

ROYAUME DU MAROC  
-----  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
-----



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية و التجارية  
-----

## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 31527 B1** (51) Cl. internationale : **C12N 1/12**

(43) Date de publication :  
**01.07.2010**

---

(21) N° Dépôt :  
**32527**

(22) Date de Dépôt :  
**19.01.2010**

(30) Données de Priorité :  
**26.07.2007 IT MI2007A001278**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :  
**PCT/EP2008/005206 17.06.2008**

(71) Demandeur(s) :  
**ENI S.P.A., PIAZZALE E. MATTEI,1 I- 00144 ROMA (IT)**

(72) Inventeur(s) :  
**FIORAVANTI, Emiliano ; CAPUANO, Federico ; D'ADDARIO, Ezio, Nicola ; RISPOLI, Giacomo**

(74) Mandataire :  
**CABINET CHARDY**

---

(54) Titre : **PROCEDE DE CULTURE DE MICRO-ALGUES**

(57) Abrégé : L'INVENTION PORTE SUR UN PROCÉDÉ DE CULTURE DE MICRO-ALGUES QUI COMPORTE LA PLANTATION D'UNE SOUCHE D'ALGUE DANS UN ENVIRONNEMENT AQUEUX ET LE PROCESSUS DE CROISSANCE, SOUS RAYONNEMENT SOLAIRE, PAR UNE ALIMENTATION CONTINUE D'UN COURANT GAZEUX CONSISTANT ESSENTIELLEMENT EN DIOXYDE DE CARBONE ET D'UN COURANT DE NUTRIMENTS À BASE D'AZOTE, CONSISTANT EN EAUX RÉSIDUAIRES D'INSTALLATIONS INDUSTRIELLES, PROVENANT DE PROCÉDÉS DE TRAITEMENT SECONDAIRE.

**ABREGE**

L'invention porte sur un procédé de culture de micro-algues qui comporte la plantation d'une souche d'algue dans un environnement aqueux et le processus de croissance, sous rayonnement solaire, par une alimentation continue d'un courant gazeux consistant essentiellement en dioxyde de carbone et d'un courant de nutriments à base d'azote, consistant en eaux résiduaires d'installations industrielles, provenant de procédés de traitement secondaire.

P.V. 32527

DEUXIÈME ET DERNIER FEUILLET  
RABAT, LE 19-01-2010

01 JUL 2010

WO 2009/000534

PCT/EP2008/005206

## PROCEDE DE CULTURE DE MICRO-ALGUES

5

La présente invention concerne un procédé pour la culture de micro-algues.

10

Plus précisément, la présente invention concerne un procédé pour la culture de micro-algues aptes à être utilisées dans la production de biomasses.

Plus précisément encore, la présente invention concerne un procédé pour la culture de micro-algues nourries avec de l'eau industrielle provenant d'usines d'huile, par exemple des raffineries.

15

Des études pour la culture des algues et des micro-algues sont connues, voir, par exemple, W. J. Oswald, "Journal of Applied Phycology" 15, 99-106, 2003. Les cultures de micro-algues utilisent en général de l'eau douce ou salée avec l'addition de nutriments et de sels minéraux et, en cas de besoin, des vitamines, et sont réalisées dans des bassins ouverts de grandes dimensions, par exemple de 10 à 100 m de long et de 3 à 30 m de large, avec une profondeur de 0,2 à 0,5 m, sous irradiation solaire. En plus de l'eau, le gaz carbonique est envoyé aux bassins, stocké, sous forme liquide ou gazeuse, dans des réservoirs spécifiques, ou obtenu à partir des gaz épuisés de la transformation industrielle, par exemple à partir de centrales électriques au méthane, éventuellement dilué avec de l'air. On fait barboter la phase gazeuse dans la masse

20

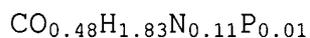
25

30

liquide, à travers des conduits perforés immergés dans le

bassin de croissance, afin d'avoir le rendement maximal de CO<sub>2</sub> pour la micro-algue.

La culture de micro-algues nécessite peu de composants essentiels constitués de sels et de substances à base d'azote et de phosphore, en plus de lumière et de CO<sub>2</sub> comme indiqué ci-dessus. Les exigences nutritionnelles minimales peuvent être établies sur la base de la formule brute suivante de la biomasse des algues:



Les cultures d'algues ont besoin par conséquent de P et N en quantités optimales pour croître au taux nécessaire pour maintenir des concentrations élevées de biomasse. Ce principe peut être exploité pour l'élimination des composés azotés ou phosphorés des eaux usées industrielles, à condition que les autres composés présents dans l'eau ne créent pas des niveaux de toxicité qui entravent la croissance ou la fonctionnalité des cellules d'algues.

Le demandeur a maintenant constaté, tel que mieux décrit dans les revendications ci-jointes, que l'utilisation de l'eau industrielle d'usines d'huile, en particulier les raffineries, représente une source valide au moins de ces nutriments azotés. Il a en effet été constaté que la culture de micro-algues dans des systèmes de laboratoire est effectuée avec une productivité en très grande partie inchangée par rapport à des productions traditionnelles qui adoptent des solutions aqueuses spécifiques de nutriments azotés, en utilisant, à cet effet, des eaux usées provenant de raffineries, par exemple.

Comme chacun sait, les eaux usées civiles et industrielles subissent un premier procédé de criblage qui

5 permet à la matière polluante de grandes dimensions d'être  
séparée, comme le bois, le plastique, le papier, suivi d'un  
traitement (primaire) qui comprend la sédimentation des  
matières solides grossières en suspension et d'autres  
10 matières solides, suivi d'un procédé de traitement (secondaire)  
dans lequel il y a l'oxydation biologique des composés organiques  
qui peuvent généralement être quantifiés par le biais de la DBO  
(Demande Biologique en Oxygène) et la DCO (Demande Chimique en  
Oxygène). A la sortie de ces deux types de traitement, l'eau  
15 passe à la phase d'élimination des nutriments (composés azotés  
et phosphorés, traitement tertiaire). Enfin, avant d'être accompli,  
le procédé peut inclure un traitement de finition (désinfection,  
etc), par rapport à l'utilisation finale de l'eau.

15 II a été constaté qu'une certaine quantité d'eau industrielle  
partiellement purifiée provenant du procédé de traitement  
secondaire contient une certaine quantité de dérivés azotés,  
généralement à des concentrations allant de 0,1 à 0,5 mg/l,  
optimum pour l'utilisation de cette eau comme une source de  
20 nutriment azoté pour la culture de micro-algues et leur  
permettre de proliférer dans ce type d'eau. Ce résultat peut  
paraître surprenant, étant donné que ces eaux usées industrielles  
contiennent, en plus des nutriments azotés, d'autres polluants,  
25 tels que des chlorures, des sulfates, des métaux lourds, des  
hydrocarbures, des phénols, etc, qui ne conviennent pas toujours,  
et qui sont même toxiques à l'égard d'un grand nombre d'espèces  
vivantes.

30 Les nutriments azotés sont généralement présents sous forme  
de  $\text{NH}_3$  et dérivés de l'ammoniac, par exemple

sous forme de sels d'ammonium organiques ou inorganiques.

Dans la plupart des cas, pour la croissance des algues, il est nécessaire d'intégrer les eaux usées industrielles avec un nutriment de phosphore, s'il n'est pas présent dans les eaux usées industrielles. En général, des solutions de sels de phosphore hydrosolubles sont introduits, comme les phosphates alcalins ou de métaux alcalino-terreux, par exemple les phosphates de sodium, potassium, calcium, magnésium, ou les phosphate d'ammonium.

A la fin de la croissance, avec l'assimilation conséquente et l'enlèvement des nutriments (l'azote et le phosphore), les eaux usées sont séparées et peuvent être déversées dans des bassins d'eaux de surface ou soumises à la finition, ce qui permet leur recyclage-réutilisation.

Deux exemples caractéristiques et non limitatifs de la présente invention sont fournis ci-dessous, lesquels démontrent la croissance de deux espèces d'algues, l'une d'eau douce (*Scenedesmus sp.*) et l'autre d'eau salée (*Tetraselmis sk.*) sur un effluent industriel.

Les expériences suivantes se rapportent à la caractérisation de souches de micro-algues dans des milieux de culture non-conventionnels. Plus précisément, le milieu de culture utilisé était des eaux usées d'une usine de traitement de déchets industriels.

L'eau provenant de l'unité de traitement des déchets présente les caractéristiques suivantes:

Tableau 1 - Caractéristiques des eaux usées industrielles

	Méthode d'analyse	Caractéristiques
DCO (mg/l)	IRSA 5110	304,8
Azote total (mg/l)	Kjeldhal	30,47
Azote ammoniacal (mg/l)	IRSA CNR	29,3
Azote nitrique (mg/l)	Hach	Absent
Conductivité (mS/cm)	IRSA 2030	9,79
pH ( $-\log_{10}[\text{H}^+]$ )	IRSA 2080	7,06
Solides en suspension (mg/l)	IRSA 2050	99
Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) (mg/l)	IRSA 4070 Méthode A	4928
Sulfates $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	IRSA 4120 Méthode B	1617

Des tests ont été exécutés dans le laboratoire pour vérifier la prolifération d'algues dans ce milieu de culture, à l'aide de systèmes adéquats pour la croissance (bouteilles de Roux) consistant en contenants en verre de trois litres chacun. L'agitation de la culture a été garantie par le gaz (mélange de  $\text{CO}_2$  dans l'air à 2%) circulant à l'intérieur des bouteilles. Elles étaient également équipées d'un système de refroidissement pour éviter que la température de la culture dépasse  $30^\circ\text{C}$ . Chaque unité avait des capteurs pour la mesure de la température et du pH.

La source de carbone pour la croissance des algues a été fournie directement par le  $\text{CO}_2$  qui a été introduit dans le milieu de culture sous le contrôle du pH.

L'énergie rayonnante pour permettre à la culture de fixer le carbone par le biais de la réaction de la photosynthèse a été fournie par un système d'éclairage artificiel (lampe halogène de marque de commerce JB, 100 watts, placée à 50 cm de la bouteille de Roux), laissé allumé pendant 24 heures par jour, avec une intensité lumineuse de 17.000 lux.

**Exemple 1 - Souche d'eau douce (*Scenedesmus sp.*)**

La souche de collection *Scenedesmus sp.* a été utilisée. L'inoculum à introduire dans les systèmes de culture a été préparé comme suit:

- 5           - un échantillon de culture mono-algale, précédemment conservé à - 85°C dans une solution à 10% de glycérine, a été décongelé en le laissant à la température ambiante et a ensuite été soumis à une centrifugation pour enlever le surnageant.
- 10          - la pâte cellulaire ainsi obtenue a été inoculée à trois flacons de 250 ml contenant 50 ml de solution contenant des nutriments.
- la culture a été cultivée dans une chambre climatique éclairée à une température constante de 30°C,
- 15          en présence de CO<sub>2</sub> à 0,5% dans l'air.
- après environ une semaine, le flacon a atteint une concentration de 0,3 g/l, cette culture a été utilisée comme inoculum pour trois flacons d'un litre, contenant 500 ml de solution contenant des
- 20          nutriments et placée dans une chambre climatique.
- après 2 jours, la culture avait une concentration de 0,5 g/l, cette culture a formé l'inoculum des 3 bouteilles de Roux d'un litre utilisées dans l'expérimentation.

25           L'inoculum, préparé comme décrit ci-dessus, est normalement utilisé dans les conditions de littérature (1) ci-après énumérées:

Conditions de littérature pour la croissance

**Inoculum:** 10% en volume dans le milieu M4N décrit ci-après:

30           **Milieu de culture type M4N:**

KNO<sub>3</sub>, 5,0 g/l;

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1,25 g/l;

CaCl<sub>2</sub>, 0,01 g/l;

FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,003 g/l;

5 MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 2,5 g/l;

Micro-éléments: 1 ml/l de la solution suivante: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>

2,86 g, MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 1,81 g, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 80 mg, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 220

mg, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 210 mg, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 25 g, EDTA 33,5 g et 1 goutte  
de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré par litre.

10 **Eau:** potable

**pH de fonctionnement:** 7,8

II a été constaté que ces conditions peuvent être améliorées en termes de pH de fonctionnement et de milieu de culture comme montré dans les exemples suivants. Les variations des conditions de croissance optimisées sont les suivantes:

15

Réduction de la teneur en KNO<sub>3</sub> de 5,0 à 1,5 g/l;

Addition de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,1 g/l;

Réduction de la teneur en MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O de 2,5 à 1,5 g/l;

20 Réduction du pH de fonctionnement: de 7,8 à 7,0

**Débit de mélange gazeux:** 16 litres/heure.

Trois systèmes de culture ont été préparés pour la présente expérimentation, avec les conditions de croissance suivantes:

25 **Test 1 (condition standard, contrôle)**

**Inoculum:** 10% en volume préparés comme décrit ci-dessus.

**Milieu de culture M4N optimisé:**

KNO<sub>3</sub>, 1,5 g/l;

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1,25 g/l;

30 K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,1 g/l;

CaCl<sub>2</sub>, 0,01 g/l;

FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,003 g/l;

MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 1,5 g/l;

Micro-éléments: 1 ml/l de la solution suivante: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>

5 2,86 g, MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 1,81 g, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 80 mg, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 220 mg, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 210 mg, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 25 g, EDTA 33,5 g et 1 goutte de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré par litre.

**L'eau pour la préparation du milieu de culture:** potable

**pH de fonctionnement:** 7,0

10 **Débit de mélange gazeux** 16 litres/heure.

**Test 2 (test avec de l'eau usée + nutriments)**

**Inoculum:** 10% en volume préparés comme décrit ci-dessus.

**Milieu de culture:** eau provenant de l'usine de traitement des eaux industrielles, en aval du traitement secondaire, avec la composition indiquée dans le Tableau 1;

15

**pH de fonctionnement:** 7,0

**Milieu de culture M4N optimisé:**

KNO<sub>3</sub>, 1,5 g/l;

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1,25 g/l;

20 K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,1 g/l;

CaCl<sub>2</sub>, 0,01 g/l;

FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,003 g/l;

MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 1,5 g/l;

Micro-éléments: 1 ml/l de la solution suivante: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>

25 2,86 g, MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 1,81 g, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 80 mg, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 220 mg, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 210 mg, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 25 g, EDTA 33,5 g et 1 goutte de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré par litre.

**L'eau pour la préparation du milieu de culture:** industrielle (voir tableau 1)

30 **pH de fonctionnement:** 7,0

**Débit de mélange gazeux** 16 litres/heure.

**Test 3 (test avec de l'eau usée, sans nutriments)**

**Inoculum:** 10% en volume préparés comme décrit ci-dessus.

**Milieu de culture:** non obtenu de l'extérieur

5 **pH de fonctionnement:** 7,0

**L'eau pour la préparation du milieu de culture:** industrielle (voir tableau 1).

**Débit de mélange gazeux:** 16 litres/heure.

**Résultats de l'expérimentation**

10 Des échantillons de culture des trois tests ont été recueillis et soumis à des mesures de la densité optique au moyen d'un spectrophotomètre Varian C 900 afin d'être en mesure de suivre la tendance de la croissance des algues.

15 En plus de ces mesures, des mesures du poids sec ont également été effectuées pour déterminer la concentration effective atteinte par les cultures. Le Tableau 2 résume les résultats obtenus.

20 Tableau 2 - Résumé des résultats expérimentaux avec *Scenedesmus*

Temps (heures)	0	5	20	50	Poids sec après 50 heures (g/l)
Densité optique à 750 nm Test 1 (M4N standard moyen)	0,415	0,570	1,55	3,35	0,835
Densité optique à 750 nm Test 2 (eau Gela + M4N)	0,670	0,830	1,5	2,54	0,925
Densité optique à 750 nm Test 3 (eau Gela comme telle)	0,510	0,620	1,33	2,16	0,58

De ces mesures, on peut clairement déduire que tant

le taux de croissance que la concentration finale de la culture dans le milieu consistant en eaux usées industrielles sont comparables avec la croissance et la concentration finale de la culture témoin. Cela démontre par conséquent que la souche utilisée selon la présente invention, dans les conditions du procédé indiqués, peut également être cultivée dans des eaux usées industrielles avec des performances en termes de productivité comparables avec celles obtenues utilisant des conditions typiques de culture en laboratoire.

Il convient de souligner que, lorsque des eaux usées sans nutriments (Roux 3) sont utilisées, les cinétiques de croissance sont plus faibles par rapport aux deux autres cas examinés (Roux 1 et 2).

**Exemple 2 - Souche d'eau salée (*Tetraselmis su.*)**

La souche de collection *Tetraselmis su.* a été utilisée. L'inoculum à introduire dans les systèmes de culture a été préparé comme suit:

- un échantillon de culture mono-algale, précédemment conservé à - 85°C dans une solution à 10% de glycérine, a été décongelé en le laissant à la température ambiante et a ensuite été soumis à une centrifugation pour enlever le surnageant.
- la pâte cellulaire ainsi obtenue a été inoculée à trois flacons de 250 ml contenant 50 ml de solution contenant des nutriments.
- la culture a été cultivée dans une chambre climatique éclairée à une température constante de 30°C, en présence de CO<sub>2</sub> à 0,5% dans l'air.
- après environ une semaine, le flacon a atteint une

concentration de 0,3 g/l, cette culture a été utilisée comme inoculum pour trois flacons d'un litre, contenant 500 ml de solution contenant des nutriments et placée dans une chambre climatique.

5 - après 2 jours, la culture avait une concentration de 0,5 g/l, cette culture a formé l'inoculum des 3 systèmes de croissance d'un litre utilisées dans l'expérimentation.

10 L'inoculum, préparé comme décrit ci-dessus, est normalement utilisé dans les conditions de littérature (2) ci-après énumérées:

Conditions de littérature pour la croissance

**Inoculum:** 10% en volume dans le milieu F/2 décrit ci-après:

**Milieu de culture F/2:**

15 NaNO<sub>3</sub>, 600 mg/l;  
NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, 26,5 mg/l;  
FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, 6,3 mg/l (1,3 mg Fe);  
Na<sub>2</sub>EDTA, 8,72 mg/l;  
Vitamines 0,5 ml de la solution suivante:  
20 Thiamine-HCl 0,2 g/l;  
Biotine 1,0 mg/l;  
B12 1,0 mg/l;  
Micro-éléments: 0,5 ml/l de la solution suivante:  
25 CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 19,6 mg/l (0,005 mg/l Cu);  
ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 44 mg/l (0,01 mg/l Zn);  
CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 20 mg/l (0,005 mg/l Co);  
MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 360 mg/l (0,1 mg/l Mn);  
Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 12,6 mg/l (0,005 mg/l Mo);  
Sels marins pour l'eau de mer (synthétique) 33 g/l;  
30 **pH de fonctionnement:** 7,8

L'eau pour la préparation du milieu de culture: potable

Trois systèmes de culture ont été préparés pour la présente expérimentation, avec les conditions de croissance suivantes:

5 **Test 1 (condition standard, contrôle)**

**Inoculum:** 10% en volume dans le milieu F/2 décrit ci-dessus.

**Milieu de culture F/2.**

**pH de fonctionnement:** 7,8

10 **Débit de mélange gazeux:** 16 litres/heure.

L'eau pour la préparation du milieu de culture: potable

**Test 2 (test avec de l'eau usée + nutriments, Roux 2)**

**Inoculum:** 10% en volume dans le milieu F/2 décrit ci-dessus.

15 **Milieu de culture F/2.**

**pH de fonctionnement:** 7,8

**Débit de mélange gazeux** 16 litres/heure.

**L'eau pour la préparation du milieu de culture:** industrielle (voir tableau 1).

20 **Test 3 (test avec de l'eau usée, sans nutriments)**

**Inoculum:** 10% en volume dans le milieu F/2 décrit ci-dessus.

**Milieu de culture:** non obtenu de l'extérieur

**pH de fonctionnement:** 7,8;

25 **Débit de mélange gazeux:** 16 litres/heure.

**L'eau pour la préparation du milieu de culture:** industrielle (voir tableau 1).

**Résultats de l'expérimentation**

30 Des échantillons de culture des trois tests ont été recueillis et soumis à des mesures de la densité optique au

moyen d'un spectrophotomètre Varian C 900 afin d'être en mesure de suivre la tendance de la croissance des algues.

5 En plus de ces mesures, des mesures du poids sec ont également été effectuées pour déterminer la concentration effective atteinte par les cultures. Le Tableau 3 résume les résultats obtenus.

Tableau 3 - Résumé des résultats expérimentaux avec *Tetraselmis*

10

Temps (heures)	0	5	20	50	Poids sec après 50 heures (g/l)
Densité optique à 750 nm Test 1 (F/2 standard moyen)	0,310	0,460	1,32	2,85	0,761
Densité optique à 750 nm Test 2 (eau Gela + F/2)	0,530	0,720	1,5	2,64	0,821
Densité optique à 750 nm Test 3 (eau Gela comme telle)	0,470	0,580	1,31	2,06	0,58

15 Les mêmes conclusions peuvent également être tirées pour la souche marine comme pour la souche d'eau douce. La souche a la même cinétique de prolifération à la fois dans l'eau de mer et dans le milieu consistant en eau usée industrielle contenant le milieu de croissance F/2. Il convient de souligner que, dans le cas du milieu consistant en eau usée seulement (Test 3) la cinétique de croissance est plus faible par rapport aux deux autres cas.

WO 2009/000534

PCT/EP2008/005206

REVENDICATIONS

- 5 1. Un procédé de culture de micro-algues qui comprend la plantation d'une souche d'algue dans un environnement aqueux et le processus de croissance, sous rayonnement solaire, par une alimentation continue d'un courant gazeux consistant essentiellement en gaz carbonique et d'un cou-  
10 rant de nutriments à base d'azote, consistant en eaux usées d'installations industrielles, les contenant, provenant de procédés de traitement secondaire.
- 15 2. Le procédé selon la revendication 1, dans lequel les procédés industriels sont des usines d'huile ou des raffi-neries.
3. Le procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les algues sont choisies parmi les algues chloro-phytes.
- 20 4. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les algues sont des chlorophytes de souches de collection choisies parmi *Tetraselmis sue-cica*, *Scenedesmus sp*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Chlorella vulgaris*, ou de souches autochtones identifiées à proximité de l'installation industrielle.
- 25 5. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'environnement aqueux consiste en eaux usées industrielles ayant une salinité de 1 g/l à 28 g/l.
- 30 6. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui comprend en outre l'alimentation d'un

deuxième courant aqueux de nutriments contenant des sels de phosphore en solution dans une concentration allant de 0,01 à 0,05 g/l.

5 7. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le flux gazeux contient de 6 à 100% en volume de CO<sub>2</sub>.

8. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les eaux usées sont des eaux de raffinerie.