culture (M) d'au moins une partie (A) d'air vicié après son passage dans le milieu de culture.

25

8. Installation selon la revendication 7, comportant des moyens (6) permettant d'injecter de l'air neuf (G ;G'), au-dessus du bassin de culture et/ou dans le milieu de culture nutritif liquide (M), et un échangeur thermique air-air (5) qui permet un échange thermique entre ladite partie (A) d'air vicié et ce flux d'air neuf (G), avant son injection au-dessus du bassin de culture (1) et/ou dans le milieu de culture nutritif liquide (M).

30

9. Installation selon la revendication 7 ou 8, comportant en outre un système

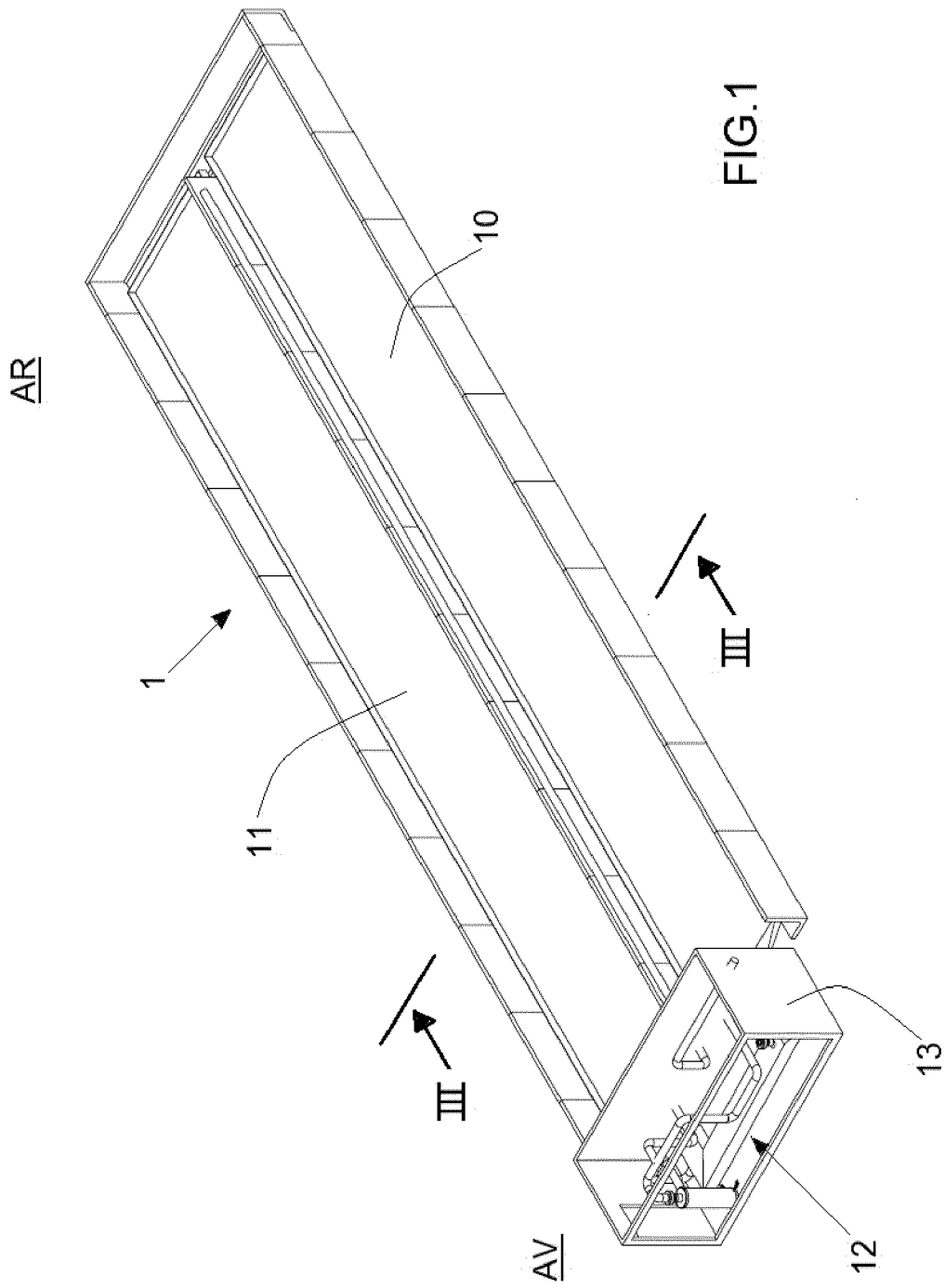
de récupération d'énergie (7) qui permet de récupérer des calories dans ladite partie (A) d'air vicié ou le cas échéant dans la partie (A') d'air vicié qui est passée dans l'échangeur thermique (5).

- 5 10. Installation selon la revendication 9, dans laquelle le système (7) de récupération d'énergie permet au moins en partie le chauffage ou le refroidissement du flux d'air (F'), et le cas échéant du liquide contenu dans l'enceinte (200).
- 10 11. Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle tout ou partie dudit flux d'air (F') chauffé ou refroidi est réinjecté dans le milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques de manière à participer à la mise en circulation, dans le bassin de culture (1), de ce milieu de culture
- 15 nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques.
12. Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes comportant une couverture rigide (3), laissant passer le rayonnement solaire et formant une toiture au-dessus du bassin de culture (1).
- 20 13. Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes comportant au moins une bâche (4), qui laisse passer le rayonnement solaire, et qui est mobile, et notamment rétractable ou enroulable, et permet de recouvrir tout ou partie de la surface du milieu de culture
- 25 nutritif liquide (M) contenu dans le bassin de culture (1).
14. Installation pour la culture de microorganismes photosynthétiques, notamment de micro-algues, comportant un bassin de culture (1) destiné à contenir un milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les
- 30 microorganismes photosynthétiques, des moyens de mise en circulation dans le bassin du milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les

- microorganismes photosynthétiques, et des moyens de régulation de la température du milieu de culture nutritif liquide contenant les microorganismes photosynthétiques, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre au moins une bâche (4), qui laisse passer le rayonnement solaire, et qui est mobile, et notamment rétractable ou enroulable, et permet de recouvrir tout ou partie de la surface du milieu de culture nutritif liquide (M) contenu dans le bassin de culture (1), en étant au contact de ce milieu de culture nutritif liquide (M).
- 5
- 10 15. Installation selon la revendication 14, dans laquelle lesdits moyens de régulation de température (2) comportent des moyens (20) de production d'un flux d'air (F') qui a été chauffé ou refroidi et des moyens d'injection dans le milieu de culture nutritif liquide (M) de tout ou partie de ce flux d'air (F') chauffé ou refroidi.
- 15
16. Installation selon la revendication 15, dans laquelle lesdits moyens (20) de production permettent la production d'un flux d'air (F') qui a été chauffé et humidifié ou refroidi et déshumidifié.
- 20 17. Installation selon l'une quelconque des revendications 15 ou 16, dans laquelle lesdits moyens (20) de production d'un flux d'air (F') qui a été chauffé ou refroidi sont aptes à recycler une partie de l'air au-dessus du bassin de culture (1).
- 25 18. Installation selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, dans laquelle lesdits moyens (20) de production d'un flux d'air (F') permettent le chauffage et humidification ou le refroidissement et la déshumidification dudit flux d'air (F'), avant son injection dans le milieu de culture nutritif liquide (M), par contact direct de ce flux d'air avec un
- 30 liquide (L) dont la température est régulée.

19. Installation selon la revendication 18, dans laquelle lesdits moyens (20) de production d'un flux d'air (F') qui a été chauffé ou refroidi comportent
- une enceinte (200), qui contient un volume (V) de liquide dont la température (T_{liquide}) est régulée, et qui comporte au moins une
- 5 ouverture d'évacuation d'air (202) positionnée au-dessus de la surface (S) dudit volume (V) de liquide,
- des moyens aérauliques (2041, 2042), qui permettent en fonctionnement d'introduire un flux d'air d'entrant (F) dans ledit
- 10 volume (V) de liquide contenu dans l'enceinte, au-dessous de la surface (S) dudit volume (V) de liquide, et de telle sorte qu'un flux d'air (F') sortant, traité par contact direct avec ledit volume de liquide (V), remonte à l'intérieur de l'enceinte (200) est évacué en dehors de ladite enceinte (200) en passant à travers l'ouverture d'évacuation (202) de l'enceinte.
- 15
20. Installation selon la revendication 19, dans laquelle la température du liquide (L) dans l'enceinte (200) est inférieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture (1) ou est supérieure à la température de l'air au-dessus du bassin de culture (1).
- 20
21. Installation selon l'une quelconque des revendications 15 à 20, comportant des moyens (206) permettant l'extraction du milieu de culture (M) d'au moins une partie (A) d'air vicié après son passage dans le milieu de culture.
- 25
22. Installation selon la revendication 21, comportant des moyens (6) permettant d'injecter de l'air neuf (G ;G'), au-dessus du bassin de culture et/ou dans le milieu de culture nutritif liquide (M), et un échangeur thermique air-air (5) qui permet un échange thermique entre ladite partie (A) d'air vicié et ce flux d'air neuf (G), avant son injection au-dessus du
- 30 bassin de culture (1) et/ou dans le milieu de culture nutritif liquide (M).

23. Installation selon la revendication 21 ou 22, comportant en outre un système de récupération d'énergie (7) qui permet de récupérer des calories dans ladite partie (A) d'air vicié ou le cas échéant dans la partie (A') d'air vicié qui est passée dans l'échangeur thermique (5), et de préférence qui permet au moins en partie le chauffage ou le refroidissement du flux d'air (F'), et le cas échéant du liquide contenu dans l'enceinte (200).
24. Installation selon l'une quelconque des revendications 15 à 23, dans laquelle tout ou partie dudit flux d'air (F') chauffé ou refroidi est réinjecté dans le milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques de manière à participer à la mise en circulation, dans le bassin de culture (1), de ce milieu de culture nutritif liquide (M) contenant les microorganismes photosynthétiques.
25. Installation selon l'une quelconque des revendications 14 à 24 comportant une couverture rigide (3), laissant passer le rayonnement solaire et formant une toiture au-dessus du bassin de culture (1).
26. Utilisation de l'installation visée l'une quelconque des revendications précédentes, pour la culture de de microorganismes photosynthétiques, notamment de micro-algues.



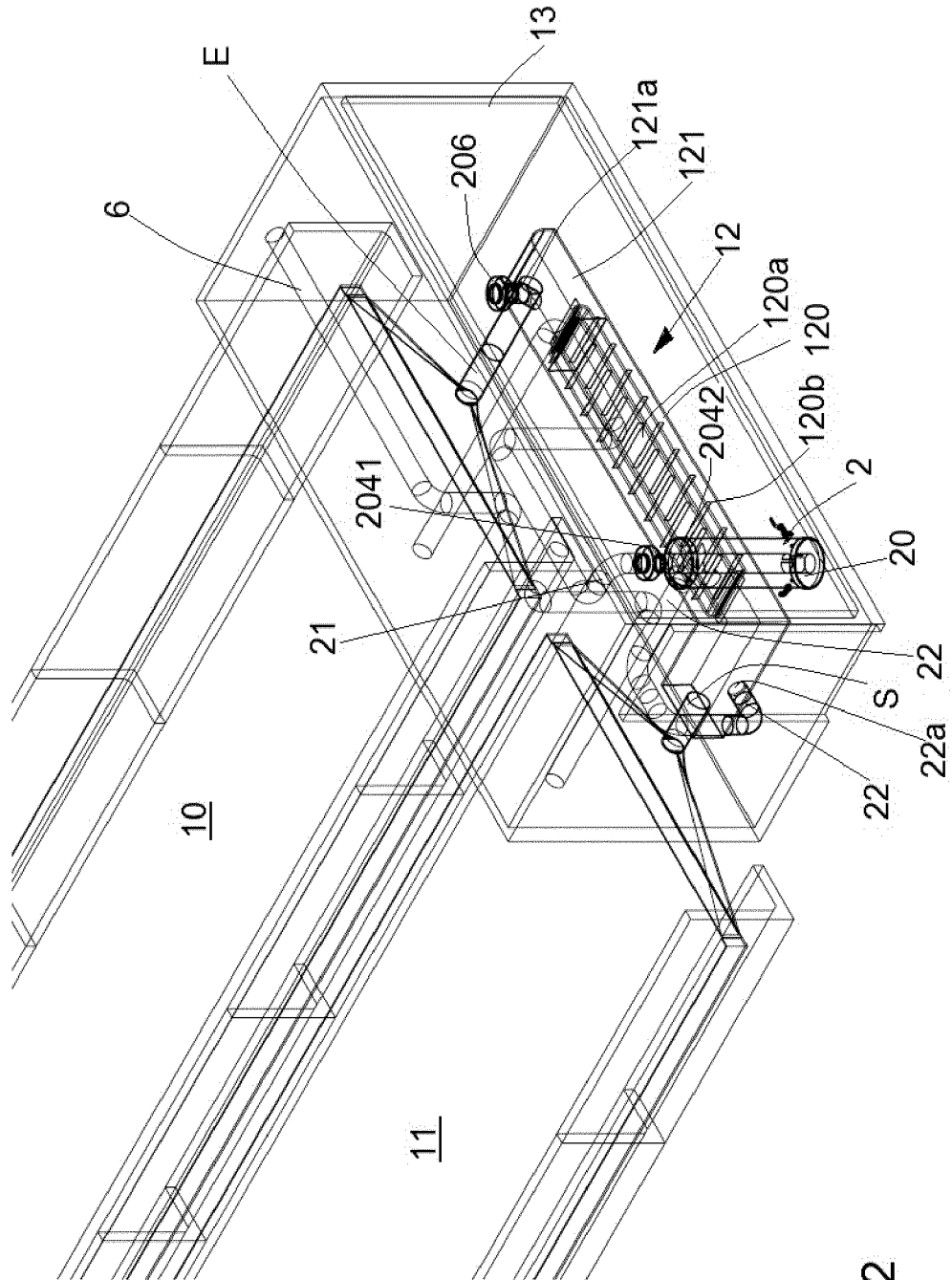


FIG.2

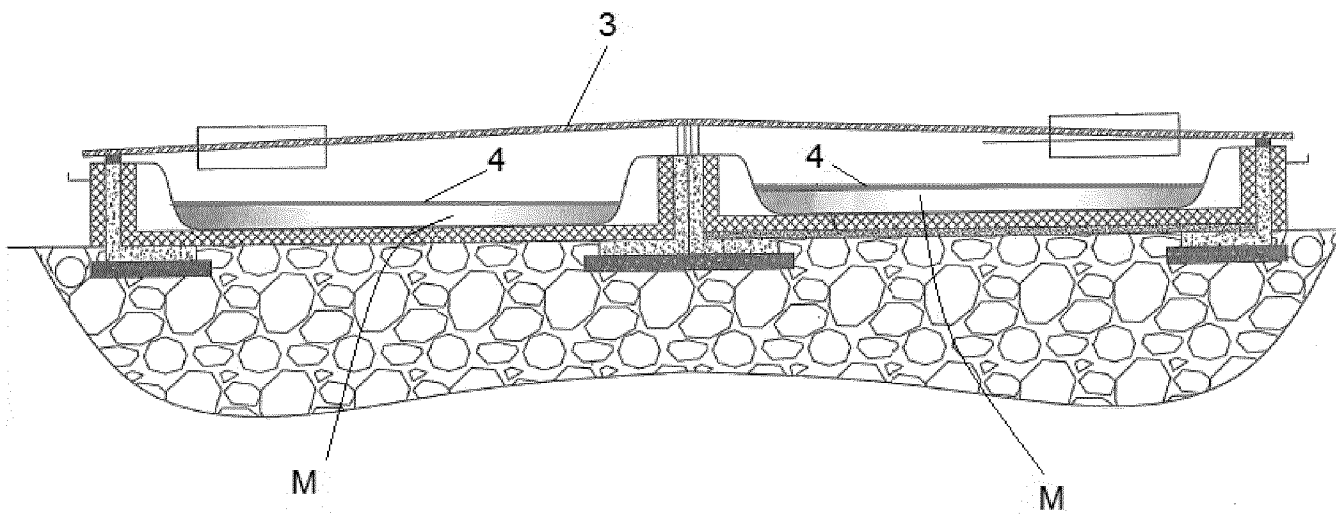


FIG.3

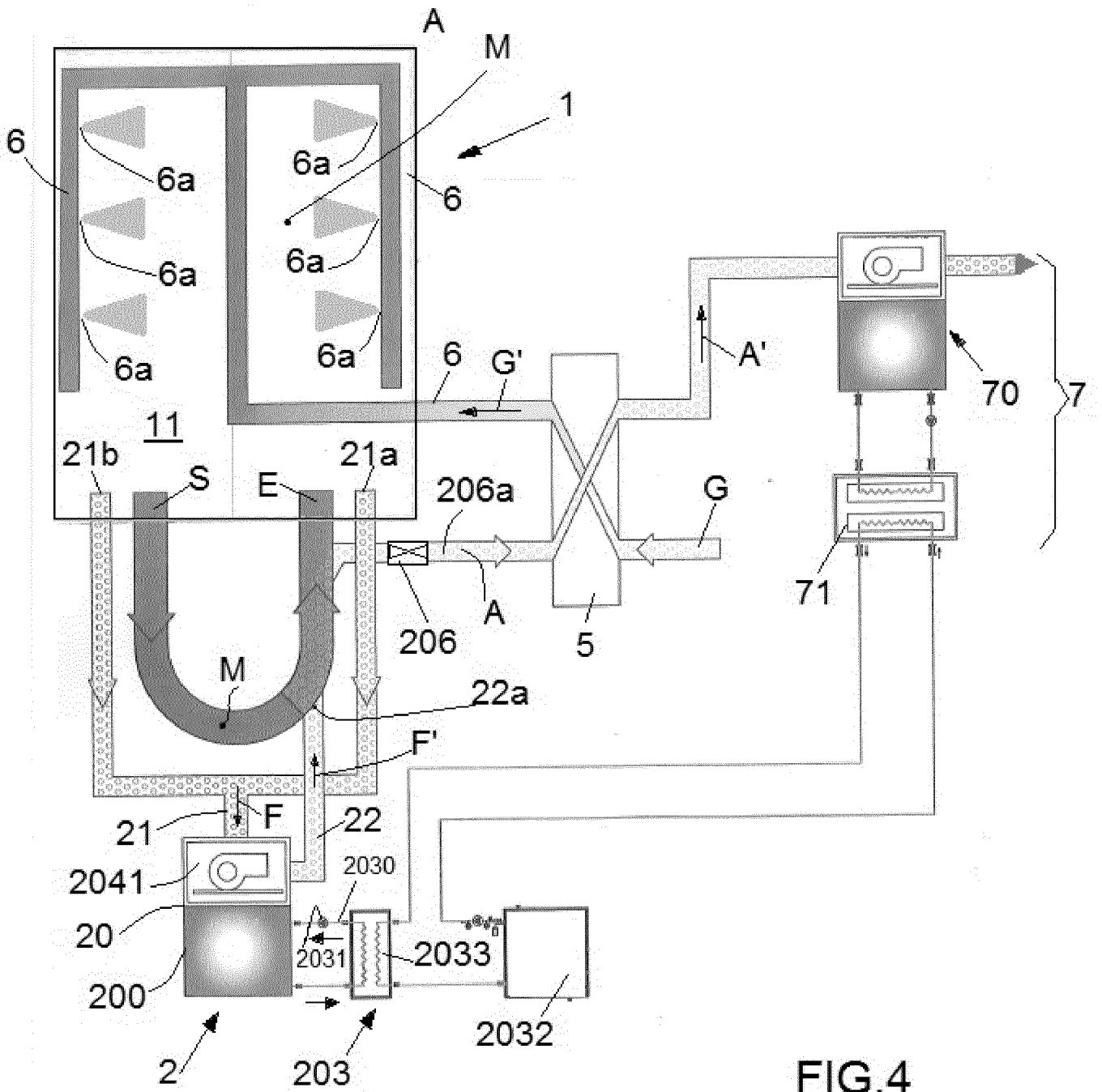


FIG.4

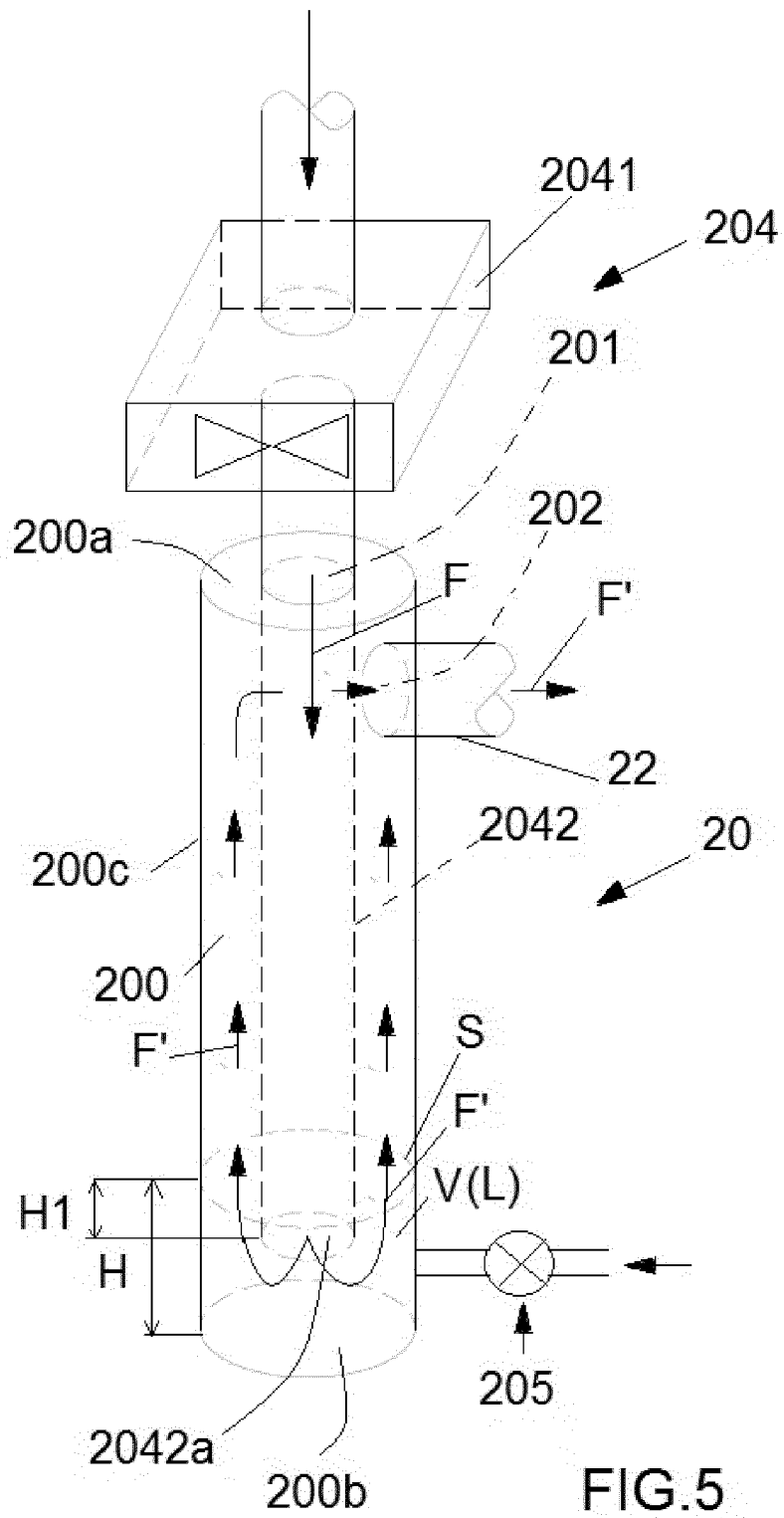


FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/068129

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C12M1/00 C12M1/02
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C12M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|----------------------------|
| X | US 2011/283618 A1 (MARTIN ET AL.) 24 November 2011 (2011-11-24) paragraphs [0002], [0006], [0012], [0013], [0015], [0016], [0019], [0021] ----- | 1,11,24, 26 |
| X | WO 2012/162045 A1 (GEN ATOMICS [US]) 29 November 2012 (2012-11-29) | 1,26 |
| Y | page 4, line 4; claim 1 page 5, lines 19-28 ----- | 3,4,12, 13, 15-20,25 |
| Y | WO 2015/086979 A1 (STARKLAB) 18 June 2015 (2015-06-18) cited in the application the whole document ----- | 3,4, 15-19 |
| | -/-- | |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

| | |
|--|--|
| Date of the actual completion of the international search 12 September 2017 | Date of mailing of the international search report 19/09/2017 |
|--|--|

| | |
|--|--|
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Alvarez Alvarez, C |
|--|--|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/068129

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|--|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| Y | WO 2016/071648 A2 (STARKLAB) 12 May 2016 (2016-05-12) the whole document | 3,4, 15-19 |
| Y | CA 2 761 251 A1 (MOTTAHEDEH SOHEYL S M [CA]) 7 June 2013 (2013-06-07) paragraph [0017]; claims 1,4; figure 1 | 12,13,25 |
| X | US 2008/155890 A1 (OYLER) 3 July 2008 (2008-07-03) | 14 |
| Y | paragraphs [0002], [0047], [0054] - [0059], [0084]; figures 1-4 | 15,16, 18,20 |
| A | WO 2007/025145 A2 (SUNSOURCE INDUSTRIES ET AL.) 1 March 2007 (2007-03-01) the whole document | 1-26 |
| A | WO 2011/056517 A2 (ELEMENT CLEANTECH INC. ET AL.) 12 May 2011 (2011-05-12) the whole document | 1-26 |
| A | CH 700 388 A2 (ALGUES ENERGY SYSTEMS AG [CH]) 13 August 2010 (2010-08-13) paragraph [0068]; figures 1-3 | 1-13 |
| A | US 2009/291489 A1 (BOK GYEONG KIM ET AL.) 26 November 2009 (2009-11-26) the whole document | 1-26 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/068129

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------------------|
| US 2011283618 | A1 | 24-11-2011 | US 2011283618 A1 24-11-2011 |
| | | | US 2013316439 A1 28-11-2013 |
| | | | US 2016177258 A1 23-06-2016 |
| ----- | | | |
| WO 2012162045 | A1 | 29-11-2012 | US 2012295336 A1 22-11-2012 |
| | | | WO 2012162045 A1 29-11-2012 |
| ----- | | | |
| WO 2015086979 | A1 | 18-06-2015 | AU 2014363233 A1 23-06-2016 |
| | | | CA 2932511 A1 18-06-2015 |
| | | | CN 105934643 A 07-09-2016 |
| | | | EP 3080537 A1 19-10-2016 |
| | | | FR 3014548 A1 12-06-2015 |
| | | | FR 3014549 A1 12-06-2015 |
| | | | JP 2017503144 A 26-01-2017 |
| | | | KR 20160096106 A 12-08-2016 |
| | | | SG 11201604744T A 28-07-2016 |
| | | | US 2017010044 A1 12-01-2017 |
| | | | WO 2015086979 A1 18-06-2015 |
| ----- | | | |
| WO 2016071648 | A2 | 12-05-2016 | AU 2015341607 A1 25-05-2017 |
| | | | CA 2966093 A1 12-05-2016 |
| | | | CN 107106971 A 29-08-2017 |
| | | | EP 3215794 A2 13-09-2017 |
| | | | KR 20170084132 A 19-07-2017 |
| | | | SG 11201703703S A 29-06-2017 |
| | | | WO 2016071648 A2 12-05-2016 |
| ----- | | | |
| CA 2761251 | A1 | 07-06-2013 | NONE |
| ----- | | | |
| US 2008155890 | A1 | 03-07-2008 | US 2008155890 A1 03-07-2008 |
| | | | US 2016007549 A1 14-01-2016 |
| | | | WO 2008083351 A2 10-07-2008 |
| | | | WO 2008083352 A1 10-07-2008 |
| ----- | | | |
| WO 2007025145 | A2 | 01-03-2007 | AU 2006282946 A1 01-03-2007 |
| | | | BR PI0615085 A2 28-06-2011 |
| | | | CN 101341243 A 07-01-2009 |
| | | | EP 1928994 A2 11-06-2008 |
| | | | JP 2009505660 A 12-02-2009 |
| | | | US 2007048848 A1 01-03-2007 |
| | | | US 2007048859 A1 01-03-2007 |
| | | | WO 2007025145 A2 01-03-2007 |
| ----- | | | |
| WO 2011056517 | A2 | 12-05-2011 | US 2012252104 A1 04-10-2012 |
| | | | WO 2011056517 A2 12-05-2011 |
| ----- | | | |
| CH 700388 | A2 | 13-08-2010 | NONE |
| ----- | | | |
| US 2009291489 | A1 | 26-11-2009 | NONE |
| ----- | | | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/068129

| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C12M1/00 C12M1/02 ADD. | | |
|--|---|-------------------------------|
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB | | |
| B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE | | |
| Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C12M | | |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche | | |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| X | US 2011/283618 A1 (MARTIN ET AL.) 24 novembre 2011 (2011-11-24) alinéas [0002], [0006], [0012], [0013], [0015], [0016], [0019], [0021] ----- | 1,11,24, 26 |
| X | WO 2012/162045 A1 (GEN ATOMICS [US]) 29 novembre 2012 (2012-11-29) | 1,26 |
| Y | page 4, ligne 4; revendication 1 page 5, lignes 19-28 ----- | 3,4,12, 13, 15-20,25 |
| Y | WO 2015/086979 A1 (STARKLAB) 18 juin 2015 (2015-06-18) cité dans la demande le document en entier ----- | 3,4, 15-19 |
| | -/-- | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe | | |
| * Catégories spéciales de documents cités: | | |
| "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée | "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets | |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 12 septembre 2017 | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 19/09/2017 | |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Fonctionnaire autorisé Alvarez Alvarez, C | |

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
|---|---|-------------------------------|
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| Y | WO 2016/071648 A2 (STARKLAB) 12 mai 2016 (2016-05-12) le document en entier ----- | 3,4, 15-19 |
| Y | CA 2 761 251 A1 (MOTTAHEDEH SOHEYL S M [CA]) 7 juin 2013 (2013-06-07) alinéa [0017]; revendications 1,4; figure 1 ----- | 12,13,25 |
| X | US 2008/155890 A1 (OYLER) 3 juillet 2008 (2008-07-03) ----- | 14 |
| Y | alinéas [0002], [0047], [0054] - [0059], [0084]; figures 1-4 ----- | 15,16, 18,20 |
| A | WO 2007/025145 A2 (SUNSOURCE INDUSTRIES ET AL.) 1 mars 2007 (2007-03-01) le document en entier ----- | 1-26 |
| A | WO 2011/056517 A2 (ELEMENT CLEANTECH INC. ET AL.) 12 mai 2011 (2011-05-12) le document en entier ----- | 1-26 |
| A | CH 700 388 A2 (ALGUES ENERGY SYSTEMS AG [CH]) 13 août 2010 (2010-08-13) alinéa [0068]; figures 1-3 ----- | 1-13 |
| A | US 2009/291489 A1 (BOK GYEONG KIM ET AL.) 26 novembre 2009 (2009-11-26) le document en entier ----- | 1-26 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/068129

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| US 2011283618 | A1 | 24-11-2011 | US 2011283618 A1 | 24-11-2011 |
| | | | US 2013316439 A1 | 28-11-2013 |
| | | | US 2016177258 A1 | 23-06-2016 |
| ----- | | | | |
| WO 2012162045 | A1 | 29-11-2012 | US 2012295336 A1 | 22-11-2012 |
| | | | WO 2012162045 A1 | 29-11-2012 |
| ----- | | | | |
| WO 2015086979 | A1 | 18-06-2015 | AU 2014363233 A1 | 23-06-2016 |
| | | | CA 2932511 A1 | 18-06-2015 |
| | | | CN 105934643 A | 07-09-2016 |
| | | | EP 3080537 A1 | 19-10-2016 |
| | | | FR 3014548 A1 | 12-06-2015 |
| | | | FR 3014549 A1 | 12-06-2015 |
| | | | JP 2017503144 A | 26-01-2017 |
| | | | KR 20160096106 A | 12-08-2016 |
| | | | SG 11201604744T A | 28-07-2016 |
| | | | US 2017010044 A1 | 12-01-2017 |
| | | | WO 2015086979 A1 | 18-06-2015 |
| ----- | | | | |
| WO 2016071648 | A2 | 12-05-2016 | AU 2015341607 A1 | 25-05-2017 |
| | | | CA 2966093 A1 | 12-05-2016 |
| | | | CN 107106971 A | 29-08-2017 |
| | | | EP 3215794 A2 | 13-09-2017 |
| | | | KR 20170084132 A | 19-07-2017 |
| | | | SG 11201703703S A | 29-06-2017 |
| | | | WO 2016071648 A2 | 12-05-2016 |
| ----- | | | | |
| CA 2761251 | A1 | 07-06-2013 | AUCUN | |
| ----- | | | | |
| US 2008155890 | A1 | 03-07-2008 | US 2008155890 A1 | 03-07-2008 |
| | | | US 2016007549 A1 | 14-01-2016 |
| | | | WO 2008083351 A2 | 10-07-2008 |
| | | | WO 2008083352 A1 | 10-07-2008 |
| ----- | | | | |
| WO 2007025145 | A2 | 01-03-2007 | AU 2006282946 A1 | 01-03-2007 |
| | | | BR PI0615085 A2 | 28-06-2011 |
| | | | CN 101341243 A | 07-01-2009 |
| | | | EP 1928994 A2 | 11-06-2008 |
| | | | JP 2009505660 A | 12-02-2009 |
| | | | US 2007048848 A1 | 01-03-2007 |
| | | | US 2007048859 A1 | 01-03-2007 |
| | | | WO 2007025145 A2 | 01-03-2007 |
| ----- | | | | |
| WO 2011056517 | A2 | 12-05-2011 | US 2012252104 A1 | 04-10-2012 |
| | | | WO 2011056517 A2 | 12-05-2011 |
| ----- | | | | |
| CH 700388 | A2 | 13-08-2010 | AUCUN | |
| ----- | | | | |
| US 2009291489 | A1 | 26-11-2009 | AUCUN | |
| ----- | | | | |