



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1011897A5

NUMERO DE DEPOT : 09800324

Classif. Internat. : F24F E06B

Date de délivrance le : 01 Février 2000

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 30 Avril 1998 à 10H50 à l'Office de la Propriété Industrielle

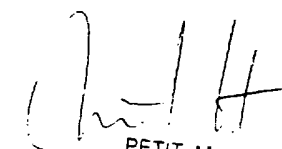
ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : VAN POUCKE Bernard
avenue F. Roosevelt 23, B-1330 RIXENSART(BELGIQUE)

un brevet d'invention d'une durée de 6 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : SYSTEME MODULAIRE POUR LA CULTURE INTENSIVE DE MICRO-ALGUES AVEC OPTIMISATION DE LA PHOTOSYNTHESE ET DU MILIEU DE CULTURE.

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeur(s).

Bruxelles, le 01 Février 2000
PAR DELEGATION SPECIALE :


PETIT M.
Conseiller adjoint

SYSTÈME MODULAIRE POUR LA CULTURE INTENSIVE DE MICRO-ALGUES AVEC OPTIMISATION DE LA PHOTOSYNTHESE ET DU MILIEU DE CULTURE.

L'invention a pour but de permettre la production des algues microscopiques de façon intensive en optimisant la photosynthèse, d'une part au moyen d'un bioréacteur offrant une plus grande surface éclairée et d'autre part au moyen de turbulences induites par l'injection de liquide(s) ou de gaz, ensemble ou séparément tout en maintenant les autres paramètres physiques et chimiques du milieu de culture au niveau optimal. La lumière peut être artificielle ou naturelle.

10 A l'état naturel, ainsi que dans la plupart des cultures industrielles à l'air libre, les algues sont cultivées dans des lacs ou des bassins aménagés. On estime souvent la production des micro-algues en fonction du temps de doublement de la biomasse. Le rendement de production est habituellement exprimé en grammes de matière sèche par mètre carré par jour. La densité optique, qui traduit cet accroissement, est généralement mesurée à 15 560 nm. Elle augmente selon une courbe variable selon les espèces. La quantité de lumière, solaire ou artificielle, détermine partiellement la forme de cette courbe. Si l'éclairement est faible, la croissance est lente. Si elle est trop importante, les algues meurent. Il peut être intéressant de récolter les algues lorsque la croissance est en phase exponentielle, le temps de doublement de la biomasse étant le plus court. Lorsque la 20 densité optique augmente, les algues reçoivent moins de lumière et la croissance est ralentie. Le milieu de culture doit également contenir les nutriments en quantité optimale pour permettre l'anabolisme, le catabolisme et la multiplication cellulaire. Outre la quantité de lumière, la croissance est maximale lorsque les concentrations des différents ions sont bien équilibrées. Les fonctions vitales des micro-organismes modifient la 25 composition chimique du milieu, notamment par consommation de carbone durant la photosynthèse. Il en résulte des modifications de concentration et de pH. Lors de la photosynthèse, les photons atteignent les molécules de chlorophylle et d'autres pigments. Cette phase est très brève en comparaison du reste du processus amenant à la production de matière organique. La photosynthèse des micro-algues est abondamment décrite dans la 30 littérature.

Dans les cultures industrielles à l'air libre, la lumière ne pénètre pas en général à plus de

3 cm sous la surface lorsque la biomasse atteint une bonne densité pour la récolte. La forme et les dimensions des bassins dépendent des espèces cultivées. Une agitation importante permet aux algues d'être le plus souvent possible exposées à la lumière. Cette agitation est habituellement produite par des moyens mécaniques, comme les roues à aubes, ou par injection d'air ou de gaz comprimé. Ces systèmes à l'air libre sont sensibles aux contaminations extérieures par les fumées, poussières, micro-organismes, insectes, ... Leur rendement est en outre assez faible et très sensibles aux conditions extérieures. D'autres systèmes existent. Il s'agit notamment de bioréacteurs tubulaires, horizontaux, verticaux ou inclinés, ou de systèmes complexes faisant appel à des sources de lumière artificielle. La récolte se fait par filtration de la biomasse, l'eau de culture étant évacuée ou recyclée.

L'invention décrite vise à optimiser la photosynthèse au moyen d'un appareil simple à construire et à entretenir tout en profitant au maximum des énergies naturelles. Le système permet d'augmenter la surface du milieu de culture exposée à la lumière, de produire des turbulences dans celui-ci de façon à amener les micro-algues le plus souvent possible à la lumière en contrôlant différents paramètres chimiques et physiques pour maintenir les conditions les plus adaptées à une croissance rapide. La forme et les dispositifs du système permet de réduire la consommation énergétique. Sa conception permet également de protéger efficacement les cultures des contaminations extérieures.

L'invention est de nature modulaire. Plusieurs unités peuvent être connectées en série ou en parallèle et former des ensembles ou lignes de production distincts. Pour une meilleure efficacité, chaque unité devrait être disposée plus bas que la précédente pour profiter de la différence de hauteur d'eau. L'entrée et la sortie sont munies de systèmes permettant de laisser entrer le liquide dans le dispositif, de le contourner, de diriger le liquide vers un système de récolte ou vers une évacuation des eau usées. Ces dispositifs ou des conduits séparés permettent éventuellement l'introduction d'autres fluides.

Le principe du système est un réservoir dont les parois transparentes sont inclinées avec tout angle approprié, l'angle de chacune des parois pouvant être différent. Elles peuvent être en verre ou toute matière transparente. Les parois peuvent être planes ou présenter une courbure, laquelle peut être simple, comme par exemple une portion de parabole, ou plus complexe, par exemple ondulée, ou encore présenter un profil de nature à améliorer la

résistance aux contraintes ou favoriser le passage des algues dans la zone éclairée. Elles peuvent aussi être pourvues de dispositifs augmentant la fréquence de passage des algues dans la zone éclairée.

Un tube ou autre conduit de forme appropriée soutient le fond tout en permettant l'entrée
5 de liquides et de gaz dans le bioréacteur au moyen d'orifices. Ces entrées peuvent être munies de dispositifs complémentaires dans le but d'augmenter les turbulences. Les dimensions du conduit, le diamètre des trous et leur nombre sont fonctions du débit souhaité et de la viscosité maximale de la biomasse. Il y a au moins une cloison qui sépare le conduit entre l'entrée et la sortie. Le conduit pourrait présenter différentes cloisons
10 supplémentaires, de façon à constituer une ou plusieurs chambres. Un ou plusieurs tuyaux permettraient d'y connecter une ou plusieurs sources de liquides ou de gaz. Des anti-retour ou tout autre moyen permettent d'éviter que l'eau de culture ne pénètre dans ces chambres.

Le niveau de l'eau est déterminé par un trop-plein en communication avec le conduit de sortie sous le fond. Le conduit constituant le trop-plein, situé à l'intérieur ou à l'extérieur,
15 peut être de section semi-cylindrique ou d'autre form. Une gouttière permet de faire couler l'eau à la verticale au centre du trop-plein. D'autres trop-pleins, placés à un niveau supérieur pourraient permettre l'évacuation d'un excès de liquide indésirable. Les parois et le fond sont soutenus par des supports dont la solidité est en rapport avec la taille du dispositif. Pour compenser la pression du liquide sur les parois et le fond, des barres ou des
20 tubes augmentent la résistance. Le cas échéant, un ou plusieurs support(s) intermédiaires seront ajoutés pour augmenter la longueur en utilisant des éléments standardisés. Le système sera construit de façon à ce que le fond présente une légère pente en direction de l'entrée d'eau pour permettre une vidange complète du système (26) et accéder au conduit pour le nettoyage. La partie du conduit située sous le trop-plein et, le cas échéant, chaque
25 chambre, présenteront également un dispositif similaire (26). L'injection de gaz doit permettre de produire des bulles de différentes tailles, selon que l'on désire provoquer beaucoup de turbulences ou que l'on désire dissoudre beaucoup de gaz dans l'eau. On peut utiliser l'air, ou des gaz neutres, ou non toxiques pour l'agitation, du dioxyde de carbone pour contrôler le pH ou tout autre gaz utiles, seuls ou en mélange.

30 Selon les cas, des réflecteurs de dimensions, de courbure et d'inclinaison variables peuvent renvoyer la lumière vers les parois transparentes. Les réflecteurs peuvent être des miroirs

ou toute surface réfléchissante ou autre dispositif permettant d'amener la lumière vers les parois.

La température peut être contrôlée par un dispositif échangeur de chaleur, en modifiant la quantité de lumière ou en filtrant la lumière pénétrant dans les bioréacteurs, ou en ajoutant 5 du liquide ou du gaz, ou toute combinaison de ces moyens.

Un couvercle transparent peut protéger la biomasse de contaminations extérieures.

Les avantages de cette invention sont les suivants :

- le rapport de la surface exposée à la lumière au volume du milieu de culture est plus important que dans les bassins à l'air libre.
- 10 • du fait des turbulences induites par les liquides ou les gaz et les autres dispositifs, les algues passent plus fréquemment dans la zone éclairée.
- les turbulences permettent une répartition efficace et rapides des nutriments et des micro-organismes de façon à uniformiser les concentrations dans la biomasse et le milieu de culture.
- 15 • des liquides peuvent également être mélangés pour contrôler la concentration en sels ou la température, ou dans d'autres buts.
- le pH peut être contrôlé par adjonction de dioxyde de carbone ou par des liquides comme par exemple une solution de carbonate ou bicarbonate de sodium.
- une protection transparente peut fermer le haut du réservoir pour éviter la 20 contamination par des polluants minéraux ou organiques tels que poussières, fumées, insectes, micro-organismes,...
- le système est particulièrement adapté aux terrains à pente modérée ou forte.
- le système est modulaire, les bioréacteurs, même de tailles différentes pouvant être disposés en série ou en parallèle, chacun pouvant être contourné si besoin sans 25 interrompre le fonctionnement de l'ensemble.
- la construction se fait au moyen d'éléments standardisés, ce qui permet un assemblage aisé et des économies d'échelle
- Les tubes de renfort peuvent également servir à amener les liquides et gaz .

- les systèmes de connexion entre les bioréacteurs sont standardisés et entièrement contrôlables.
 - l'entretien est aisé.
 - l'ensemble du procédé peut être géré de façon totalement automatique.
- 5 Tous les paramètres étant optimisés, l'invention permet d'augmenter la quantité et la qualité des algues produites.

L'invention est exposée plus en détail au moyen des dessins suivants qui représentent un des modes de réalisation possible.

La figure 1 représente le bioréacteur vu de haut. L'entrée de l'eau se fait en (1), par le
10 conduit sous le fond. On peut également injecter d'autres liquides ou gaz en même temps. Les parois inclinées (2) sont fixées sur les supports latéraux (3) qui sont prévus pour résister à la pression de l'eau. Un étrier (4) sert de support intermédiaire pour limiter les contraintes dues à la longueur des parois transparentes. Une lame de métal (9) au sommet évite l'écartement sous la pression latérale. Les tubes de renfort horizontaux (5),
15 permettant de diminuer les contraintes dues à la hauteur de l'eau, traverseront ces supports et pourront également servir de conduits pour des gaz ou des liquides. Sur la paroi opposée à l'entrée, un trop-plein (6) détermine le niveau d'eau maximal (7). Le bioréacteur suivant étant plus bas, la hauteur d'eau dans le trop-plein (8) est normalement inférieure. La hauteur entre le niveau d'eau (7) et le bord supérieur du réservoir permet de contenir les
20 remous et éviter ainsi le débordement. La gouttière (10) permet au liquide de couler en un mince filet à la verticale de la surface d'eau du trop-plein (8) de manière à éviter un ruissellement le long de ses parois. Le conduit du fond permet la sortie de l'eau en (11). L'eau de culture entre dans le bioréacteur par les trous (12). Les gaz entrent dans la chambre du conduit au moyen du tube (14) puis dans le milieu par les trous et
25 dispositifs (13).

La figure 2 représente l'invention en coupe selon l'axe A-A'. La figure 3 représente l'invention selon l'axe B-B'. Les parois (2) pourront être faites au moyen de feuilles de plastique dur transparent comme le polyméthacrylate de méthyle de 8 mm d'épaisseur. Elles seront pliées par thermoformage pour obtenir un angle (α) de l'ordre de 80° à 90°.
30 La largeur au niveau du trop-plein sera légèrement supérieure au double de la largeur du

fond. La hauteur totale sera d'environ 95 cm à partir du fond. Ce pliage permet de réduire le nombre de joints tout en augmentant la rigidité. Plusieurs de ces profils transparents thermoformés seront placés en alignement pour augmenter la longueur totale. En connaissant l'angle (α), il est possible de déterminer la taille et l'inclinaison des réflecteurs
 5 en fonction de la latitude du lieu et du jour. L'inclinaison, ou la courbure des réflecteurs permet de contrôler la quantité de lumière arrivant sur les parois. De cette façon, on peut réduire l'éclairage lorsque la densité de la biomasse est faible ou si la température augmente trop.

Le bioréacteur pourra être muni d'un couvercle (15) permettant l'évacuation des gaz
 10 excédentaires (17) et fixé solidement (18) pour résister au vent. Il sera cependant facile à démonter pour nettoyage. Sa forme permettra de récolter l'eau d'évaporation.

La figure 4 représente, à une échelle inférieure, la méthode permettant de déterminer l'angle (β) et la taille d'un réflecteurs (16) en fonction de l'angle des parois (α), de la hauteur d'eau (7) et de la hauteur apparente du soleil sur l'horizon (δ) de façon telle que
 15 les rayons solaires parviennent perpendiculairement sur toute la surface des parois (2). L'angle (δ) est fonction de la latitude, de l'inclinaison de l'écliptique et de la période de l'année, il est aisé à déterminer par les formules de l'astronomie. Pour cette raison les bioréacteurs seront de préférence orientés selon l'axe est-ouest. Pour la simplicité de la figure 4, seules les parois transparentes (2), le niveau de l'eau (7) et un seul réflecteur ont
 20 été représentés.

La figure 5 montre le diagramme schématique d'un exemple d'organisation des bioréacteurs en série. Pour la facilité de lecture, seuls trois (parmi n) bioréacteurs d'un ensemble, les deux premiers et le dernier, ont été dessinés. Les bioréacteurs simples sont indiqués par (B1), un modèle plus long étant indiqué par (B2). En effet, il peut s'avérer
 25 intéressant de disposer de bioréacteurs de tailles différentes au sein d'un ensemble.

Une réserve d'eau de qualité optimale pour la culture est stockée dans un bassin ou réservoir de grande taille (20). Les réservoirs (20, 30, 50) sont situés plus haut que le niveau (7) du premier bioréacteur. Le réservoir (44), et le système de récolte (43) sont situés sous le niveau du bas du bioréacteur le plus bas de l'ensemble, l'extrémité du
 30 conduit ou caniveau d'eaux usées (27) étant le point le plus bas de tous. Tous les réservoirs de biomasse seront protégés contre les contaminations. La composition chimique du milieu

de culture dépend de l'espèce de micro-algue cultivée. Il sera exempt de micro-organismes et autres débris. Il pourrait être stérilisé et porté à la température optimale si besoin. Une réserve de micro-algues soigneusement sélectionnées et de haute densité (50) sert à ensemençer le premier bioréacteur de la série.

5 Le système étant modulaire, les bioréacteurs doivent être reliés entre eux. Un système standardisé (22) de mélange et de contrôle des fluides, comportant au moins quatre entrées et au moins quatre sorties est utilisé pour ce faire. Dans l'exemple décrit, quatre des entrées peuvent être utilisées comme suit. Les deux premières, munies de dispositifs anti-retour, peuvent servir à l'introduction de la biomasse; la seconde, peut servir, sauf
10 exception, au branchement du conduit de contournement du bioréacteur précédent; la troisième peut permettre l'ajout contrôlé de milieu de culture, la quatrième peut permettre l'ajout contrôlé d'eau potable. Les quatre sorties peuvent être utilisées comme suit. La première peut permettre de diriger le liquide vers le bioréacteur suivant, la seconde peut diriger le liquide vers le conduit de contournement du bioréacteur suivant, la troisième
15 peut diriger le liquide vers le conduit de récolte et la quatrième peut diriger le liquide vers le conduit des eaux usées. La quatrième sortie est soit totalement ouverte, soit totalement fermée. Son débit total est au moins égal au débit total des entrées du système (22). Son ouverture impose la fermeture des trois autres sorties. Les trois autres sorties permettent diviser le flux de liquide, chacune d'elles pouvant être partiellement ouverte, totalement
20 ouverte ou totalement fermée. La somme des débits de ces trois sorties doit cependant être au moins égale au débit total des entrées du système (22). Les entrées et sorties supplémentaires permettraient l'introduction ou l'évacuation de tout liquide ou gaz selon des règles établies. Dans cet exemple, un fluide provenant du conduit (35) entre via le conduit (49). Ces systèmes (22) peuvent être commandés individuellement par tout
25 dispositif d'activation adéquat en tenant compte des divers paramètres. S'il s'agit du premier ou du dernier système (22) d'une série, les branchements seront différents. Il est aussi possible de connecter directement deux ou plusieurs bioréacteurs en série au moyen de conduites. Dans ce cas, le sous-ensemble ainsi constitué est considéré comme un bioréacteur de plus grande taille. Le système de contrôle des fluides pourrait être remplacé
30 par un ensemble de vannes séparées, ou un autre système simplifié.

Un premier système de contrôle des fluides (22) permet le passage du milieu de culture, de la biomasse, de la biomasse d'ensemencement, ou d'eau potable, ou d'un quelconque

mélange des quatre, vers le bioréacteur (B1) via l'entrée (1). Les systèmes (22) suivants sont identiques, bien que certaines entrées ou sorties puissent être inutilisées, ou utilisées différemment.

Lorsque le niveau (7) d'un réacteur (B1 ou B2) du trop-plein (6) est atteint, le liquide s'écoule pour atteindre le niveau (8). Il s'écoule par la sortie (11) vers un système (22). Les systèmes de vidange et de nettoyage (26), sont reliés au conduit ou caniveau d'évacuation des eaux usées (27).

Un conduit (32) permet l'introduction d'air comprimé dans le réacteur via un conduit et son organe de commande (33). Si besoin, l'air comprimé peut aussi commander les systèmes ayant un dispositif d'activation pneumatique (22, 29, 42) via les conduits (34) ou alimenter tout autre appareil pneumatique. Un ou plusieurs conduits (35) pourraient amener d'autres fluides dans les chambres sous le bioréacteur au moyen de conduits et de leur organe de commande (49). Une seul conduit (35) est représenté dans cet exemple. Le dispositif (42) est le système de commande d'un réflecteur (16), il peut également être commandé par tout dispositif d'activation adéquat.

A la sortie du dernier bioréacteur de l'ensemble, un système (22) permet de diriger le flux pour le stockage temporaire de la biomasse dans un bassin ou réservoir (44), qui peut être commun à plusieurs séries de bioréacteurs, en vue de son pompage vers le bassin (30) via le conduit (24) et la pompe (29). Les micro-algues extraites du milieu sont dirigées vers la suite du processus de production (45). La biomasse circule pendant un certain temps dans le système. Dès qu'une densité suffisante est atteinte, on peut activer la sortie appropriée de l'un des systèmes (22) en vue de récolter une partie ou la totalité des micro-algues vers le conduit (28). Une unité de récolte (43) qui peut être commune à un ensemble de séries peut être alimentée au départ du conduit (28) ou du bassin (44). Le cas échéant, l'eau résiduaire après filtration peut également retourner dans la réserve (44) ou être évacuée. La récolte pouvant avoir lieu au départ d'un ou plusieurs systèmes (22), une quantité d'eau potable du conduit (47) ou de milieu de culture du conduit (48), ou les deux en proportion adéquate, permet de maintenir un débit suffisant tout en contrôlant certaines caractéristiques physiques et chimiques du milieu. On peut de cette façon éviter les chocs biologiques dus aux changements de concentration.

Eventuellement, un circuit électronique bidirectionnel (36), appelé bus de données permet

le contrôle des systèmes (22, 29, 42, 43) au moyen de commandes électriques (37) et la collecte des paramètres chimiques et physiques des capteurs (38) au moyen des liaisons (39). Pour simplifier le dessin, seul un câble (37) et un capteur (38) sont représentés, à un endroit quelconque, des bioréacteurs. Certaines mesures seront effectuées
5 au niveau de chaque bioréacteurs, d'une série, ou d'un ensemble ou a tout autre endroit approprié. Un moyen de communication (40) relie le bus de données (36) à un système de contrôle électronique (41). Pour les liaisons (37, 39, 40) et le bus de données (36), tous les moyens de télécommunication tels que câbles, fibres optiques, ondes électromagnétiques sont utilisables.

Revendications.

1. L'invention est un dispositif modulaire de production intensive de micro-algues par optimisation de la photosynthèse au moyen de l'extension de la surface éclairée et de turbulences induites par l'injection de liquides ou de gaz, ensemble ou séparément, tout en
5 contrôlant et en maintenant en temps réel les paramètres physiques et chimiques du milieu de culture.
2. Dispositif permettant la culture intensive de micro-algues au moyen de bioréacteurs caractérisés par des parois transparentes inclinées selon des angles appropriés; présentant éventuellement une ou plusieurs courbure(s), simple(s) ou complexe(s), ou présentant
10 éventuellement un autre profil ou des dispositifs de nature à augmenter la résistance à la pression ou la fréquence de passage des algues dans la zone éclairée ou une combinaison de ce qui précède; et de supports latéraux.
3. Conduit permettant d'amener les liquides et les gaz, ensemble ou séparément, dans le bioréacteur selon la revendication 2, muni éventuellement de dispositifs permettant
15 d'augmenter les turbulences induites par l'entrée des liquides et des gaz, caractérisé par la possibilité de le séparer en plusieurs chambres permettant l'injection séparée de liquides et de gaz, chaque partie du conduit pouvant être vidée et nettoyée individuellement au moyen de dispositifs de vidange et d'accès.
4. Trop-plein destiné à maintenir le niveau de liquide dans le bioréacteur selon
20 revendication 2 caractérisé par une gouttière permettant une chute verticale du liquide dans ce trop-plein.
5. Les bioréacteurs, de même taille ou de tailles différentes, selon revendications 2, 3 et 4 peuvent être connectés entre eux en série ou en parallèle pour former des ensembles. Chacun de ces bioréacteurs, ou sous-ensemble, peut être contourné sans entraver le
25 fonctionnement d'un ensemble.
6. Système standardisé (22) de mélange et de contrôle des fluides, comportant au moins quatre entrées et au moins quatre sorties. Les quatre entrées peuvent être utilisées comme suit. Les deux premières, munies de dispositifs anti-retour, peuvent servir à l'introduction de la biomasse, la seconde, peut servir, sauf exception, au branchement du conduit de
30 contournement du bioréacteur précédent; la troisième peut permettre l'ajout contrôlé de

milieu de culture, la quatrième peut permettre l'ajout contrôlé d'eau potable. Les quatre sorties peuvent être utilisées comme suit. La première peut permettre de diriger le liquide vers le bioréacteur suivant, la seconde peut diriger le liquide vers le conduit de contournement du bioréacteur suivant, la troisième peut diriger le liquide vers le conduit de récolte et la quatrième peut diriger le liquide vers le conduit des eaux usées. La quatrième sortie est soit totalement ouverte, soit totalement fermée. Son débit total est au moins égal au débit total des entrées du système (22). Son ouverture impose la fermeture des autres sorties. Les trois autres sorties permettent diviser le flux de liquide, chacune d'elles pouvant être partiellement ouverte, totalement ouverte ou totalement fermée. La somme des débits de ces trois sorties doit cependant être au moins égale au débit total des entrées du système (22). Les entrées et sorties supplémentaires permettraient l'introduction ou l'évacuation de tout liquide ou gaz selon des règles établies. Ces systèmes (22) peuvent être commandés par tout dispositif d'activation adéquat.

7. Des corrections visant à maintenir les caractéristiques physiques et chimiques optimales du milieu de culture peuvent être apportées par adjonction de liquides ou de gaz, en modifiant l'éclairement, ou par d'autres moyens appropriés, sur base des paramètres mesurés par des capteurs qui peuvent se situer au niveau des bioréacteur, ou des ensembles décrits dans la revendication 5 ou situé en d'autres endroits appropriés et un système de contrôle approprié.

8. La biomasse peut être récoltée à la sortie appropriée de chacun des systèmes (22) d'un ensemble ou en d'autres endroits ou par d'autres moyens.

9. Les dispositifs (42) contrôlent l'éclairement. Des réflecteurs de dimensions, de courbure et d'inclinaison appropriées et variables peuvent renvoyer la lumière vers les parois transparentes selon revendication 2.

