

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
14 décembre 2017 (14.12.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/211976 A1

(51) Classification internationale des brevets :
A01G 15/00 (2006.01)

Publiée:

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

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2017/064001

(22) Date de dépôt international :
08 juin 2017 (08.06.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1655349 10 juin 2016 (10.06.2016) FR

(72) Inventeur; et

(71) Déposant : LE BERRE, Thomas [FR/FR] ; 10 rue Jehan
de Bazvalan, 56000 VANNES (FR).

(74) Mandataire : LARCHER, Dominique ; 90333 B, Tech-
nopôle Atalante, 16B rue de Jouanet, 35703 RENNES CE-
DEX 7 (FR).

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

(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), eurasien (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).

(54) Title: METHOD FOR THE SEQUESTRATION OF CARBON DIOXIDE USING PLANT BIOMASS AND ASSOCIATED USE

(54) Titre : PROCEDE DE SEQUESTRATION DE DIOXYDE DE CARBONE A L'AIDE DE BIOMASSE VEGETALE ET
UTILISATION ASSOCIEE

(57) Abstract: A carbon dioxide sequestration method characterised in that it comprises: - a step of producing at least one macrophytic plant species floating on an expanse of fresh water in order to form a raft of plant biomass; - a step of transporting said raft of plant biomass from said expanse of fresh water to a sea; - a step of dispersing and decomposing said raft of plant biomass on an expanse of said sea; at least one of said production step, transport step and dispersion and decomposition step being carried out with human assistance.

(57) Abrégé : Procédé de séquestration de dioxyde de carbone caractérisé en ce qu'il comprend : - une étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce afin de former un radeau de biomasse végétale; - une étape de transport dudit radeau de biomasse végétale depuis ladite étendue d'eau douce vers une mer; - une étape de dispersion et de décomposition dudit radeau de biomasse végétale sur une étendue de ladite mer; l'une au moins desdites étape de production, étape de transport et étape de dispersion et de décomposition étant réalisée sous assistance humaine.



WO 2017/211976 A1

PROCÉDE DE SEQUESTRATION DE DIOXYDE DE CARBONE A L'AIDE DE BIOMASSE VEGETALE ET UTILISATION ASSOCIEE

Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine de la séquestration de dioxyde de
5 carbone à l'aide de biomasse végétale.

Art antérieur

Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre responsable du réchauffement
climatique. Sa concentration dans l'atmosphère a considérablement augmenté du fait de
l'utilisation toujours croissante d'énergies fossiles pour les besoins énergétiques de
10 l'humanité.

Les océans représentent le puits de carbone le plus important de la planète en ce
qu'ils sont capables d'absorber une quantité importante du dioxyde de carbone de
l'atmosphère, en particulier grâce à la dissolution du dioxyde de carbone sous forme
d'ions bicarbonates HCO_3^- et grâce au développement de phytoplancton et plus
15 généralement de biomasse. Le phytoplancton se développe à la surface des océans à des
profondeurs où la lumière du soleil est encore accessible, appelée zone photique, et
utilise le dioxyde de carbone pour sa photosynthèse. Il est nécessaire au développement
de la biomasse marine étant donné qu'il est le premier chaînon de la chaîne alimentaire
marine et produit du dioxygène. Un stockage à long terme du carbone se produit
20 notamment quand de la biomasse morte coule au fond des océans. En effet, on estime
que le cycle de circulation thermohaline peut prendre 1000 à 1500 ans pour une molécule
d'eau.

Cependant, plusieurs phénomènes d'origine anthropomorphique tendent à causer
une diminution de l'absorption du dioxyde de carbone de l'atmosphère par les océans.
25 D'une part, l'acidification des océans diminue la solubilité du dioxyde de carbone sous
forme d'ions bicarbonates HCO_3^- . Plus précisément, il a été estimé qu'entre 1751 et 2004,
le pH des eaux superficielles des océans est passé d'une valeur moyenne de 8,25 à une
valeur moyenne de 8,14. D'autre part, la surexploitation par l'Homme des ressources
halieutiques a provoqué l'appauvrissement de la zone photique en nutriments et en
30 phytoplancton.

Différentes techniques de l'art antérieur ont été développées pour séquestrer durablement le dioxyde de carbone par de la biomasse végétale. Le document de brevet américain US 6,056,919 décrit notamment une méthode de fertilisation d'une zone de surface de l'océan par ajout de complexes du fer, voire d'autres substances contenant en particulier de l'azote ou des phosphates, afin de provoquer le développement du phytoplancton et donc l'absorption de carbone par ce phytoplancton et par la biomasse consommant ce phytoplancton. Un inconvénient de cette méthode est la surconcentration des nutriments apportés par la fertilisation sur une zone d'étendue limitée. Un autre inconvénient est que les matières fertilisantes nécessitent a priori la transformation et le conditionnement de certaines matières premières. Par ailleurs, US 2004/0161364 décrit notamment une méthode de séquestration du carbone par suppression de biomasse végétale d'eau douce ou marine sur une zone à traiter en utilisant un herbicide aquatique/algicide. Un inconvénient de cette méthode est que les herbicides aquatiques et algicides sont relativement coûteux et présentent un risque pour l'environnement.

D'autres inconvénients, communs à ces deux méthodes sont, en particulier, une empreinte carbone élevée étant donné la nécessité d'utiliser un bateau et une forte concentration localisée de déchets organiques sur le fond de la zone traitée pouvant avoir un impact néfaste sur les communautés vivant au fond des zones traitées.

Objectifs de l'invention

L'invention a pour objectif de pallier au moins un des inconvénients ci-dessus énoncés.

Plus précisément un objectif de l'invention est de proposer un procédé de séquestration du dioxyde de carbone permettant la distribution sur une grande étendue des déchets organiques de biomasse au fond des océans.

Un autre objectif de l'invention est de proposer un procédé de séquestration du dioxyde de carbone permettant la distribution de nutriments sur une grande étendue de la zone photique des océans.

Un autre objectif de l'invention est, au moins dans un mode de réalisation, de proposer un procédé de séquestration du carbone permettant la distribution d'oligo-éléments sur une grande étendue de la zone photique des océans.

Un autre objectif de l'invention est de proposer un procédé de séquestration du dioxyde de carbone simple et peu coûteux.

Un autre objectif de l'invention est de proposer un procédé de séquestration du dioxyde de carbone ayant une faible empreinte carbone.

5 Un autre objectif de l'invention est de proposer un procédé de séquestration du carbone étant respectueux de l'environnement.

Un autre objectif de l'invention est, au moins dans un mode de réalisation, de proposer un procédé de séquestration du carbone permettant de développer/restaurer la biomasse végétale et/ou la biomasse animale océaniques.

10 **Description de l'invention**

L'inventeur a exploité l'idée connue de l'art antérieur de séquestration du dioxyde de carbone en faisant couler de la biomasse au fond d'une mer. L'inventeur a aussi exploité l'idée connue de l'art antérieur de séquestration du dioxyde de carbone par la distribution de nutriments en zone photique pour permettre le développement de
15 phytoplancton et plus généralement de biomasse. Il a combiné de manière tout à fait inattendue plusieurs étapes faisant intervenir des phénomènes naturels et des forces de la nature pour obtenir un procédé de séquestration du carbone ne présentant pas les désavantages de l'art antérieur. L'invention exploite en particulier le phénomène de captage naturel de dioxyde de carbone et autres nutriments par la biomasse végétale.
20 L'invention exploite aussi à bon escient les forces des courants et des vents pour transporter et faire dériver un corps flottant. L'invention exploite enfin le fait que l'eau de mer est toxique pour des espèces végétales d'eau douce. Selon l'invention, une assistance humaine est nécessaire dans au moins une des étapes du procédé revendiqué afin de permettre de provoquer certains phénomènes naturels ou de maîtriser certaines
25 forces de la nature en vue d'un objectif précis ou encore d'en optimiser les effets.

Bien que le procédé selon la présente invention concerne la séquestration du carbone, il peut également être utilisé pour permettre le développement/la restauration de la faune marine et notamment des poissons, mollusques et crustacés. Ce procédé trouve ainsi également des applications dans le domaine de la fertilisation des océans.

30 **Description détaillée de l'invention**

La présente invention a pour objet un procédé de séquestration de dioxyde de carbone. Ce procédé comprend :

- une étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce afin de former un radeau de biomasse végétale ;

5 - une étape de transport dudit radeau de biomasse depuis ladite étendue d'eau douce vers une mer ;

- une étape de dispersion et de décomposition dudit radeau de biomasse sur une étendue de ladite mer ;

l'une au moins desdites étape de production, étape de transport et étape de dispersion
10 et de décomposition étant réalisée sous assistance humaine.

On entend par « macrophyte flottant » une espèce végétale aquatique visible à l'oeil nu, de taille au moins de l'ordre du millimètre, flottant à la surface de l'eau. Si l'espèce végétale a des racines, ces dernières sont libres dans l'eau. Une espèce végétale macrophyte flottant peut donc se déplacer librement à la surface de l'eau en fonction du
15 vent et/ou du courant.

Au sens de l'invention « macrophyte flottant » inclut également certaines espèces végétales aquatiques qui sont normalement qualifiées de « macrophytes à feuilles émergées », c'est à dire normalement capables de s'enraciner dans un substrat et dont les feuilles flottent à la surface de l'eau, mais qui, si elles sont déracinées, continuent de
20 se développer avec des racines libres dans l'eau.

Ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant est choisie parmi *Azolla finiculoides*, *Ceratopteris cornuta*, *Ceratopteris pteridoides*, *Ceratopteris thalictroides*, *Eichhornia crassipes*, *Eichhornia azurea*, *Eichhornia diversifolia*, *Eichhornia natans*, *Eichhornia paniculata*, *Heteranthera dubia*, *Heteranthera limosa*, *Heteranthera mexicana*,
25 *Heteranthera multiflora*, *Heteranthera penduncularis*, *Heteranthera rotundifolia*, *Heteranthera reniformis*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Hygroryza aristata*, *Lemna biloba*, *Limnobium laevigatum*, *Limnobium spongia*, *Myriophyllum aquaticum*, les espèces de nénuphars du genre *Nymphaea*, *Nuphar lutea*, *Pistia stratiotes*, *Pontederia cordata*, *Ranunculus aquatilis*, *Salvinia auriculata*, *Trapa bicornis* et *Trapa natans*.

30 On entend par « eau douce » une eau à faible salinité, c'est à dire présentant une concentration en sels comprise typiquement entre 0 et 0.5 gramme par litre d'eau. L'eau

douce présente en particulier une faible concentration en sel de chlorure de sodium. Au contraire, l'eau de « mer » est une eau à salinité élevée. Elle présente généralement en surface une concentration en sels, notamment en sel de chlorure de sodium, comprise entre 30 et 40 grammes par litre d'eau. Il existe cependant de grands écarts de salinité en fonction des mers. En effet, la mer Baltique est considérée comme une des mers les moins salées au monde avec une salinité d'environ 5 grammes de sels par litre d'eau alors que la mer Noire est considérée comme une des mers les plus salées au monde avec une salinité d'environ 275 grammes de sels par litre d'eau.

On entend par « assistance humaine » toute action d'un être humain en vue d'un objectif particulier afin de modifier un ordre naturel. Comme il pourra être compris à la lecture de la description détaillée des différentes étapes du procédé selon l'invention, chaque étape pourra, au moins dans un mode de réalisation particulier, nécessiter une assistance humaine. Par ailleurs, dans tous les modes de réalisation de l'invention, au moins une des étapes du procédé selon l'invention nécessite une assistance humaine. L'assistance humaine peut dans certains cas consister en la provocation d'un phénomène naturel qui n'aurait pas eu lieu sans l'action d'un être humain. L'assistance humaine peut dans d'autres cas consister en la maîtrise de forces de la nature en vue d'un objectif précis. L'assistance humaine peut dans encore d'autres cas consister en l'optimisation des effets de phénomènes naturels et/ou de forces de la nature.

L'étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce a pour fonction le captage par ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant du dioxyde de carbone de l'atmosphère ainsi que d'autres nutriments dissouts dans ladite étendue d'eau douce. Des étendues d'eaux douces appropriées pour réaliser la présente invention sont par exemple : une mare, un lac naturel d'eau douce, un lac artificiel d'eau douce, une ramification de rivière où l'eau est douce, des canaux ou une structure spécifique adaptée pour la mise en œuvre de la présente invention. Une structure adaptée pour la mise en œuvre de la présente invention comprend : des bassins de station de traitement d'effluents, des bassins d'aquaculture, des bassins sous serre et des rizières reconverties à cet effet. Selon le cas, l'étendue d'eau douce choisie est naturellement riche en nutriments utiles pour la croissance de ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant.

L'étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce comprend au moins une première étape d'identification d'une étendue d'eau douce appropriée pour la production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant. Selon un mode de réalisation particulier, l'étape d'identification correspond uniquement à une constatation visuelle de ladite étendue d'eau douce. Par exemple, il peut être constaté qu'une étendue d'eau douce présente déjà une espèce végétale macrophyte flottant ou au contraire, il peut être constaté qu'une étendue d'eau douce ne présente aucune espèce végétale macrophyte flottant. Selon un autre mode de réalisation, l'étape d'identification comprend en outre la réalisation de mesures de pH et/ou d'analyse chimique de l'eau prélevée dans ladite étendue d'eau douce.

L'étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce comprend, de manière facultative, une deuxième étape d'introduction d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur ladite étendue d'eau douce, ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant pouvant être introduite sous forme de graines ou de plants pour les espèces capables de stolonisation. Cette deuxième étape peut notamment être facultative dans le cas où il a été identifié qu'une espèce végétale macrophyte flottant est déjà naturellement présente sur ladite étendue d'eau douce.

L'étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce comprend, de manière facultative, une troisième étape d'addition en nutriments utiles pour la croissance de ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant dans ladite étendue d'eau douce. Ces nutriments comprennent en particulier des éléments de base constitués par l'azote, le phosphore et le potassium, des éléments secondaires constitués par le calcium, le soufre et le magnésium ainsi que des oligo-éléments, tels que le fer, le manganèse, le nickel, le molybdène, le cuivre, le bore, le zinc, le cobalt, le vanadium, le silicium et le sélénium. Les nutriments ajoutés proviennent préférentiellement d'une source de déchets organiques. L'addition de nutriments peut être faite par l'addition de matière végétale, d'eaux usées, de boues d'épurations ou de boues issus de bassins d'aquaculture, ou de toute autre matière riche en nutriments bien connue de l'homme du métier. Cette troisième étape peut notamment être facultative dans le cas d'une étendue d'eau douce initialement riche en

nutriments, également qualifiée de eutrophe. Selon un mode de réalisation particulier, un échantillonnage et une analyse chimique de l'eau de surface de ladite étendue de mer sont préalablement réalisés afin de déterminer les carences en nutriments de ladite étendue de mer. La teneur en éléments de silicium, de fer, de cadmium, de zinc, de nickel, de cuivre et de sélénium est en particulier mesurée. En fonction des carences constatées, des nutriments correspondants peuvent être ajoutés spécifiquement à ladite étendue d'eau douce au cours de ladite troisième étape d'addition en nutriments.

L'étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce est considérée comme terminée quand les plants de ladite au moins une espèce végétale de macrophyte flottant se sont suffisamment développés pour former un radeau de biomasse végétale. Le suivi de paramètres facilement mesurables comme la taille, la densité et la surface occupée par les plants de ladite au moins une espèce végétale de macrophyte flottant peuvent être utilisés pour caractériser ledit radeau de biomasse végétale. Dans le cas d'espèces normalement qualifiées de « macrophytes à feuilles émergées » et qui seraient enracinées dans le sol du fond de ladite étendue d'eau douce, les feuilles émergées sont alors coupées de leurs racines.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant est choisie dans le groupe constitué par *Eichhornia crassipes* et *Pistia stratiotes*. *Eichhornia crassipes*, communément appelée jacinthe d'eau, est une espèce végétale originaire des zones tropicales et sub-tropicales. Un plant adulte mesure généralement entre 30 à 80 cm de diamètre. Il comprend en matière sèche : entre 40 et 47% de carbone, environ 4 % d'azote et environ 0.4 % de phosphore. *Eichhornia crassipes* peut se développer conjointement avec d'autres espèces végétales macrophyte flottant, et notamment *Salvinia auriculata*, *Lemna biloba* et *Azolla finiculoides*. *Pistia stratiotes*, communément appelée laitue d'eau, est une espèce végétale également originaire des zones tropicales et subtropicales. *Eichhornia crassipes* et *Pistia stratiotes* sont deux espèces végétales sont particulièrement adaptées pour se développer à une température extérieure comprise entre 20 et 30°C et dans une étendue d'eau douce ayant un pH en surface compris entre 4 et 8. Dans les zones climatiques où ces deux espèces ne peuvent pas se développer facilement, ladite étendue d'eau douce est préférentiellement formée de bassins d'eau chauffée, tels des bassins d'eau sous

serre ou des bassins d'eau utilisant la chaleur résiduelle de procédés industriels. Parmi les espèces végétales macrophytes flottants, ces deux espèces végétales ont pour avantage de se développer rapidement et sont d'ailleurs considérées comme des espèces invasives. Il est estimé que *Eichhornia crassipes* peut produire entre 40 et 144 tonnes de matière sèche par hectare et par an en formant des radeaux de biomasse ayant une densité allant de 100 g à 400 g de matière sèche par mètre carré. Il est estimé que *Pistia stratiotes* peut produire 70 tonnes de matière sèche par hectare et par an. Ces deux espèces végétales ont également comme avantage d'avoir une très bonne flottabilité et une partie aérienne développée leur donnant une très bonne portance au vent. La matière organique formée avec l'une ou l'autre de ces deux espèces végétales à un pH plutôt basique de valeur environ égale à 9.

En outre, *Eichhornia crassipes* et *Pistia stratiotes* sont deux espèces végétales connues pour être des hyper accumulateurs de métaux et utilisées pour purifier des eaux contenant des métaux lourds. Elles sont notamment capables de capter des quantités importantes de fer, aluminium, magnésium, cuivre, cadmium, plomb, zinc et chrome. Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, l'étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce est la production de *Eichhornia crassipes* et de *Pistia stratiotes* sur une étendue d'eau douce polluée avec des métaux lourds, tels que le fer, l'aluminium, le magnésium, le cuivre, le cadmium, le plomb, le zinc et le chrome.

Selon un autre mode de réalisation préférentiel de l'invention, ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant est choisie dans le groupe constitué par *Ranunculus aquatilis* ou *Hydrocharis morsus-ranae*. *Ranunculus aquatilis*, aussi appelée renoncule aquatique, et *Hydrocharis morsus-ranae*, aussi appelée morène, sont des espèces végétales originaires des régions tempérées. Elles sont particulièrement adaptées pour résister au gel et se développent dans des étendues d'eau douce de pH neutre à basique. L'étape de transport dudit radeau de biomasse végétale depuis ladite étendue d'eau douce vers une mer permet de déplacer ledit radeau de biomasse végétale depuis un habitat adéquat au développement de ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant à un habitat inadéquat au développement de ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant, provoquant la destruction de ses tissus.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'étape de transport dudit radeau de biomasse depuis ladite étendue d'eau douce vers ladite mer comprend un flottage dudit radeau de biomasse le long d'un cours d'eau se jetant dans ladite mer. On entend par « flottage » le transport d'un radeau de matière entraîné par le courant d'un cours d'eau avec une assistance humaine. Ce mode de réalisation est particulièrement adapté quand l'étendue d'eau douce est naturellement connectée audit cours d'eau ou suffisamment proche dudit cours d'eau pour pouvoir envoyer mécaniquement ledit radeau de biomasse végétale dans ledit cours d'eau. Ce mode de réalisation est préféré puisque le transport par flottage a une faible empreinte carbone.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, l'étape de transport dudit radeau de biomasse depuis ladite étendue d'eau douce vers ladite mer comprend un transport par route. Ce mode de réalisation est particulièrement adapté dans le cas où l'étendue d'eau douce est éloignée d'un cours d'eau se jetant dans ladite mer.

L'étape de décomposition et de dispersion dudit radeau de biomasse sur une étendue de ladite mer permet de distribuer des nutriments et de faire couler des déchets organiques sur une grande superficie de mer. Les nutriments ainsi distribués permettent le développement de phytoplancton et plus généralement de biomasse sur une grande superficie de mer contribuant ainsi à l'absorption de dioxyde de carbone par les océans.

Les déchets organiques coulés au fond de la mer permettent une séquestration durable du carbone. La décomposition dudit radeau de biomasse a lieu par la destruction progressive des tissus de ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant par l'eau de mer. La vitesse de décomposition dépend de l'espèce végétale macrophyte flottant et de la salinité de l'eau de mer. Plusieurs jours sont généralement nécessaires pour que ledit radeau de biomasse se disloque et perde peu à peu sa flottabilité. Par exemple, dans le cas d'*Eichhornia crassipes*, le radeau de biomasse reste sensiblement uni et flotte à la surface de la mer pendant une période d'au moins trois jours. La dispersion dudit radeau de biomasse est assurée dans un premier temps par les courants de surface ainsi que par les vents lorsque la matière organique le composant flotte à la surface et dans un deuxième temps par des courants profonds lorsque la matière organique le composant coule peu à peu vers le fond de la mer. Par comparaison, des déchets verts

terrestres quelconques qui seraient déversés en mer couleraient rapidement et ne couvriraient ainsi qu'une petite superficie de mer ce qui aboutirait à de véritables décharges de déchets organiques sur les fonds marins. Au contraire, il est estimé qu'avec un vent continu et soutenu et des courants favorables, le radeau de biomasse peut atteindre une vitesse de 1 m/s. Dans ce cas, le radeau de biomasse, qui se désintègre peu à peu, peut parcourir une distance de 250 km avant de couler. En admettant des variations de 5 degrés de part et d'autre de la direction principale du vent, la matière organique du radeau de biomasse est ainsi dispersée sur une surface de 5000 km².

Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, l'étape de transport dudit radeau de biomasse depuis ladite étendue d'eau douce vers ladite mer comprend une période de stockage dans une retenue d'eau douce proche de l'embouchure du cours d'eau se jetant dans ladite mer. Cette période de stockage permet d'attendre que certaines conditions (vents, courants, marée, ...) soient réunies pour relâcher ledit radeau de biomasse en mer afin d'optimiser la dispersion dudit radeau de biomasse sur une grande surface de mer, au large des côtes.

Selon une autre caractéristique préférentielle de l'invention, une étape de simulation de la dispersion dudit radeau de biomasse est réalisée avant l'étape de dispersion et de décomposition dudit radeau de biomasse. La simulation permet de déterminer les meilleures conditions (vents, courants, marée, ...) pour relâcher ledit radeau de biomasse en mer afin d'optimiser la dispersion dudit radeau de biomasse sur une grande surface de mer, au large des côtes. La simulation permet également d'éviter que le radeau de biomasse ne soit ramené sur une côte. Les paramètres pris en compte lors de la simulation sont notamment la géographie du milieu de relâche, les courants, les prévisions météorologiques, la nature des espèces végétales macrophyte flottant formant le radeau de biomasse ainsi que la salinité de l'eau de mer. Selon un mode de réalisation particulier, la simulation est réalisée par ordinateur. Le procédé selon l'invention peut être utilisé pour la dispersion de nutriments à la surface de l'étendue de ladite mer afin de développer/restaurer le phytoplancton et plus généralement la biomasse dans la zone photique de ladite étendue de mer. Le procédé selon l'invention pourra en particulier permettre le développement/la restauration de la faune marine et notamment des poissons, mollusques et crustacés.

Selon un mode de réalisation particulier, un échantillonnage et une analyse chimique de l'eau de surface de ladite étendue de mer sont préalablement réalisés afin de déterminer les carences en nutriments de ladite étendue de mer. La teneur en éléments de silicium, de fer, de cadmium, de zinc, de nickel, de cuivre et de sélénium est en particulier mesurée. Des nutriments correspondants sont ajoutés spécifiquement dans ladite étendue d'eau douce au cours de ladite étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce.

Ce procédé peut aussi être utilisé pour l'achat de crédits carbone. En effet la quantité de carbone séquestrée peut être facilement évaluée à partir de la surface et de la densité en matière sèche de ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant dudit radeau de biomasse.

REVENDICATIONS

1. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - une étape de production d'au moins une espèce végétale macrophyte flottant sur une étendue d'eau douce afin de former un radeau de biomasse végétale ;
 - une étape de transport dudit radeau de biomasse végétale depuis ladite étendue d'eau douce vers une mer ;
 - 10 - une étape de dispersion et de décomposition dudit radeau de biomasse végétale sur une étendue de ladite mer ;
- l'une au moins desdites étape de production, étape de transport et étape de dispersion et de décomposition étant réalisée sous assistance humaine.

2. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon la revendication 1 caractérisé en ce que ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant est choisie dans le

15 groupe constitué par *Azolla finiculoides*, *Ceratopteris cornuta*, *Ceratopteris pteridoides*, *Ceratopteris thalictroides*, *Eichhornia crassipes*, *Eichhornia azurea*, *Eichhornia diversifolia*, *Eichhornia natans*, *Eichhornia paniculata*, *Heteranthera dubia*, *Heteranthera limosa*, *Heteranthera mexicana*, *Heteranthera multiflora*, *Heteranthera penduncularis*,

20 *Heteranthera rotundifolia*, *Heteranthera reniformis*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Hygroryza aristata*, *Lemna biloba*, *Limnobium laevigatum*, *Limnobium spongia*, *Myriophyllum aquaticum*, les espèces de nénuphars du genre *Nymphaea*, *Nuphar lutea*, *Pistia stratiotes*, *Pontederia cordata*, *Ranunculus aquatilis*, *Salvinia auriculata*, *Trapa bicornis*, *Trapa natans*.

3. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon la revendication 2 caractérisé en ce que ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant est choisie dans le

groupe constitué par *Eichhornia crassipes* et *Pistia stratiotes*.

4. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon la revendication 2 caractérisé en ce que ladite au moins une espèce végétale macrophyte flottant est choisie dans le groupe constitué par *Ranunculus aquatilis* et *Hydrocharis morsus-ranae*.
- 5 5. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend préalablement une étape d'échantillonnage et d'analyse chimique de l'eau de surface de ladite étendue de mer.
- 10 6. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que l'étape de transport dudit radeau de biomasse végétale depuis ladite étendue d'eau douce vers ladite mer comprend un flottage dudit radeau de biomasse le long d'un cours d'eau se jetant dans ladite mer.
- 15 7. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que l'étape de transport dudit radeau de biomasse végétale depuis ladite étendue d'eau douce vers ladite mer comprend une étape de stockage dans une retenue d'eau douce proche de l'embouchure du cours d'eau se jetant dans ladite mer.
- 20 8. Procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de simulation de la dispersion dudit radeau de biomasse végétale avant l'étape de dispersion et de décomposition dudit radeau de biomasse.
- 25 9. Utilisation du procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon l'une des revendications 1 à 8 pour la dispersion de nutriments à la surface de l'étendue de ladite mer.
- 30 10. Utilisation du procédé de séquestration de dioxyde de carbone selon la revendication 9 caractérisé en ce que lesdits nutriments sont à base de silicium, de fer, de cadmium, de zinc, de nickel, de cuivre ou de sélénium.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/064001

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A01G15/00
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)
A01G

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	Anonymous: "Eichhornia crassipes", From Wikipedia, the free encyclopedia 7 May 2015 (2015-05-07), XP002767478, Retrieved from the Internet: URL:https://web.archive.org/web/2015050715 1508/http://en.wikipedia.org/wiki/Eichhorn ia_crassipes [retrieved on 2017-02-21]	1-4,6,7, 9,10
A	Premier paragraphe de la partie Habitat and ecology	5,8
A	US 6 056 919 A (MARKELS JR MICHAEL [US]) 2 May 2000 (2000-05-02) abstract; claim 1	1-10
A	EP 2 141 980 A1 (OCEAN NOURISHMENT CORP PTY LTD [AU]) 13 January 2010 (2010-01-13) claim 1	1-10



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

10 August 2017

Date of mailing of the international search report

23/08/2017

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

Dagnelies, Joëlle

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/064001

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6056919	A	02-05-2000	NONE

EP 2141980	A1	13-01-2010	AU 2007352235 A1 06-11-2008
			CN 101742902 A 16-06-2010
			EP 2141980 A1 13-01-2010
			US 2010210005 A1 19-08-2010
			WO 2008131472 A1 06-11-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/064001

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. A01G15/00
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)
A01G

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	Anonymous: "Eichhornia crassipes", From Wikipedia, the free encyclopedia 7 mai 2015 (2015-05-07), XP002767478, Extrait de l'Internet: URL:https://web.archive.org/web/20150507151508/http://en.wikipedia.org/wiki/Eichhornia_crassipes [extrait le 2017-02-21]	1-4,6,7, 9,10
A	Premier paragraphe de la partie Habitat and ecology	5,8
A	US 6 056 919 A (MARKELS JR MICHAEL [US]) 2 mai 2000 (2000-05-02) abrégé; revendication 1	1-10
A	EP 2 141 980 A1 (OCEAN NOURISHMENT CORP PTY LTD [AU]) 13 janvier 2010 (2010-01-13) revendication 1	1-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



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

10 août 2017

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/08/2017

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

Dagnelies, Joëlle

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/064001

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6056919	A	02-05-2000	AUCUN	

EP 2141980	A1	13-01-2010	AU 2007352235 A1	06-11-2008
			CN 101742902 A	16-06-2010
			EP 2141980 A1	13-01-2010
			US 2010210005 A1	19-08-2010
			WO 2008131472 A1	06-11-2008
