

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



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية والتجارية  
-----

## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 32346 B1** (51) Cl. internationale : **C12M 1/113; C02F 3/28**  
(43) Date de publication : **01.06.2011**

---

(21) N° Dépôt : **33188**

(22) Date de Dépôt : **17.09.2010**

(30) Données de Priorité : **08.10.2007 EP 07118022.8**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2008/063440 08.10.2008**

(71) Demandeur(s) : **GREENWATT, Rue de Libersart 1a B-1457 Tourinnes-Saint-Lambert (BE)**

(72) Inventeur(s) : **THOMAS, Morgan Jean-David Michael ; MICHOTTE, Jacques Benoit**

(74) Mandataire : **MOROCCO INTELLECTUAL PROPERTY SERVICES**

---

(54) Titre : **DIGESTEUR ANAÉROBIE LAVABLE AVEC BIOFILM FIXE**

(57) Abrégé : L'INVENTION SE RAPPORTE À UN APPAREIL POUR LE TRAITEMENT D'UN EFFLUENT (OU DIGESTEUR ANAÉROBIE LAVABLE AVEC BIOFILM FIXE, OU SYSTÈME FAD). LA PARTICULARITÉ DU SYSTÈME FAD EST DE CRÉER ET MAINTENIR UN ENVIRONNEMENT OPTIMAL POUR LE DÉVELOPPEMENT ET L'ACTIVITÉ DE BACTÉRIES ANAÉROBIES. LE SYSTÈME FAD EST UTILISABLE POUR TOUS PROCÉDÉS DE TRAITEMENT UTILISANT DES BACTÉRIES ANAÉROBIES QUELQUES SOIENT LEURS FONCTIONS. LE SYSTÈME FAD A ÉTÉ DÉVELOPPÉ POUR LA PRODUCTION DE BIOGAZ.

## RESUME

L'invention se rapporte à un appareil pour le traitement d'un effluent (ou digesteur anaérobie lavable avec biofilm fixe, ou système FAD). La particularité du système FAD est de créer et maintenir un environnement optimal pour le développement et l'activité de bactéries anaérobies. Le système FAD est utilisable pour tous procédés de traitement utilisant des bactéries anaérobies quelques soient leurs fonctions. Le système FAD a été développé pour la production de biogaz.

01 JUN 2011

32346

**Digesteur anaérobie lavable avec biofilm fixe****Résumé**

La présente invention se rapporte à un appareil pour le traitement d'un effluent, et en particulier se rapporte à un digesteur anaérobie lavable avec biofilm fixe. L'invention se rapporte également à un procédé de lavage d'un appareil pour le traitement d'un effluent. La présente invention concerne aussi un procédé de traitement d'un effluent utilisant un appareil selon l'invention.

**10 Etat de l'art**

La digestion anaérobie est un procédé connu depuis plusieurs années, et l'emploi d'un support (fixe ou mobile) pour l'accrochage des bactéries est utilisé dans plusieurs types de digesteurs. Les digesteurs avec recirculation du fluide, à flux ascendant ou descendant permettent d'homogénéiser le liquide contenu dans le réacteur. Les paramètres importants pour contrôler ce type de procédés sont la température, le temps de séjour hydraulique du liquide à traiter, la vitesse de recirculation et le pH. Dans le cas précis de la production de biogaz la température est proche de 37°C pour les bactéries mésophiles et 55°C pour les bactéries thermophiles. Le temps de séjour hydraulique varie entre 1h et 50h. Le pH est compris entre 6 et 8. La vitesse de recirculation est comprise entre 1 et 20 mm/s. Cette faible vitesse ne permet pas d'accentuer le phénomène de décrochement du biofilm.

Les procédés à support utilisent la propriété des bactéries à s'agglomérer sous la forme d'un biofilm et offrent l'avantage d'être plus robuste que les procédés sans support qui utilisent la propriété des bactéries à s'agglomérer entre elles pour former des flocons. Les procédés sans support sont plus instables et réagissent au moindre changement de l'environnement : température, pH, vitesse de recirculation. Ces procédés nécessitent des systèmes de contrôle très performant pour obtenir de bons résultats. Les procédés avec support acceptent plus facilement les variations mais offrent de moins grande capacité de charge. Dans le cas précis de la biométhanisation les procédés sans support peuvent accepter des charges allant jusque 100kg DCO (demande chimique en oxygène : c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder l'intégralité de la matière organique, cela représente la quantité totale de matière organique décomposable) par jour et par m<sup>3</sup> de digesteur alors que les procédés avec support sont limités à 40kg DCO par jour et par m<sup>3</sup> de digesteur.

Les procédés avec support ont tous les mêmes problèmes de contrôle de l'épaisseur du biofilm. Les bactéries ont toujours tendance à se multiplier ce qui augmente l'épaisseur du biofilm. Si cette épaisseur n'est pas correctement maîtrisée elle finit par être trop importante

ce qui réduit fortement l'accessibilité du substrat aux couches inférieures de bactéries et conduit au colmatage du support.

Les procédés à support utilisent des matériaux offrant une grande surface disponible pour l'accrochage par  $m^3$ . Ce rapport varie suivant les dispositifs de 100 à  $800m^2 /m^3$ . Toutefois la correspondance entre le nombre de  $m^2/m^3$  et la production de biogaz ou la digestion des substances par les bactéries n'est pas proportionnelle.

### Sommaire de l'invention

L'invention est relative à un appareil permettant de transformer certaines substances en les mettant en contact avec des bactéries. Les bactéries digérant ces substances pour rejeter d'autres substances. Ces bactéries étant fixées à un support sous la forme d'un biofilm. Plus spécifiquement cette invention a été développée pour transformer des déchets organiques sous forme liquide en biogaz.

La présente invention se rapporte à un digesteur anaérobie lavable avec biofilm fixe, également dénommé système FAD ("Flushed Anaerobic Digester with Fixed Biofilm") ou appareil pour le traitement d'un effluent.

Le terme « digesteur » telle qu'utilisé dans la présente invention se réfère à un appareil qui permet de produire du biogaz grâce à un procédé de fermentation de matières organiques. Le « biogaz » se rapporte à un gaz produit par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène. Le biogaz est composé principalement de méthane ( $CH_4$ ), par exemple entre 50 et 80%, et de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), par exemple entre 20 et 50%.

Le terme « biofilm » indique une communauté de micro-organismes --dans le cas présent de bactéries-- adhérant entre eux et à une surface.

Dans un premier aspect la présente invention se rapporte à un appareil pour le traitement d'un effluent (ou digesteur anaérobie lavable avec biofilm fixe, ou système FAD) comprenant au moins deux cuves reliées entre elles par le haut et/ou par le bas par une ou plusieurs liaisons (conduites de connexion) dans lequel au moins une des dites cuves comprend:

- une zone de stockage de gaz,
- une zone de traitement de l'effluent contenant un support fixe ou mobile pour l'accrochage des bactéries,
- une zone de stockage d'effluent (eau de lavage), et
- une zone de décantation.

L'appareil selon l'invention est caractérisé en ce que ladite zone de stockage de gaz est située au dessus de ladite zone de traitement de l'effluent. L'appareil selon l'invention est caractérisé en ce que ladite zone de stockage d'effluent est situé au dessus de la zone de traitement de l'effluent. L'appareil selon l'invention est caractérisé en ce que ladite zone de  
5 décantation est situé en dessous de la zone de traitement.

En plus, l'appareil selon l'invention est caractérisé en ce qu'une liaison est prévue entre les zones de stockage de gaz des dites cuves. L'appareil selon l'invention est aussi caractérisé en ce qu'une liaison est prévue entre les zones de décantation des dites cuves.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, l'appareil est caractérisé en ce qu'il  
10 comprend une vanne d'isolement située dans la liaison prévue entre les zones de décantation des dites cuves.

L'appareil selon l'invention est caractérisé en ce qu'il peut comporter une vanne de réglage, qui est de préférence située dans la liaison prévue entre les zones de décantation des dites cuves.

15 L'appareil pour le traitement d'un effluent comprend également une conduite ou liaison pour alimentation en effluent à l'appareil et une conduite ou liaison pour l'évacuation d'effluent, après épuration, de l'appareil, lesdites conduites étant fonctionnellement reliées aux dites cuves.

Dans un autre mode de réalisation, l'appareil comprend une conduite ou liaison pour  
20 l'évacuation (la décantation) de boue(s), ladite conduite étant fonctionnellement reliée au bas desdites cuves. L'appareil pour le traitement d'un effluent comprend également une conduite ou liaison pour l'évacuation du gaz, de préférence du biogaz, de l'appareil ladite conduite étant fonctionnellement reliée à au moins une des dites cuves, et de préférence ladite conduite étant fonctionnellement reliée au haut desdites cuves.

25 L'appareil selon l'invention est caractérisé en ce qu'il peut comprendre une pompe de recirculation. L'appareil selon l'invention est caractérisé en ce qu'il peut comprendre une pompe d'évacuation. L'appareil selon l'invention est caractérisé en ce qu'il peut comprendre au moins un échangeur de chaleur. De préférence, la pompe de recirculation et l'échangeur sont prévues sur une conduite qui relie fonctionnellement lesdites cuves. Dans une autre  
30 mode de réalisation, ladite pompe d'évacuation est prévue sur la conduite pour l'évacuation des boues.

La particularité du système FAD est de créer et maintenir un environnement optimal pour le développement et l'activité de bactéries anaérobies. Le système FAD est utilisable pour tous

procédés de traitement utilisant des bactéries anaérobies quelques soient leurs fonctions. Le système FAD a été développé pour la production de biogaz.

De nombreux procédés existent utilisant des supports, fixes ou mobiles, pour les bactéries. Les bactéries s'agglomèrent alors sous la forme d'un biofilm sur le support. Ces procédés ont en commun les problèmes de colmatage des supports et d'accessibilité du substrat aux bactéries, par la croissance non contrôlée du biofilm. Le système FAD donne la possibilité de parfaitement maîtriser l'épaisseur du biofilm.

Le système FAD se compose de minimum deux cuves qui peuvent être similaires ou pas. Ces cuves sont composées de plusieurs zones : une zone de stockage du gaz produit par les bactéries, une zone de stockage de l'effluent (eau de lavage), une zone contenant le support pour les bactéries, une zone de décantation. L'appareil et le procédé selon l'invention utilisent des pompes, des vannes et des échangeurs si le maintien à une température donnée est nécessaire.

Dans un autre aspect, l'invention se rapporte à un procédé de lavage d'un appareil pour le traitement d'un effluent selon l'invention comprenant la création périodique de contraintes hydrodynamiques dans l'appareil. Le procédé comprend les étapes suivantes :

- isoler les cuves par le bas permettant ainsi d'obtenir un volume d'effluent dans la zone de stockage de l'effluent dudit appareil,
- créer une différence de niveau d'effluent dans lesdites cuves, et
- libérer en quelques secondes ledit volume d'effluent.

Le terme « contraintes hydrodynamiques » tel qu'utilisé dans la présente demande se rapporte à la considération des forces intérieures qui naissent dans un fluide lorsqu'on lui applique une certaine vitesse ou une pression.

Le terme « isoler » les cuves par le bas est utilisé comme synonyme pour « fermer la liaison entre » les cuves par le bas.

Le terme « effluent » est utilisé pour désigner le liquide (par l'exemple une eau) chargé en matière organique biodégradable qui peut être traité dans un digesteur. Dans le cas de la biométhanisation l'effluent est principalement chargé en acide gras volatil. Ce sont ces acides gras volatils qui sont digérés par les bactéries pour former du biogaz. Quand les acides gras volatils présents dans l'effluent ont été consommés, on dit que l'effluent est épuré.

Le procédé est caractérisé en ce que la création périodique de contraintes hydrodynamiques est réglée en réglant le fonctionnement de ladite vanne d'isolement des cuves, et/ou ladite vanne de réglage, et/ou la pompe de recirculation.

Plus en particulier, selon l'invention, dans un mode de réalisation, des contraintes hydrodynamiques sont créées, de préférence de manière périodique :

- 5
- en opérant une vanne d'isolement des cuves, ladite vanne étant de préférence prévue sur la liaison reliant les cuves par les bas, et/ou
  - en opérant une vanne de réglage, ladite vanne étant de préférence prévue sur la liaison reliant les cuves par les bas, et/ou,
- 10
- en opérant une pompe de recirculation, ladite pompe étant de préférence prévue sur une liaison reliant les cuves par les haut.

La présente invention se rapporte donc à un procédé de lavage d'un appareil pour le traitement d'un effluent selon l'invention comprenant les étapes suivantes:

- 15
- obtenir un volume d'effluent dans la zone de stockage de l'effluent dudit appareil, en fermant une vanne d'isolement des cuves, ladite vanne étant prévue sur la liaison reliant les cuves par les bas afin de fermer la liaison entre lesdites cuves par le bas,
  - obtenir une différence de niveau d'effluent dans lesdites cuves, de préférence en activant une pompe de recirculation,
  - faire recirculer de l'effluent en libérant, de préférence en quelques secondes, ledit
- 20
- volume d'effluent, en ouvrant la vanne d'isolement des cuves jusqu'à obtention de l'équilibre des niveaux d'effluent dans les dites cuves.

Le procédé est caractérisé en ce que le sens de recirculation de l'effluent peut être inversé. Le terme « recirculer » ou « circuler » signifie que l'effluent circule en boucle entre les deux cuves, son sens de rotation pouvant être inversé.

- 25
- Le procédé est aussi caractérisé en ce que le dit procédé de lavage est répété périodiquement. Le terme « périodiquement » dans ce contexte se rapporte à une répétition du procédé par exemple un certain nombre de fois, par exemple allant de une fois à quelques dizaines de fois, pendant quelques minutes, et ce une fois par jour ou par semaine ou par mois.

- 30
- Tel qu'illustré à la figure 4 par exemple, le niveau de l'effluent dans la zone de stockage d'effluent peut varier entre un niveau maximal (Hmax) et un niveau minimal (Hmin) et  $\Delta H$ , correspondant à la différence entre le Hmax et Hmin, est la différence de niveau d'effluent

maximale qui peut être obtenue dans le présent procédé. La vitesse de l'effluent dans les cuves est déterminé par la différence de niveau entre Hmax et Hmin ainsi que la section de passage dans la vanne d'isolement et la vitesse d'ouverture de cette vanne.

5 Dans un mode de réalisation, le présent mode d'opération de l'appareil permet de créer périodiquement de fortes contraintes hydrodynamiques et lors de la période de lavage une vitesse du fluide (d'effluent) élevée, par exemple jusque 0.25 m/s, 1 m/s, 5 m/s ou même 10m/s. C'est pourquoi dans un autre mode de réalisation, la présente invention concerne un procédé dans lequel la vitesse de recirculation de l'effluent lors de la période de lavage est  
10 comprise entre 0.1m/s et 10m/s, et par exemple entre 0.25m/s et 10m/s, et par exemple entre 0.5m/s et 7m/s, ou entre 2.5 m/s et 5m/s. Par exemple de fortes contraintes hydrodynamiques sont obtenues quand le procédé permet d'obtenir une variation (différence) de niveau de l'effluent maximale ( $\Delta H$ ) dans la zone de stockage. La vitesse hors période de lavage est généralement de quelques millimètres par seconde.

15 Le procédé selon l'invention permet d'obtenir un débit de recirculation, hors période de lavage, de l'effluent qui est compris entre la moitié et le double du volume des deux cuves par heure.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé de lavage peut servir à l'augmentation de l'activité du biofilm. Dans ce cas la variation ( $\Delta H$ ) de niveau de l'effluent n'est de préférence pas maximale. Des variations de niveau, qui sont plus petites que la différence maximale  
20 ( $\Delta H$ ), dans ce contexte indiquent des variations de niveau qui résultent par exemple de l'ouverture de la vanne d'isolement, telles ouvertures provoquant des contraintes hydrodynamiques suffisantes pour accentuer l'accessibilité du substrat (effluent) aux bactéries des couches inférieures du biofilm, mais insuffisantes pour décrocher le biofilm. Ce mode de fonctionnement peut également être appliqué périodiquement. Le terme  
25 « périodiquement » dans ce contexte se rapporte à une répétition du procédé par exemple toutes les x minutes, x étant compris entre 0.1 et 60 minutes et par exemple entre 1 et 30 minutes ou entre 5 et 45 minutes.

30 La présente invention se rapporte également à l'utilisation de la zone de stockage de l'effluent comme réservoir pour le lavage du biofilm prévu sur le support de l'appareil selon la présente invention.

L'importance des contraintes hydrodynamiques prévues selon l'invention dans le processus de digestion est très grande car elles permettent une meilleure homogénéité de l'effluent à traiter et une meilleure accessibilité du substrat (effluent) aux bactéries. Dans le présent cas



ou l'on utilise un appareil avec support elles permettent aussi de maîtriser l'épaisseur du biofilm.

Dans un autre aspect, l'invention se rapporte à un procédé de traitement d'un effluent, de préférence à un procédé de traitement utilisant des bactéries anaérobies, et par exemple à  
5 un procédé de transformation de déchets organique sous forme liquide en gaz, de préférence en biogaz (et donc à un procédé pour la production de biogaz), utilisant un appareil selon l'invention.

### **Brève description des dessins**

10 Les **figures 1, 2 et 3** sont des représentations générales des différentes configurations possibles (ceci est non exhaustif).

Le principe général est un moyen peu énergivore de laver un biofilm, c'est-à-dire de décrocher la partie non désirée d'un biofilm, par l'utilisation de deux ou plusieurs cuves 1, 2 interconnectées dans lesquelles on crée progressivement des différences de niveau qui vont  
15 provoquer de fortes contraintes hydrodynamiques lors de l'ouverture de la vanne d'isolement 5 qui permet l'égalisation des niveaux.

La **figure 4** est la représentation d'un cas concret utilisé pour la biométhanisation.

### **Description de l'invention**

20 Le sujet de cette invention est un appareil utilisant des supports pour l'accrochage des bactéries. Cet appareil permet de maintenir un environnement optimal pour la croissance et le développement contrôlé des bactéries. Cet appareil constitue un environnement fermé permettant de traiter des effluents (liquides) contenant des substances qui seront digérées par les bactéries. L'utilisation de cet appareil dans le cas de la biométhanisation permet de  
25 traiter des effluents chargés de matières organiques putrescibles dans le but d'épurer l'effluent et de produire du biogaz. A la sortie de cet appareil on obtient du biogaz, un effluent épuré et des boues de bactéries.

Ce digesteur est constitué d'au moins deux cuves, similaires ou pas, de pompes, de vannes, d'échangeur de chaleur si nécessaire et de système de mesure divers. Les cuves sont  
30 reliées entres elles par le haut et le bas. Une vanne permet d'ouvrir ou de fermer la liaison du bas des cuves. Au moins une des cuves est constituée des quatre zones représentées sur les figures.

Le principe de fonctionnement, hors phase de démarrage, est de périodiquement isoler les cuves 1, 2, par le bas via la vanne d'isolement 5, de créer une différence de niveau par la

5 pompe de recirculation 7, puis d'ouvrir cette vanne 5 jusqu'à obtention de l'équilibre des niveaux de liquide. Ce principe permet de créer périodiquement de fortes contraintes hydrodynamiques et une vitesse de l'effluent élevée, par exemple jusque 0.25 m/s, 1 m/s, 5 m/s ou même jusque 10m/s lors du lavage. Ce système est différent des autres procédés à plusieurs cuves ou une cuve compartimentée par l'utilisation de la zone de stockage de l'effluent de lavage (b) comme réservoir pour le lavage du biofilm.

10 Les cuves sont divisées en quatre zones sur la hauteur de la cuve 1, 2. Une zone de stockage du gaz produit (a), utile dans le cas de la biométhanisation, une zone de stockage de l'effluent de lavage (b), une zone de traitement de l'effluent (c), c'est-à-dire une zone où se situe le support pour les bactéries, et une zone de décantation des boues (d). Tous les procédés connus requièrent au minimum deux de ces zones : la zone de stockage du gaz et celle de traitement de l'effluent. La plus part des procédés ont aussi une zone de décantation des boues. La particularité de cette invention réside dans l'utilisation de la zone de stockage de l'effluent au dessus de la zone de traitement.

15

#### Description des quatre zones :

##### a) Zone de stockage:

20 Cette zone sert à stocker le gaz produit avant qu'il ne soit envoyé par une conduite 12 vers un système d'épuration du gaz si nécessaire puis vers un stockage plus conséquent ou directement utilisé pour alimenter un moteur ou une chaudière ou tout autre appareil fonctionnant au gaz. Ceci est valable pour le cas de la biométhanisation. Les zones de stockages (a) des différentes cuves 1, 2 sont interconnectées entre elles par une conduite de connexion 4 afin d'assurer l'équilibre des pressions.

##### 25 b) Zone de stockage de l'effluent de lavage :

30 Cette zone sert à stocker progressivement l'effluent à traiter dans une ou plusieurs des cuves, et ce en vidant progressivement une ou plusieurs autres cuves. Pour cela la vanne d'isolement 5 du bas des cuves est en position fermée. Par conséquent on crée une différence de niveau entre les différentes cuves 1, 2. C'est cette différence de niveau qui lors de l'ouverture de la vanne d'isolement 5 du bas va provoquer de fortes contraintes hydrodynamiques en tendant vers l'égalisation des niveaux entre cuves 1, 2. Grâce à cette nouveauté l'appareil permet de moduler la vitesse de recirculation entre 0.1m/s et 10m/s, et par exemple entre 1m/s et 7m/s, ou entre 2.5m/s et 5m/s, ainsi que la fréquence de la recirculation qui ne se fait plus uniquement en continu mais peut aussi se faire par batch, ou  
35 un combiné des deux modes : par exemple continu pendant x minutes puis par batch puis de

nouveau en continu, et de préférence toutes les un à cinq minutes dans le cas de la biométhanisation.

L'importance de la vitesse maximale de recirculation possible est ce qui différencie fondamentalement cette invention des autres procédés de digesteur avec support et recirculation. Ce mode de fonctionnement permet une grande marche de réglage et peut s'adapter aux différentes phases de vie d'un digesteur : démarrage, croissance du biofilm jusqu'à sa valeur nominale, fonctionnement normale.

Le débit de la pompe de recirculation 7, la fréquence d'ouverture de la vanne d'isolement 5 et la vanne de réglage du débit 6 permettent de s'adapter à tous types de bactéries et par là à tous processus de digestion par des micro-organismes. En biométhanisation le débit de recirculation est de préférence situé entre la moitié et le double du volume des deux cuves par heure. Par exemple pour deux cuves identiques ayant un volume de 5m<sup>3</sup> chacune, la vitesse de recirculation sera comprise entre 5m<sup>3</sup>/h et 20m<sup>3</sup>/h.

Des vannes permettent d'inverser le cycle entre les différentes cuves ce qui à pour effet d'inverser le sens de la recirculation de l'effluent. Cette inversion favorise le phénomène de décrochement du biofilm et donc facilite la maîtrise de l'épaisseur du biofilm.

#### c) Zone de traitement :

Cette zone contient le support 10 pour l'accrochage des bactéries, c'est donc principalement dans cette zone que l'effluent sera traité par digestion. Le support peut être soit fixe soit mobile.

Quelque soit le cas la caractéristique principale du support est d'offrir le maximum de surface d'accrochage disponible par m<sup>2</sup>.

Les supports mobiles peuvent être soit en matière plastique (PVC ou autre) soit minéraux, de taille allant de quelques millimètres à quelques centimètres. En générale ils se présentent sous la forme de boules creuses avec un maximum d'ailettes offrant de grande surface disponible.

Les supports fixes sont soit non orientés soit orientés. Ils peuvent être en matière plastique (PVC ou autre) soit minéraux soit en bois. Le système utilise préférentiellement des supports orientés verticalement en matière plastique.

d) Zone de décantation :

Cette zone permet aux bactéries non accrochées, qui se retrouvent sous forme de boue, de décanter avant d'être évacuée par un conduit d'évacuation 11 vers un bassin ou elles seront traitées. Cette zone est vidée périodiquement par une pompe 9.

5

Quelques avantages du procédé par rapport aux autres procédés incluent :

- Les fortes contraintes hydrodynamiques améliorent l'accessibilité du substrat (effluent) aux bactéries et par là augmentent, la capacité de traitement du digesteur. Dans un mode de réalisation préféré de l'invention le présent appareil et procédé permettent d'augmenter la capacité de traitement du digesteur avec plus de 20%, et de préférence plus de 30%, plus de 40%, jusqu'à plus de 50%, comparé à un digesteur de l'art antérieur.
- Ces contraintes permettent de maîtriser l'épaisseur du biofilm. De préférence l'épaisseur d'un biofilm varie entre 0.5 et 2 mm dans le cas de la biométhanisation
- 10 - Ces contraintes favorisent le dégazage.
- Le fait que ces contraintes soient périodiques et par là que la vitesse de recirculation soit discontinue favorise le phénomène de décantation et permet une meilleure gestion des boues.

15

Ces avantages donnent à cette invention un plus considérable par rapport aux dernières inventions sur le sujet qui donnent des solutions pour le décolmatage mais rien pour le dégazage et l'accessibilité du substrat aux bactéries.

20

#### Exemple : description du schéma (Fig. 4)

La numérotation utilisée dans les figures 1 à 4 correspond aux éléments suivants :

25

- (a) Zone de stockage du gaz
- (b) Zone de stockage de l'effluent
- (c) Zone de traitement
- (d) Zone de décantation
- (1) cuve n°1

30

- (2) cuve n°2
- (3) conduite de connexion ou liaison des cuves du bas
- (4) conduite de connexion ou liaison des cuves du haut
- (5) vanne d'isolement des cuves
- (6) vanne de réglage du débit

35

- (7) pompe de recirculation

(8) échangeur

(9) pompe d'évacuation des boues

(10) support pour l'accrochage des bactéries

(11) Conduite ou liaison pour l'évacuation des boues

5 (12) Conduite ou liaison pour l'évacuation du biogaz

(13) Conduite ou liaison pour l'évacuation d'effluent. Cette conduite est le trop plein des cuves, c'est par cette conduite que l'effluent sort des cuves après épuration.

(14) Conduite ou liaison pour l'effluent: Cette conduite est la conduite d'alimentation des cuves en effluent frais (non encore épuré). Cet effluent va être épuré dans les cuves

10 avant de ressortir épuré par la conduite 13.

(15) sens de circulation ou de recirculation du liquide dans les cuves

La **figure 4** représente une installation de base, d'autres configurations sont possibles en gardant le même principe d'isolement par le bas et de mise en déséquilibre des niveaux des cuves via une pompe de recirculation puis lavage par l'ouverture d'une ou plusieurs vannes d'isolement.

- La première cuve 1 contient les quatre zones spécifiques au FAD. Elle est isolée thermiquement si la température doit être maintenue à une certaine valeur. Son volume total est fonction de la quantité d'effluent à traiter et du pourcentage d'épuration voulu.
- 20 - La seconde cuve 2 peut être similaire à la première ou pas, d'autres cuves peuvent être reliées à la première et/ou à la seconde.
- La conduite de connexion des cuves du bas 3 a un diamètre suffisant pour permettre une vitesse de recirculation optimum lors de l'ouverture de la vanne d'isolement. De préférence la vitesse de recirculation est comprise entre 100 mm/s et 1 m/sec, par exemple pour la biométhanisation.
- 25 - La conduite de connexion des cuves du haut 4 a un diamètre suffisant pour permettre l'équilibre des pressions de gaz lors des variations de niveaux des cuves 1, 2, elle sert au si de trop plein d'une cuve vers l'autre.
- La vanne d'isolement 5 permet d'isoler les cuves pour permettre leur mise en déséquilibre de niveaux. C'est la vanne d'isolement 5 qui en s'ouvrant va créer les contraintes hydrodynamique. C'est une vanne ON/OFF ou proportionnelle.
- 30 - La vanne de réglage du débit 6 permet d'ajuster le débit et par là la vitesse de recirculation.
- La pompe de recirculation 7 permet la recirculation du liquide en passant d'une cuve à une autre, elle permet aussi de créer un déséquilibre de niveaux entre les cuves 1, 2.
- 35 - Les échangeurs 8 permettent de maintenir le liquide à une température donnée.

- La pompe d'évacuation 9 des boues permet de vidanger les cuves 1, 2 périodiquement et d'en évacuer les boues décantées par une conduite d'évacuation 11.
- Le support 10 pour l'accrochage des bactéries peut être fixe ou mobile. S'il est fixe il peut être orienté ou pas, fait de matières plastiques ou de bois. S'il est mobile, soit de type bioball soit de type bille ou micro-bille faites de matières plastiques ou de type sable ou autres particules. Le support doit présenter le maximum de surface d'accrochage en  $m^2/m^3$ . Les support de type fixe orienté en matière plastiques PVC présentant des rapports de  $200m^2/m^3$  ou plus sont particulièrement bien adapté au système FAD pour la biométhanisation.

10

Tel qu'illustré à la figure 4, le niveau de l'effluent dans la zone de stockage d'effluent peut varier entre un niveau maximale ( $H_{max}$ ) et un niveau minimal ( $H_{min}$ ). Le niveau moyen ( $H_{moyen}$ ) est situé entre le niveau maximal ( $H_{max}$ ) et le niveau minimal ( $H_{min}$ ). Le niveau moyen ( $H_{moyen}$ ) est le niveau du liquide lorsque la vanne d'isolement 5 est ouverte et que le système a atteint l'équilibre des niveaux. Le niveau maximale ( $H_{max}$ ) est le niveau maximale auquel l'effluent peut arriver lorsque la vanne d'isolement 5 est fermée et que la pompe de recirculation 7 crée le déséquilibre hydraulique entre les cuves 1, 2. Le niveau minimale ( $H_{min}$ ) est le niveau minimale auquel l'effluent peut arriver lorsque la vanne d'isolement 5 est fermée et que la pompe de recirculation 7 crée le déséquilibre hydraulique entre les cuves 1, 2. Quand les cuves 1, 2 sont identiques la différence de niveau entre  $H_{max}$  et  $H_{moyen}$  est identique à la différence de niveau entre  $H_{moyen}$  et  $H_{min}$ .

20

**Revendications****Changements acceptés**

- 5 1. Appareil pour le traitement d'un effluent comprenant au moins deux cuves (1, 2) reliées entres elles par le haut et par le bas par une ou plusieurs liaisons (3, 4) dans lequel une liaison (4) est prévue entre les zones de stockage de gaz des dites cuves (1, 2), dans lequel au moins une des dites cuves comprend:
- une zone de stockage de gaz (a),
  - une zone de traitement (c) de l'effluent contenant un support (10) fixe ou
  - 10 - une zone de stockage d'un effluent (b), et
  - une zone de décantation (d),
- l'appareil étant caractérisé
- en ce qu'une liaison (3) est prévue entre les zones de décantation des
  - 15 dites cuves (1, 2), ladite liaison étant pourvue d'une vanne d'isolement (5) et d'une vanne de réglage (6) ; et
  - en ce que l'appareil comprend une pompe de recirculation (7), ladite pompe étant prévue sur une conduite qui relie fonctionnellement lesdites
  - 20 cuves.
2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'appareil comprend des vannes permettant d'inverser le sens de la recirculation de l'effluent.
3. Appareil selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite zone de stockage de gaz (a) est située au dessus de ladite zone de traitement de l'effluent (c).
- 25 4. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend une conduite pour l'évacuation de boues (11), ladite conduite (11) étant fonctionnellement reliée au bas desdites cuves (1,2) et une conduite pour l'évacuation du gaz (12) de l'appareil, ladite conduite (12) étant fonctionnellement reliée au haut desdites cuves (1, 2).
- 30 5. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'appareil comprend une pompe d'évacuation (9) et/ou au moins un échangeur de chaleur (8).

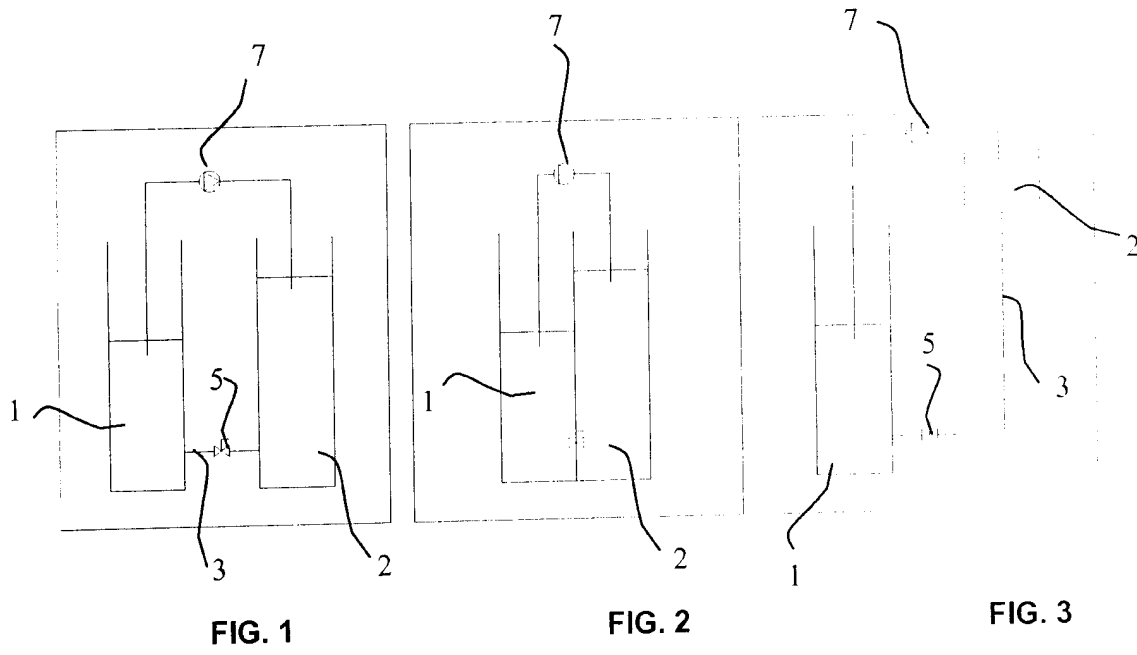
6. Procédé de lavage d'un appareil pour le traitement d'un effluent selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant la création périodique de contraintes hydrodynamiques selon les étapes suivantes :
- 5 - fermer la liaison des cuves par le bas, en fermant une vanne d'isolement des cuves (5), ladite vanne étant prévue sur la liaison (3) reliant les cuves par les bas afin de fermer la liaison entre lesdites cuves par le bas permettant ainsi d'obtenir un volume d'effluent dans la zone de stockage de l'effluent (b) dudit appareil,
  - 10 - créer une différence de niveau d'effluent dans lesdites cuves (1, 2) en activant une pompe de recirculation (7), ladite pompe étant prévue sur une conduite qui relie fonctionnellement lesdites cuves, et
  - libérer en quelques secondes ledit volume d'effluent en ouvrant la vanne d'isolement des cuves (5) jusqu'à obtention de l'équilibre des niveaux d'effluent dans les dites cuves (1, 2).
- 15 7. Procédé selon la revendication 6 comprenant les étapes suivantes :
- obtenir un volume d'effluent maximal ( $H_{max}$ ) dans la zone de stockage de l'effluent d'une des cuves dudit appareil, et un volume d'effluent minimal ( $H_{min}$ ) dans la zone de stockage de l'effluent de l'autre cuve dudit appareil en fermant une vanne d'isolement des cuves (5), ladite vanne étant prévue sur la liaison (3) reliant les cuves (1,2) par les bas afin de fermer la liaison entre lesdites cuves par le bas,
  - 20 - obtenir une différence de niveau d'effluent maximale ( $\Delta H$ ) dans lesdites cuves (1, 2) en activant une pompe de recirculation (7),
  - 25 - faire recirculer de l'effluent en ouvrant la vanne d'isolement (5) des cuves jusqu'à obtention de l'équilibre des niveaux d'effluent ( $H_{moyen}$ ) dans les dites cuves.
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, dans lequel le sens (15) de recirculation de l'effluent peut être inversé.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans lequel le procédé de lavage est répété périodiquement.
- 30 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, comprenant la détermination de la vitesse de l'effluent dans les cuves par ladite différence de niveau, par la section de passage dans la vanne d'isolement (5) et par la vitesse d'ouverture de ladite vanne d'isolement.



15

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans lequel la vitesse de recirculation de l'effluent lors de la période de lavage est comprise entre 0.1m/s et 10m/s.
- 5 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, dans lequel le débit de recirculation de l'effluent est compris entre la moitié et le double du volume des deux cuves par heure.
- 10 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, comprenant l'étape de créer des variations de niveau d'effluent, qui sont plus petites que la différence de niveau d'effluent maximale ( $\Delta H$ ) en ouvrant, de préférence périodiquement, ladite vanne d'isolement (5).
- 15 14. Procédé de traitement d'un effluent, de préférence un procédé de traitement utilisant des bactéries anaérobies, et par exemple un procédé de transformation de déchets organique sous forme liquide en gaz, utilisant un appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

15



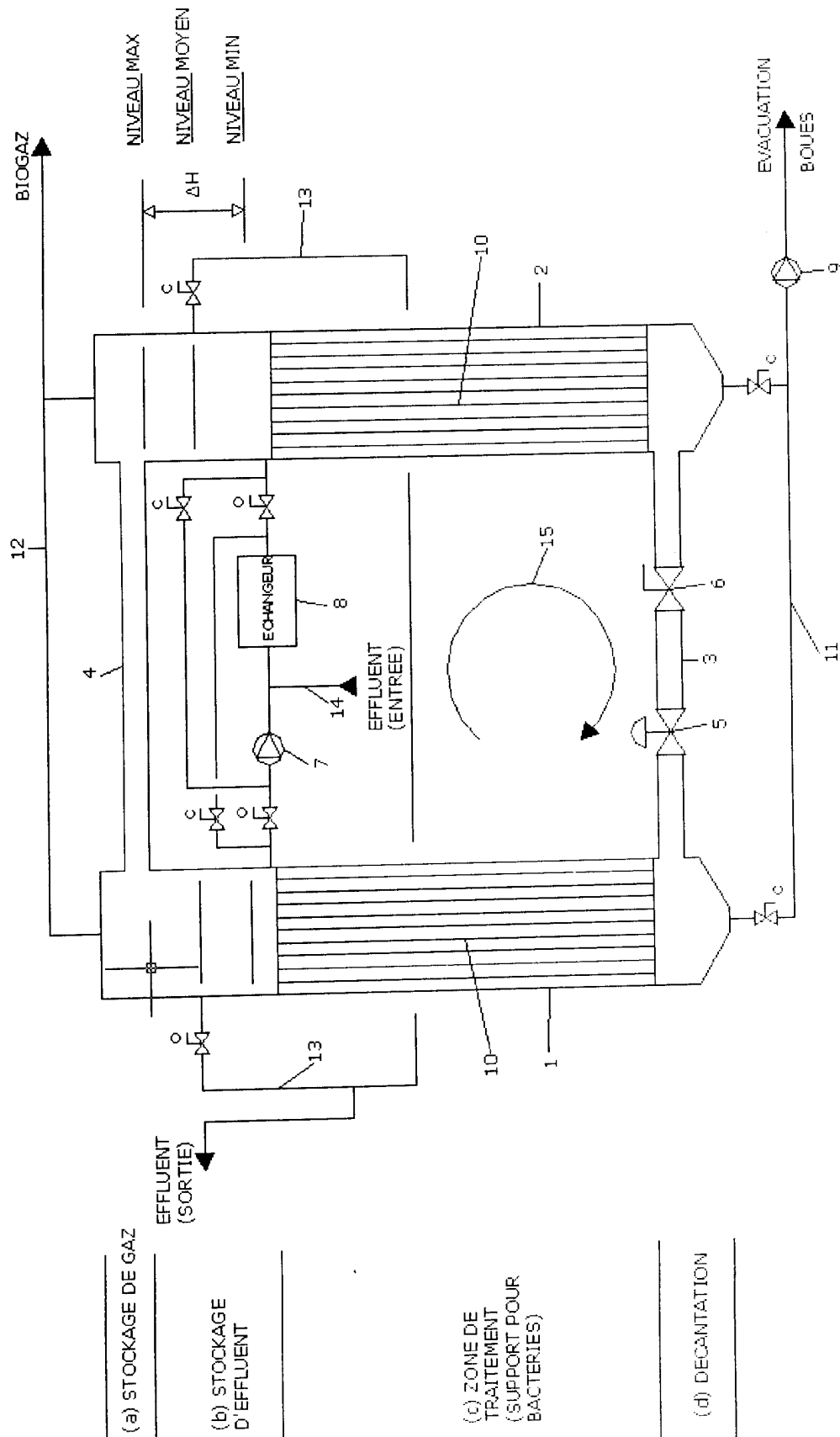


FIG. 4