(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 038 532***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **15 56455**

(51) Int Cl[8] : ***B 09 B 3/00*** *(2017.01), C 12 M 1/107, 1/18*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 08.07.15.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 13.01.17 Bulletin 17/02.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *PASTRE FREDERIC* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** PASTRE GABRIEL et PASTRE FREDERIC.

(73) **Titulaire(s) :** PASTRE FREDERIC.

(74) **Mandataire(s) :** IXAS CONSEIL.

(54) INSTALLATION ET PROCEDE DE TRAITEMENT SEQUENTIEL DE DECHETS CONTENANT DES MATIERES ORGANIQUES, EN VUE DE LEUR VALORISATION ENERGETIQUE.

(57) L'installation comprend plusieurs compartiments dont le volume est supérieur à 1.000 mètres cube, des moyens de séparation étanche entre ces compartiments, lesquels peuvent être recouverts par une couverture étanche. Chaque compartiment inclut des moyens de captage de la fraction gazeuse, provenant de la décomposition des déchets, ainsi que des moyens de circulation de la fraction liquide présente depuis une zone d'accumulation vers le haut du massif de déchets traité.

Le procédé de traitement des déchets associé à l'installation comprend, pour chaque compartiment, un cycle individuel commençant par la phase de remplissage, suivie de la phase de digestion anaérobie (avec captage des biogaz produits pour valorisation) puis s'achevant par la phase d'évacuation du reliquat de déchets, permettant un nouveau cycle de traitement dans le compartiment concerné. L'ensemble est piloté selon une séquence constituée des cycles des différents compartiments, démarrant successivement avec un décalage entre eux, calculé selon différents paramètres clés.

L'installation combine l'ensemble des conditions favorables à la méthanogénèse et au captage intégral des biogaz, et vise une digestion de 90% de la fraction fermentescible des déchets. L'installation constitue un compromis entre la capacité des décharges et l'efficacité de la digestion anaérobie des méthaniseurs. Elle présente l'avantage de produire en fin de traitement un reliquat aisément évacuable des compartiments, lequel présente les caractéristiques requises (granulométrie et siccité ciblées, pouvoir calorifique élevé) pour une valorisation thermique efficiente et rentable.

FR 3 038 532 - A1

INSTALLATION ET PROCEDE DE TRAITEMENT SEQUENTIEL DE DECHETS CONTENANT DES MATIERES ORGANIQUES, EN VUE DE LEUR VALORISATION ENERGETIQUE

Domaine technique de l'invention

L'invention concerne une installation de traitement de déchets, ainsi qu'un procédé de mise en œuvre de cette installation.

L'invention vise le traitement et la valorisation énergétique de tout déchet solide, non toxique et contenant des matières organiques. La principale source de tels déchets est la collecte des ordures ménagères et des déchets dits végétaux ou verts, générés par l'agriculture ou l'entretien des parcs et jardins.

Etat de la technique

Pour réduire le volume des déchets dits ultimes, à savoir ceux autorisés à partir en décharge, la réglementation européenne et, par extension, les lois nationales des pays membres de l'Union Européenne, stipulent que la fraction organique de ces déchets solides doit, préalablement à tout enfouissement, être traitée et réduite :

- soit par digestion bactérienne aérobie, dans le cadre d'une filière de compostage ;
- soit par digestion bactérienne anaérobie, dans le cadre d'une filière de méthanisation ;
- ou par une combinaison de ces deux modes de traitement.

Ces deux types de traitement génèrent des sous-produits valorisables, qui sont respectivement du compost (filière de compostage) et du biogaz riche en méthane (filière de méthanisation).

Toutefois, ces deux sous-produits valorisables ne sont pas d'intérêt équivalent. En effet, le compostage présente une valeur ajoutée très faible, car le compost n'a pratiquement aucune valeur marchande, sauf dans les pays ne disposant pas de terres agricoles de qualité.

La méthanisation permet en revanche une valorisation significative des déchets organiques, car elle permet de produire du biogaz. Ce dernier constitue une énergie renouvelable, dont le potentiel énergétique est élevé puisqu'il contient une fraction substantielle de méthane, et dont le bilan carbone est très favorable.

En résumé, dans le cadre des réglementations en vigueur en Europe, le traitement de la fraction organique des déchets, appelée fraction fermentescible, s'oriente principalement

vers la valorisation énergétique. En effet, cette dernière présente un bilan beaucoup plus attractif sur le plan économique, tout en étant équivalent sur le plan environnemental, par comparaison avec la filière de compostage.

Il existe actuellement deux principales filières de valorisation énergétique des déchets, d'une part de méthanogénèse et d'autre part d'incinération, dont chacune présente des bilans contrastés.

D'une part, la filière de méthanogénèse utilise le biogaz ainsi produit comme carburant dans des génératrices électriques fonctionnant au gaz, ou bien injecte ce biogaz dans des réseaux existants de distribution de gaz de ville. Ce type de valorisation ne peut toutefois traiter que la partie fermentescible des déchets à valoriser. Les autres fractions, qui ne peuvent être méthanisées, dans le méthaniseur ou la décharge où s'effectue un captage de biogaz, restent non traitées. Aussi, dans le cadre des techniques employées actuellement, la valorisation thermique de ces déchets ultimes n'est pas réalisable, car elle est complexe techniquement et donc trop couteuse pour être économiquement viable.

La méthanogénèse se produit naturellement dans les décharges d'ordures ménagères, mais sur des durées très longues (jusqu'à 20 ans). De plus, cette solution implique un investissement considérable pour capter le biogaz ainsi produit, et entraine des contraintes opérationnelles importantes, ce qui la rend économiquement viable uniquement pour les très gros volumes de déchets traités (plus d'un million de tonnes de déchets stockés). La méthanogénèse est mieux mise en œuvre dans un méthaniseur, qui est un réacteur de taille restreinte équipé de moyens de brassage des déchets. Le temps de traitement est relativement faible, mais le méthaniseur nécessite, pour être efficace, une séparation préalable de la fraction organique, qui est très complexe et couteuse, ce qui porte le prix de revient de la méthanisation des déchets solides à des niveaux économiquement prohibitifs.

D'autre part, la filière d'incinération utilise la chaleur produite dans des dispositifs divers, tels notamment des turbines à vapeur ou des réseaux de chaleur. Cette valorisation est cependant efficace uniquement sur la partie sèche des déchets à valoriser, telle que les matières fibreuses ou plastiques. On ne valorise en revanche pas le potentiel méthanogène de la fraction fermentescible humide, laquelle dégrade fortement le rendement de la valorisation thermique de la fraction sèche et rend l'exploitation des incinérateurs très complexe.

Cette dichotomie des traitements, entre la fraction fermentescible humide et la fraction sèche à fort pouvoir calorifique, engendre une inefficacité globale de la valorisation énergétique des déchets telle qu'elle est pratiquée actuellement.

Afin d'illustrer les limites de l'art antérieur, on peut citer EP 1 767 500 qui a pour objet une installation de fermentation sèche Cette dernière comprend plusieurs compartiments de réception des déchets à traiter, lesquels peuvent être recouverts sélectivement au moyen d'une membrane étanche. La solution technique décrite dans ce document n'assure cependant pas un traitement optimal de tous les types de déchets, en particulier de la fraction fermentescible humide de ces derniers.

Compte tenu de ce qui précède, un objectif de la présente invention est de remédier, au moins partiellement, aux inconvénients de l'art antérieur évoqués ci-dessus.

Un autre objectif de l'invention est de proposer une installation et un procédé qui permet un traitement efficace à la fois de la fraction fermentescible humide et de la fraction non fermentescible sèche des déchets.

Un autre objectif de l'invention est de proposer un tel procédé, qui est relativement simple à piloter et qui autorise un temps de traitement raisonnable.

Un autre objectif de l'invention est de proposer une telle installation, qui présente une structure relativement simple et implique des frais de fonctionnement relativement peu élevés.

Un autre objectif de l'invention est de proposer une telle installation, qui autorise un remplissage et un vidage commodes des déchets en vue de leur valorisation ultime.

Objets de l'invention

Selon l'invention, les objectifs ci-dessus sont atteints au moyen d'une installation de traitement de déchets solides contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour produire du biogaz et récupérer le biogaz produit, cette installation comprenant au moins deux compartiments, le volume de chaque compartiment étant supérieur à 1000 (mille) mètres cube, ainsi que des moyens de séparation entre ces compartiments, étanches à la fois aux gaz et aux liquides, chaque compartiment comportant :

- un volume intérieur de réception des déchets à traiter, présentant une ouverture d'admission des déchets ;
- des parois périphériques bordant ce volume intérieur ;

l'installation comprenant en outre au moins une couverture étanche à la fois aux gaz et aux liquides, propre à recouvrir au moins un compartiment ;

caractérisée en ce que cette installation comprend des moyens de captage d'une fraction gazeuse, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, en ce que chaque compartiment définit une zone d'accumulation d'une fraction liquide, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, et en ce que l'installation comprend des

moyens de circulation propres à faire circuler cette fraction liquide depuis la zone d'accumulation vers le volume intérieur de réception.

Selon d'autres caractéristiques de l'installation de l'invention, prises isolément ou selon toute combinaison mutuelle, techniquement compatible :

- le volume de chaque compartiment est supérieur à 2000 (deux mille) mètres cube, en particulier supérieur à 8000 (huit mille) mètres cube, de manière préférée supérieur à 12000 (douze mille) mètres cube.
- le volume de chaque compartiment est inférieur à 50000 (cinquante mille) mètres cube, en particulier inférieur à 40000 (quarante mille) mètres cube, de manière préférée inférieur à 25000 (vingt-cinq mille) mètres cube.
- l'installation comprend au minimum trois (3) compartiments, en particulier au minimum quatre (4) compartiments.
- l'installation comprend au maximum seize (16) compartiments, en particulier au maximum douze (12) compartiments, de manière préférée au maximum huit (8) compartiments
- la zone d'accumulation de la fraction liquide est une zone d'accumulation par gravité.
- la zone d'accumulation par gravité est délimitée par un fond de l'installation, incliné par rapport à l'horizontale.
- les moyens de circulation sont propres à faire circuler cette fraction liquide depuis la zone d'accumulation vers la partie supérieure du volume intérieur de réception.
- les moyens de circulation comprennent, pour chaque compartiment, des moyens de pompage, situés au voisinage de la zone d'accumulation, des moyens de transfert ainsi que des moyens de distribution dans le volume intérieur de réception.
- les moyens de captage des comprennent, pour chaque compartiment, au moins un ensemble tubulaire de captage, lequel est placé dans le volume intérieur de réception, ainsi qu'un collecteur mis en communication avec chaque ensemble tubulaire de captage.
- l'installation comprend un espace fonctionnel commun, prévu au voisinage de l'ensemble des compartiments.
- l'espace fonctionnel commun est central et les compartiments s'étendent à la périphérie de cet espace fonctionnel, lequel définit une partie des parois périphériques de tous les compartiments.
- les moyens de séparation comprennent des parois de séparation s'étendant radialement à partir de l'espace fonctionnel commun central.

- les moyens de transfert de la fraction liquide comprennent des moyens de contrôle d'au moins un paramètre de la fraction liquide présente dans chaque compartiment.
- les moyens de transfert de la fraction liquide s'étendent pour partie à l'extérieur du compartiment, en particulier dans l'espace fonctionnel commun .
- il est prévu un collecteur de la fraction gazeuse qui est commun à plusieurs compartiments et qui s'étend pour partie à l'extérieur du compartiment, en particulier dans l'espace fonctionnel commun.
- le nombre minimal (N) de compartiments de l'installation est déterminé par la formule suivante :

$$N = T*X/(V*d_{entrant}), \text{ où}$$

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage (exprimé en nombre de périodes de référence) ;

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen des compartiments de l'installation ;

$d_{entrant}$ est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation.

L'invention a également pour objet un procédé de mise en œuvre d'une installation de traitement de déchets contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour produire du biogaz et récupérer le biogaz produit, telle que ci-dessus, ce procédé comprenant, pour chaque compartiment, les étapes suivantes :

- on remplit le volume intérieur du compartiment avec les déchets à traiter, de façon à former un massif de déchets ;
- on dispose la couverture, étanche à la fois aux gaz et aux liquides, au-dessus du massif de déchets, de manière à rendre sensiblement étanche le volume intérieur ;
- on réalise une digestion anaérobie au moins partielle de la part fermentescible des déchets de manière à produire une fraction gazeuse ainsi qu'une fraction liquide ;
- pendant au moins une partie de l'étape de digestion anaérobie, on extrait au moins une partie de la fraction liquide hors de la zone d'accumulation et on introduit au moins une partie de la fraction liquide ainsi extraite dans le massif de déchets ;
- au terme de l'étape de digestion, on évacue le résidu du massif de déchets hors du volume intérieur.

Selon d'autres caractéristiques du procédé de l'invention, prises isolément ou selon toute combinaison mutuelle, techniquement compatible :

- les débuts de chaque étape de digestion anaérobie, dans les différents compartiments, sont décalés les uns par rapport aux autres selon un temps de décalage (Δt), de manière à répartir dans le temps la production de biogaz.
- le temps de décalage (Δt) est calculé selon la formule suivante : $\Delta t = \inf((V*d_{entrant})/X; T/N)$, où

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen du volume intérieur de réception des déchets des compartiments de l'installation ;

$d_{entrant}$ est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation ;

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage (exprimé en nombre de périodes de référence) ;

N est le nombre de compartiments constituant l'installation.

- on élimine au moins une partie de cette fraction extraite.
- on analyse la fraction liquide extraite, de manière à accéder à au moins un paramètre de cette fraction liquide, et on élimine au moins une partie de cette fraction extraite dans le cas où elle présente au moins un paramètre dont la valeur analysée est en dehors d'une plage de consigne.
- on pilote l'étape de digestion anaérobie, de manière à atteindre un taux prédéterminé de digestion de la fraction organique dégradable, initialement présente dans le massif de déchets, ce taux étant compris entre 50 et 95%, de préférence entre 70 et 90%.
- en vue de piloter l'étape de digestion anaérobie, on extrait la fraction gazeuse produite dans chaque compartiment et on mesure en temps réel le taux de méthane contenu dans cette fraction gazeuse.
- la courbe tracée par les relevés (en m^3/h de méthane capté) permet de piloter l'installation, par comparaison avec la courbe théorique de méthanogénèse, établie sur la base du volume et de la composition des déchets entrés dans le compartiment :
    - la juxtaposition des courbes indique comment les conditions de digestion anaérobie dans le compartiment se situent par rapport à l'optimum théorique et de procéder aux actions correctives si nécessaire ;
    - le rapport des surfaces entre l'aire de la courbe tracée par les relevés et celle de la courbe théorique indique le taux de digestion anaérobie réalisé. Lorsque

l'objectif fixé est atteint, on peut interrompre la recirculation de la fraction liquide et commencer la phase de séchage du reliquat de déchets.

- la durée de l'étape de digestion anaérobie est comprise entre 12 et 72 mois, notamment entre 30 et 60 mois.
- on réalise l'étape de digestion anaérobie, de manière à décomposer au moins 70%, de préférence au moins 90%, de la fraction organique dégradable du massif de déchets.
- on introduit au moins une partie de la fraction liquide extraite dans le massif de déchets, de manière à maintenir l'humidité relative de ce massif de déchets à une valeur comprise entre 20% et 70%, de préférence entre 40% et 60%.
- on envoie au moins une partie du biogaz généré vers un dispositif de production d'énergie, notamment d'énergie mécanique, tel un moteur ou une turbine.
- avant de vider le résidu, on réalise une étape de séchage du massif des déchets, de manière à abaisser l'humidité relative de ce massif de déchets au-dessous de 20%, de préférence au-dessous de 10%.
- on obtient un résidu sec au terme de l'étape de séchage et on valorise thermiquement au moins une partie de ce résidu, notamment dans une chaudière à combustible solide ou autre dispositif de combustion.

L'invention a enfin pour objet un procédé de dimensionnement d'une installation de traitement de déchets telle que ci-dessus, dans lequel on détermine le nombre minimal (N) de compartiments de l'installation par la formule suivante :

$$N= T*X/(V*d_{entrant}), \text{ où}$$

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage (exprimé en nombre de périodes de référence) ;

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen des compartiments de l'installation ;

$d_{entrant}$ est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation.

L'installation de traitement des déchets, conforme à l'invention, permet la valorisation énergétique séparée des fractions fermentescible et non-fermentescible des déchets solides. On notera en outre que cette installation est propre à opérer efficacement, sans besoin d'une séparation physique préalable des deux fractions précitées.

Les déchets sont tout d'abord traités au moyen d'une digestion anaérobie de leur fraction organique fermentescible, conduisant notamment à la production de biogaz. Cette fraction fermentescible disparaît donc du volume intérieur du compartiment de traitement, en

laissant un reliquat à fort pouvoir calorifique, valorisable thermiquement au terme du procédé global de traitement. Ce reliquat présente les caractéristiques d'un combustible solide de récupération, ou CSR, ce qui permet sa valorisation thermique par tout système de combustion et récupération de la chaleur ainsi produite.

Hormis les phases de remplissage, compactage et vidage des compartiments, les déchets restent sensiblement statiques dans l'installation. Cela est avantageux, en particulier car le compartiment n'a pas à être équipé de moyens de brassage, qui sont d'un coût élevé et entrainent des frais de fonctionnement conséquents. Les déchets font l'objet d'un traitement exclusivement biochimique, d'une durée déterminée précisément en fonction de la vitesse de digestion anaérobie des composés organiques présents dans le massif de déchets.

L'installation conforme à l'invention permet d'atteindre des conditions d'efficacité optimales, en vue d'une valorisation satisfaisante des déchets par méthanogénèse.

L'invention assure tout d'abord des conditions d'optimisation de la génération de méthane. A cet égard la recirculation des lixiviats, à savoir de la fraction liquide, permet le maintien d'un taux d'humidité optimal. De plus, le broyage des déchets, préalable à leur entrée dans le compartiment, permet d'obtenir une granulométrie ciblée, qui améliore le rendement de la méthanogénèse.

L'invention assure en outre des conditions d'optimisation du taux de captage des biogaz générés. A cet égard, la présence de réseaux de captage dans chaque compartiment est particulièrement avantageuse. De plus, la couverture assure la mise en étanchéité de chaque compartiment lors de la phase de digestion anaérobie.

L'installation permet de combiner l'ensemble des conditions favorables à la méthanogénèse et au captage des biogaz générés. Dans ces conditions, on peut réalistement viser une digestion de plus de 80% de la fraction organique biodégradable au cours des cinq années suivant la mise en condition anaérobie des déchets traités par cette installation.

L'invention constitue un compromis judicieux entre les solutions respectives, proposées par les méthaniseurs et les décharges.

En effet, elle présente tout d'abord des avantages par rapport aux méthaniseurs. Ainsi, l'installation conforme à l'invention est dépourvue notamment de moyens de brassage des déchets, de sorte que sa structure est moins coûteuse que celle des méthaniseurs.

Cette installation présente également un volume de traitement des déchets qui est très supérieur à celui des méthaniseurs.

Par ailleurs, l'invention présente des avantages spécifiques, par rapport aux décharges. En particulier, les déchets peuvent être chargés puis vidés de façon plus commode que

dans le cadre d'une mise en décharge. En outre, l'invention permet une durée totale du traitement très réduite par rapport au cycle complet de vie d'une décharge, lequel est de 40 à 50 ans. La qualité du traitement est également améliorée de manière sensible en terme de rendement de la méthanogénèse et de taux de du captage du biogaz produit. Enfin, la capacité de suivre, en temps réel, dans chaque compartiment, l'évolution de la fraction liquide et de la fraction gazeuse des déchets, permet un pilotage très précis de cette dernière et d'atteindre précisément les objectifs fixés en matière de taux de digestion anaérobie des déchets organiques fermentescibles, ce qui est impossible à réaliser en décharge dans des conditions économiquement viables.

On notera en outre que l'invention permet de remédier aux inconvénients, liés à l'enseignement de EP 1 767 500. En effet, la circulation de la fraction liquide dans le massif de déchets permet de maintenir ces derniers à un taux d'humidité optimal. Dans ces conditions, le potentiel méthanogène de la fraction fermentescible humide peut être valorisé de manière satisfaisante.

Description des figures

L'invention va être décrite ci-après, en référence aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquels :

La figure 1 est une vue en perspective illustrant une installation de traitement de déchets conforme à l'invention.

La figure 2 est une vue de dessus illustrant l'installation de la figure 1.

Les figures 3 et 4 sont des vues en perspective d'un compartiment appartenant à l'installation des figures 1 et 2, illustrant respectivement les moyens de captage de gaz, ainsi que les moyens de circulation de liquide, équipant ce compartiment.

La figure 5 est une vue en coupe du compartiment des figures 3 et 4, selon la ligne V-V à la figure 2.

La figure 6 est une vue en perspective du compartiment de la figure 5, selon un angle différent des figures 3 et 4, avec arrachements selon la ligne V-V.

Les références numériques suivantes sont utilisées dans la présente description :

1 Espace fonctionnel	2 Embase
1A-1F Parois de 1	3A-3F Parois radiales
4A-4F Compartiments	10 Fond du compartiment
11 Partie extérieure du fond	Z Zone accumulation
12 Paroi d'enceinte	14 Piste périphérique
14' Piste périphérique	15 Rampe oblique
16 Remblai	17 Sol

20 Couverture	30,30' Ensembles tubulaires de captage
31 Tube principal	32 Tubes secondaires
33 Collecteur	34 Pompe
40,40' Ensembles de distribution	41 Tube principal
42 Tubes secondaires	43 Organe de pompage
43',43'' Extrémités de 43	44 Pompe

Description détaillée

L'installation conforme à l'invention, décrite sur les figures, comprend essentiellement un espace fonctionnel commun, placé de façon centrale, plusieurs compartiments s'étendant radialement à partir de cet espace fonctionnel commun, ainsi que des moyens de captage de gaz et des moyens de circulation de liquide.

De façon plus précise, l'espace fonctionnel commun 1 est creux et présente une forme polygonale, vue de dessus. Il repose sur une embase 2, également polygonale qui présente des dimensions radiales plus importantes que celles de cet espace. Le nombre de côtés de l'espace fonctionnel correspond au nombre de compartiments, dont est pourvue l'installation. Chaque paroi périphérique 1A à 1F de l'espace fonctionnel, correspondant à un côté de ce dernier, forme une première paroi latérale d'un compartiment respectif. A partir de chaque angle de l'espace fonctionnel, à savoir chaque intersection entre deux côtés consécutifs, une paroi radiale respective 3A à 3F s'étend vers l'extérieur. Deux parois radiales consécutives 3A et 3B, 3B et 3C, ..., 3F et 3A, forment deux autres parois latérales d'un compartiment respectif.

Le matériau constitutif des parois 1A à 1F, de l'embase 2, ainsi que des parois 3A à 3F, présente avantageusement les caractéristiques suivantes :

- imperméabilité aux gaz, notamment air et biogaz, ainsi qu'aux liquides, notamment lixiviats et eau de pluie
- résistance à la corrosion provoquée par l'oxydation des différents matériaux
- résistance mécanique élevée, en particulier résistance aux chocs engendrés par les engins manipulant les déchets lors des différentes phases de mise en œuvre.

Dans ces conditions, un matériau préféré est par exemple le béton. A titre de variante, on peut aussi utiliser des parois métalliques ou des talus en terre recouverts de géo-membranes étanches.

Dans l'exemple illustré, l'installation conforme à l'invention comprend six compartiments de réception et de traitement des déchets, qui sont affectés des références 4A à 4F. Cependant, en variante, on peut prévoir un nombre différent de tels compartiments, notamment compris entre 4 et 6. Dans ce qui suit, on va présenter plus en détail la

structure du compartiment 4A, étant entendu que les autres compartiments présentent une structure similaire.

Outre les parois latérales décrites ci-dessus, le compartiment 4A possède un fond 10, lequel est formé en partie par l'embase 2. Comme on l'a vu ci-dessus, cette embase est avantageusement bétonnée. Par ailleurs la partie extérieure 11 du fond, périphérique à cette embase, est avantageusement imperméabilisée par tout revêtement approprié, notamment grâce à une géo-membrane. A titre de variante, on peut aussi utiliser d'autres matériaux imperméables telles que l'argile voire le béton, en épaisseur suffisante.

En coupe longitudinale, comme illustré en figure 5, la surface du fond est légèrement inclinée, à savoir que son altitude augmente à partir de la jonction avec l'espace fonctionnel 1. Ceci permet au liquide de s'accumuler, par gravité, dans une zone Z délimitée par cette surface. Le taux de pente entre cette surface et l'horizontale, noté α sur la figure 5, est avantageusement compris entre 1 et 2° (degrés).

Le fond 10 est prolongé, radialement vers l'extérieur, par une paroi d'enceinte 12 qui relie les extrémités libres des deux parois latérales 3A et 3B, et qui définit une rampe inclinée. Si on note β l'angle formé par la surface de cette paroi 12 et l'horizontale, cet angle est avantageusement compris entre 30° et 60° (degrés). Cette surface est avantageusement imperméabilisée par tout revêtement approprié, notamment grâce à une membrane géotextile.

Afin que des engins de chantier puissent accéder aisément au fond du compartiment, la paroi d'enceinte inclinée 12 est dotée, pour chaque compartiment, d'une rampe 15 s'étendant de manière oblique par rapport à la ligne de plus grande pente. De façon avantageuse, la pente de cette rampe d'accès au fond du compartiment est inférieure à 33 % (pour cents)

De façon plus précise, on retrouve une piste périphérique 14, formant un pourtour du compartiment, laquelle descend en pente douce depuis l'extrémité libre d'une première paroi latérale 3A en direction de l'autre paroi latérale 3B. Cette piste 14 est prolongée, à son extrémité inférieure voisine de cette paroi 3B, par une rampe radialement intérieure 15 qui débouche sur le fond 10. On notera que les pistes périphériques 14 et 14' de deux compartiments adjacents (par exemple A et F sur la figure 2) communiquent l'une avec l'autre.

La paroi d'enceinte 12 est en outre bordée par un remblai 16, lequel est en surélévation de plusieurs mètres par rapport au niveau du sol 17. On va maintenant donner, à titre purement indicatif, différentes valeurs dimensionnelles relatives à chaque compartiment :

- Volume intérieur V du compartiment, qui correspond au volume utile en pratique, susceptible d'être occupé par les déchets : entre 2000 m^3 et 50 000 m^3,

typiquement entre 10 000 m^3 et 25 000 m^3. Ce volume V est délimité par le fond, les parois radiales, la paroi d'enceinte, et le plan horizontal passant par le haut de la piste périphérique 14.

- Hauteur H1 de l'espace 1 : entre 4 m et 20 m, typiquement entre 8 m et 15 m.
- Rayon R, à savoir plus grande distance entre l'axe vertical de l'espace 1 et la piste 14 formant pourtour, entre 15 m et 100 m.
- Largeur L, à savoir distance entre les extrémités libres des parois latérales, entre 15 m et 150 m.

L'installation de traitement de déchets conforme à l'invention comprend en outre une couverture 20, propre à recouvrir sélectivement le volume intérieur de l'un ou l'autre des compartiments ci-dessus, en fonction de l'état d'avancement du procédé de traitement des déchets. Le matériau constitutif de cette couverture, laquelle est représentée sur le compartiment 4E (plein et couvert) des figures 1 et 2, présente avantageusement les caractéristiques suivantes :

- imperméabilité aux gaz, notamment air et biogaz, ainsi qu'aux liquides, notamment aux eaux de pluie ;
- résistance à la corrosion liée aux contacts prolongés que cette couverture est susceptible d'avoir avec les matériaux chimiquement actifs présents dans le compartiment ;
- résistance mécanique, en particulier résistance à l'accumulation de d'eau de pluie et/ou de neige, ainsi que résistance à la perforation induite par d'éventuels éléments entrant au contact de la surface intérieure et/ou extérieure de cette couverture.

Dans ces conditions, un matériau préféré est par exemple un géotextile, la couverture étant alors de type géo-membrane. La couverture peut être posée directement sur le massif de déchets, sans fixation complémentaire, notamment sur les parois latérales. A titre de variante, on peut prévoir des moyens de fixation, avantageusement de fixation amovible, permettant de solidariser cette couverture, notamment sur les parois latérales précitées.

Les moyens de captage, équipant l'installation conforme à l'invention, permettent d'extraire, hors de chaque compartiment, les gaz libérés par les déchets durant leur traitement. Ces moyens de captage sont plus particulièrement visibles sur les figures 5 et 6, ainsi que sur la figure 3 où les moyens de circulation de la fraction liquide ne sont en revanche pas représentés, dans un but de clarté. Ils comprennent, dans chaque compartiment, au moins un ensemble tubulaire 30, dont chacun est formé par un tube principal 31, s'étendant radialement, ainsi que par des tubes secondaires 32. Ces

derniers s'étendent dans le plan horizontal de façon oblique, de part et d'autre du tube principal précité.

De façon avantageuse, on retrouve au moins deux ensembles tubulaires analogues, disposés l'un au-dessus de l'autre à l'intérieur du compartiment. La figure 5 illustre deux ensembles tubulaires 30 et 30', répartis régulièrement sur la hauteur de l'espace central 1. Les tubes 31 et 32 sont avantageusement réalisés en un matériau résistant, en service, à la pression statique du massif de déchets. A titre indicatif, un tel matériau est par exemple le polyéthylène. Chaque tube, dont la section transversale est d'un diamètre compris entre 5 et 15 cm, est percé d'ouvertures de captage. Ces ouvertures, ménagées à intervalles réguliers, présentent typiquement une section comprise entre 1 et 3 cm^2.

Les différents ensembles tubulaires, mis en place dans les compartiments de l'installation, débouchent radialement vers l'intérieur dans un collecteur commun 33, prévu dans l'espace commun central (voir notamment figures 5 et 6). De façon préférée, la liaison entre chaque tube 31 et ce collecteur est de type amovible, par exemple par un manchon mobile. Ce collecteur 33, qui permet de centraliser les flux de gaz, est associé à une pompe 34, par exemple de type centrifuge. Cette dernière présente avantageusement une puissance réglable, afin de conférer un caractère modulable à la mise en dépression du réseau tubulaire de captage. De façon avantageuse, le collecteur 33 s'étend hors de l'espace commun central 1 et débouche dans un dispositif de production d'énergie non représenté, par exemple du type moteur (ou turbine) fonctionnant au biogaz, entrainant une génératrice électrique et fonctionnant avantageusement en cycle combiné.

Les moyens de circulation, équipant l'installation conforme à l'invention, permettent de recycler la fraction liquide, depuis le fond du compartiment où cette fraction s'accumule par gravité, vers le sommet de ce compartiment. Ces moyens de circulation sont plus particulièrement visibles sur les figures 5 et 6, ainsi que sur la figure 4 où les moyens de captage de la fraction gazeuse ne sont en revanche pas représentés, dans un but de clarté. Ils comprennent, dans chaque compartiment, un organe tubulaire de pompage 43, s'étendant sur sensiblement toute la hauteur de l'espace 1, lequel est associé à une pompe 44 de mise en circulation.

Une première extrémité 43' de l'organe de pompage débouche au voisinage du fond du compartiment, en traversant le bas de la paroi de séparation 1A, alors que son autre extrémité 43'' communique avec un ensemble tubulaire de distribution 40. Ce dernier est formé par un tube principal 41, s'étendant radialement, ainsi que par des tubes secondaires 42 s'étendant transversalement, de part et d'autre de ce tube principal. De façon avantageuse, on retrouve un unique ensemble tubulaire 40 de distribution, placé au-dessus des ensembles tubulaires 30 de captage. L'organe de pompage 43 est

avantageusement équipé de moyens non représentés, permettant le contrôle d'au moins un paramètre de la fraction liquide présente dans chaque compartiment.

Les tubes 41 et 42 sont avantageusement réalisés en un matériau plastique. A titre indicatif, un tel matériau est par exemple le polyéthylène. Chaque tube 41 ou 42, dont la section transversale est par exemple comprise entre 6 et 20 cm^2, est équipé d'injecteurs, de type connu en soi, permettant de distribuer la fraction liquide au-dessus du massif de déchets. Ces injecteurs sont prévus à intervalles réguliers, typiquement entre 1 et 3 m.

Dans l'exemple décrit ci-dessus et représenté sur les figures annexées, l'espace fonctionnel commun est placé de façon centrale, alors que les compartiments de traitement sont placés de façon radiale, à la périphérie de cet espace central. A titre de variante non représentée, on peut prévoir que les compartiments sont disposés côte à côte, par exemple sur deux lignes parallèles. L'espace commun, équipé des éléments fonctionnels communs à ces compartiments, est alors prévu de façon médiane, entre les deux lignes précitées.

La mise en œuvre de l'installation de traitement de déchets, décrite ci-dessus, va maintenant être explicitée dans ce qui suit.

Le processus de traitement opéré dans l'installation comprend au moins les trois étapes suivantes, à savoir le remplissage de chaque compartiment, la digestion anaérobie de la fraction fermentescible, ainsi que le vidage de chaque compartiment.

En vue du remplissage précité on vide tout d'abord, dans une trémie, les bennes à ordures dans lesquelles sont recueillis les déchets à traiter. Les sacs contenant les déchets sont éventrés, puis on procède à un tamisage de ces déchets. De façon avantageuse, avant le remplissage proprement dit, on broie ces déchets afin d'obtenir une granulométrie prédéfinie, typiquement de valeur médiane comprise entre 20 mm et 80 mm, ce qui permet d'améliorer le rendement de la phase de digestion anaérobie du traitement. Les déchets ainsi broyés sont ensuite convoyés au droit de chaque compartiment, notamment par des tapis roulants non représentés, puis sont admis par gravité dans le volume intérieur de chacun de ces compartiments. Cette étape de remplissage présente une durée typiquement comprise entre 1 et 15 mois, notamment entre 6 et 12 mois.

Entre les étapes respectives de remplissage et de digestion anaérobie, on réalise avantageusement un compactage du massif de déchets déposé dans chaque compartiment. Cette opération est mise en œuvre par tout moyen approprié, notamment grâce à des engins de chantier. A cet égard, les rampes d'accès décrites ci-dessus (affectées des références 15 sur les figures 1, 2 et 5) sont avantageuses, car elles autorisent un accès aisé à ces engins. Le réseau 30, 30' de captage des gaz est ensuite

mis en place. Cette étape de compactage présente une durée typiquement comprise entre 1 et 5 jours.

Immédiatement avant de procéder à la digestion anaérobie, on ferme le compartiment. A cet effet, on installe le réseau 40 de surface de circulation de la fraction liquide, puis on met en place la couverture 20 au-dessus du compartiment. Cette étape de fermeture présente une durée typiquement comprise entre 10 et 30 jours.

L'étape de digestion anaérobie, ou méthanogénèse, permet de façon connue en soi de dégrader les matériaux organiques présents dans les déchets, en l'absence d'oxygène. Cette dégradation est assurée par des bactéries qui digèrent la paroi cellulosique de ces matériaux organiques. Ces bactéries sont présentes dans la matière organique proprement dite et, le cas échéant, peuvent être complétées par d'éventuelles bactéries supplémentaires qui sont ensemencées dans le massif de déchets. La dégradation précitée conduit essentiellement à la formation d'une fraction liquide, comprenant majoritairement de l'eau, et d'une fraction gazeuse, ou biogaz, comprenant une part substantielle de méthane.

Durant cette digestion, le biogaz ainsi produit est tout d'abord aspiré par les tubes de captage 31 et 32. Le flux de biogaz est ensuite regroupé dans le collecteur principal, puis est analysé en temps réel afin d'en mesurer notamment les paramètres de température, débit (en m^3 par seconde), taux de méthane et taux d'oxygène, et à intervalle régulier pour déterminer la présence (ou non) de composés chimiques corrosifs. Le biogaz est ensuite refroidi et séché, puis filtré afin d'éliminer notamment les composés chimiques indésirables, tels que les composés chlorés, soufrés, et les siloxanes. Le biogaz ainsi filtré est enfin injecté dans un dispositif de production d'énergie, tel un moteur (ou une turbine) couplé à une génératrice électrique, fonctionnant avantageusement en cycle combiné.

La fraction liquide produite durant la digestion anaérobie, est extraite hors de la zone d'accumulation, située au fond du compartiment, au voisinage de la paroi bordant l'espace 1. Cette extraction est réalisée par tout moyen approprié, notamment par une pompe aspirante. Le débit de la pompe est mesuré en continu et la fraction liquide en circulation est également analysée à intervalles réguliers afin d'en mesurer notamment certains des paramètres suivants : bactéries présentes, pH, teneur en ammonium et sels divers. Dans le cas où au moins un paramètre n'est pas conforme, à savoir qu'il se situe en dehors d'une plage cible prédéterminée, on corrige le cas échéant la valeur de ce ou de ces paramètres. A titre d'exemple, les actions correctives peuvent être un réensemencement bactérien, une neutralisation, une dilution ou une réduction de la fraction liquide circulant dans chaque compartiment.

La fraction liquide extraite est alors recyclée ou re-circulée, à savoir qu'elle est introduite dans le massif de déchets. Cette opération est réalisée via les tubes 41 et 42, qui permettent une admission de liquide au-dessus du massif de déchets. Ceci permet notamment de maintenir ces déchets dans des conditions appropriées de taux d'humidité et de température.

On contrôle par ailleurs, en continu, le volume de cette fraction liquide mis en circulation. A cet égard, on note que la zone d'accumulation présente une géométrie parfaitement définie. Il est donc aisé de déterminer le volume de liquide accumulé contre le fond 10, en connaissant l'altitude de la surface supérieure de ce liquide. On peut prévoir de placer par exemple un capteur haut et un capteur bas, au niveau du fond de chaque compartiment. Cela permet de maintenir constamment le volume liquide accumulé dans une plage donnée, correspondant au taux d'humidité visé dans le compartiment.

Le circuit de circulation est en outre associé à une purge, qui permet d'éliminer une partie de cette fraction liquide. En particulier, on peut purger du liquide si globalement le massif de déchets est trop humide. On peut également purger une partie du liquide si les paramètres de ce dernier ne peuvent pas facilement être corrigés. Dans ce dernier cas on rajoute, à la fraction liquide recyclée, du liquide d'appoint au niveau des tubes 41 et 42.

Les conditions opératoires au sein du compartiment, durant cette phase de digestion anaérobie, sont avantageusement les suivantes :

- température comprise entre 30°C et 65°C, en particulier entre 45°C et 55°C
- taux d'humidité compris entre 20% et 80%, en particulier entre 40% et 60%.
- pH compris entre 5 et 9, en particulier entre 6,5 et 7,5.

De façon avantageuse, on met en œuvre cette étape de digestion anaérobie, de façon à valoriser au moins 70%, de préférence au moins 90%, de la fraction organique dégradable des déchets. Cette étape de digestion anaérobie présente une durée typiquement comprise entre 12 et 72 mois, notamment entre 30 et 60 mois.

Immédiatement après avoir terminé la digestion anaérobie, on prépare le vidage du compartiment. A cet effet, on arrête tout d'abord la mise en circulation de la fraction liquide, ce qui conduit à l'assèchement du massif de déchets et à la fin définitive de la méthanogenèse. Ensuite, on retire la couverture supérieure et on démonte le réseau de circulation de la fraction liquide. Cette étape de séchage et d'ouverture présente une durée typiquement comprise entre 3 et 12 mois, notamment entre 6 et 9 mois.

Enfin on réalise le vidage du compartiment, notamment grâce aux engins de chantier utilisés pour l'opération de remplissage. Les différents éléments du réseau de captage des biogaz sont par ailleurs démontés. Les résidus évacués, issus de la digestion anaérobie, peuvent ensuite faire l'objet d'une valorisation thermique, compte tenu de leur

taux de siccité et potentiel calorifique élevés. Compte tenu du démontage des moyens de captage présents dans le compartiment (qui sont ainsi réutilisables pour le cycle de traitement suivant), cette étape de vidage présente une durée typiquement comprise entre 1 et 12 mois, notamment entre 3 et 9 mois.

Le nombre de compartiments de l'installation est déterminé en fonction du flux de déchets à traiter et de la durée de traitement visée. Le nombre minimal de compartiments de l'installation peut être calculé par la formule suivante :

$$N = T*X/(V*d_{entrant}), \text{ où}$$

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen des compartiments de l'installation ;

$d_{entrant}$ est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation ;

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage, et incluant notamment la durée nécessaire pour aboutir au taux de digestion anaérobie visé par le traitement des déchets (exprimé en nombre de périodes de référence).

En cas de résultat non entier, le nombre N est arrondi à l'entier le plus proche, ou toute autre méthode d'arrondi pertinente en fonction des données prises en compte.

De manière avantageuse, on ajuste le volume des compartiments de sorte que le calcul de N aboutisse à une valeur la plus proche possible d'un chiffre entier. En effet, les arrondis de calcul de l'entier N traduisent une sous-optimisation de l'utilisation de l'installation :

En cas d'arrondi à la valeur supérieure, l'installation présente une capacité totale de traitement supérieur au flux de déchets à traiter, donc :

- soit le volume des compartiments n'est pas entièrement utilisé ;
- soit la durée du cycle de traitement effectué est allongée par rapport à la durée théorique correspondant à l'objectif fixé.

En cas d'arrondi à la valeur inférieure, les compartiments doivent être vidés plus vite pour faire de la place aux déchets entrants en excès par rapport au volume total disponible dans l'installation. La durée du cycle de traitement s'en trouve réduite et donc le taux de digestion anaérobie atteint à l'issue du traitement est inférieur à l'objectif théorique fixé.

Le traitement des déchets se fait dans un compartiment après l'autre, en respectant une durée de cycle (du remplissage au vidage) équivalente pour chacun, avec un décalage dans le temps Δt (exprimé en nombre de périodes de référence) entre chaque compartiment, déterminé par la formule :

$$\Delta t = \inf((V*d_{entrant})/X;\ T/N), \text{ où}$$

X est le tonnage de déchets entrant dans l'installation (exprimé en tonnes par période de référence) ;

V est le volume moyen du volume de réception des déchets des compartiments de l'installation ;

$d_{entrant}$ est la densité moyenne des déchets entrant dans l'installation ;

T est la durée du cycle interne d'un compartiment, depuis le début de la phase de remplissage jusqu'à la fin de la phase de vidage, et incluant notamment la durée nécessaire pour aboutir au taux de digestion anaérobie visé par le traitement des déchets (exprimé en nombre de périodes de référence) ;

N est le nombre de compartiments constituant l'installation.

Comme cela ressort de ce qui précède, le traitement des déchets dans l'installation conforme à l'invention comprend, pour chaque compartiment, un cycle individuel commençant par la phase de remplissage, suivie de la phase de digestion anaérobie puis s'achevant par la phase de vidage. De manière plus globale, l'installation conforme à l'invention est pilotée selon une séquence composée par l'ensemble des cycles de traitement individuels, mis en oeuvre dans les différents compartiments, lesquels démarrent successivement avec le décalage de temps Δt explicité ci-dessus.

Exemple 1 :

Pour le traitement de déchets organiques dont la vitesse de décomposition est élevée (ex : viande, poisson, graisses animales, etc.) la digestion anaérobie peut s'effectuer en 5 mois. Dans ce cas, une installation recevant 400 tonnes par mois de ces déchets (de densité 1,25) dans des compartiments offrant un volume de réception de déchets de 1000 m^3 pouvant être vidés en 1 mois, pourrait être configurée en 2 compartiments.

L'installation structurée en 2 compartiments aurait une séquence optimum de traitement des déchets, basée sur décalage Δt = 3 mois entre les cycles de chaque compartiment.

To : début du remplissage du compartiment 1

To + 3 mois : début du remplissage du compartiment 2

To + 5 mois : le vidage du compartiment 1 commence

To + 6 mois : début du remplissage du compartiment 1 (nouveau cycle)

On notera que l'installation structurée en 3 compartiments (arrondi supérieur du calcul de N) aurait un Δt = 2 mois

Exemple 2 :

Pour le traitement d'ordures ménagères contenant un mélange de déchets de nourriture, papiers, cartons, plastiques et textiles, dont la décomposition s'effectue à des vitesses

très diverses, la digestion anaérobie quasi-complète de la fraction fermentescible peut prendre environ 4 ans.

Dans ce cas, une installation recevant 10 200 tonnes par an de ces déchets (de densité 0,8) dans des compartiments d'une taille moyenne de 11 500 m^3, vidables en 3 mois, pourrait être configurée en 6 compartiments (ou 5 si l'arrondi inférieur est pratiqué).

L'installation structurée en 6 compartiments aurait une séquence optimum de traitement des déchets, basée sur décalage Δt = 10 mois entre les cycles de chaque compartiment.

To : début du remplissage du compartiment 1

To + 10 mois : début du remplissage du compartiment 2

To + 20 mois : début du remplissage du compartiment 3

To + 30 mois : début du remplissage du compartiment 4

To + 40 mois : début du remplissage du compartiment 5

To + 50 mois : début du remplissage du compartiment 6

To + 57 mois : le vidage du compartiment 1 commence

To + 60 mois : début du remplissage du compartiment 1 (nouveau cycle)

To + 67 mois : le vidage du compartiment 2 commence

To + 70 mois : début du remplissage du compartiment 2 (nouveau cycle)

To + 77 mois : le vidage du compartiment 3 commence

To + 80 mois : début du remplissage du compartiment 3 (nouveau cycle)

On notera que l'installation structurée en 5 compartiments (arrondi inférieur du calcul de N) aurait un Δt = 12 mois.

REVENDICATIONS

1. Installation de traitement de déchets solides contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour produire du biogaz et récupérer le biogaz produit, cette installation comprenant au moins deux compartiments (4A-4F), le volume de chaque compartiment étant supérieur à 1000 (mille) mètres cube, ainsi que des moyens (3A-3F) de séparation entre ces compartiments, ces moyens (3A-3F) de séparation étant étanches à la fois aux gaz et aux liquides, chaque compartiment comportant :

- un volume intérieur (V) de réception des déchets à traiter, présentant une ouverture d'admission des déchets ;
- des parois périphériques (1A-1F, 3A-3F, 12) bordant ce volume intérieur ;

l'installation comprenant en outre au moins une couverture (20) étanche à la fois aux gaz et aux liquides, propre à recouvrir au moins un compartiment ;
caractérisée en ce que cette installation comprend des moyens de captage (30, 30') d'une fraction gazeuse, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, en ce que chaque compartiment définit une zone (Z) d'accumulation d'une fraction liquide, provenant au moins en partie de la décomposition des déchets, et en ce que l'installation comprend des moyens de circulation (40), propres à faire circuler cette fraction liquide depuis la zone d'accumulation vers le volume intérieur de réception.

2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le volume de chaque compartiment est supérieur à 2000 (deux mille) mètres cube, en particulier supérieur à 8000 (huit mille) mètres cube, de manière préférée supérieur à 12000 (douze mille) mètres cube.

3. Installation selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que le volume de chaque compartiment est inférieur à 50000 (cinquante mille) mètres cube, en particulier inférieur à 40000 (quarante mille) mètres cube, de manière préférée inférieur à 25000 (vingt-cinq mille) mètres cube.

4. Installation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend au minimum trois (3) compartiments, en particulier au minimum quatre (4) compartiments.

5. Procédé de mise en œuvre d'une installation de traitement de déchets contenant des matières organiques, notamment de déchets ménagers et/ou de déchets végétaux, pour

produire du biogaz et récupérer le biogaz produit, selon l'une des revendications précédentes, ce procédé comprenant, pour chaque compartiment, les étapes suivantes :

- on remplit le volume intérieur du compartiment avec les déchets à traiter, de façon à former un massif de déchets ;
- on dispose la couverture (20), étanche à la fois aux gaz et aux liquides, au-dessus du massif de déchets, de manière à rendre sensiblement étanche le volume intérieur ;
- on réalise une digestion anaérobie au moins partielle de la part fermentescible des déchets de manière à produire une fraction gazeuse ainsi qu'une fraction liquide ;
- pendant au moins une partie de l'étape de digestion anaérobie, on extrait au moins une partie de la fraction liquide hors de la zone d'accumulation et on introduit au moins une partie de la fraction liquide ainsi extraite dans le massif de déchets ;
- au terme de l'étape de digestion, on évacue le résidu du massif de déchets hors du volume intérieur.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel les débuts de chaque étape de digestion anaérobie, dans les différents compartiments, sont décalés les uns par rapport aux autres selon un temps de décalage (Δt), de manière à répartir dans le temps la production de biogaz.

7. Procédé selon l'une des revendications 5 ou 6, dans lequel on pilote l'étape de digestion anaérobie, de manière à atteindre un taux prédéterminé de digestion de la fraction organique dégradable, initialement présente dans le massif de déchets, ce taux étant compris entre 50 et 95%, de préférence entre 70 et 90%.

8. Procédé selon la revendication précédente dans lequel, en vue de piloter l'étape de digestion anaérobie, on extrait la fraction gazeuse produite dans chaque compartiment et on mesure en temps réel le taux de méthane contenu dans cette fraction gazeuse.

9. Procédé selon l'une des revendications 5 à 8, dans lequel la durée de l'étape de digestion anaérobie est comprise entre 12 et 72 mois, notamment entre 30 et 60 mois.

10. Procédé selon l'une des revendications 5 à 9, dans lequel on introduit au moins une partie de la fraction liquide extraite dans le massif de déchets, de manière à maintenir

l'humidité relative de ce massif de déchets à une valeur comprise entre 20% et 70%, de préférence entre 40% et 60%.

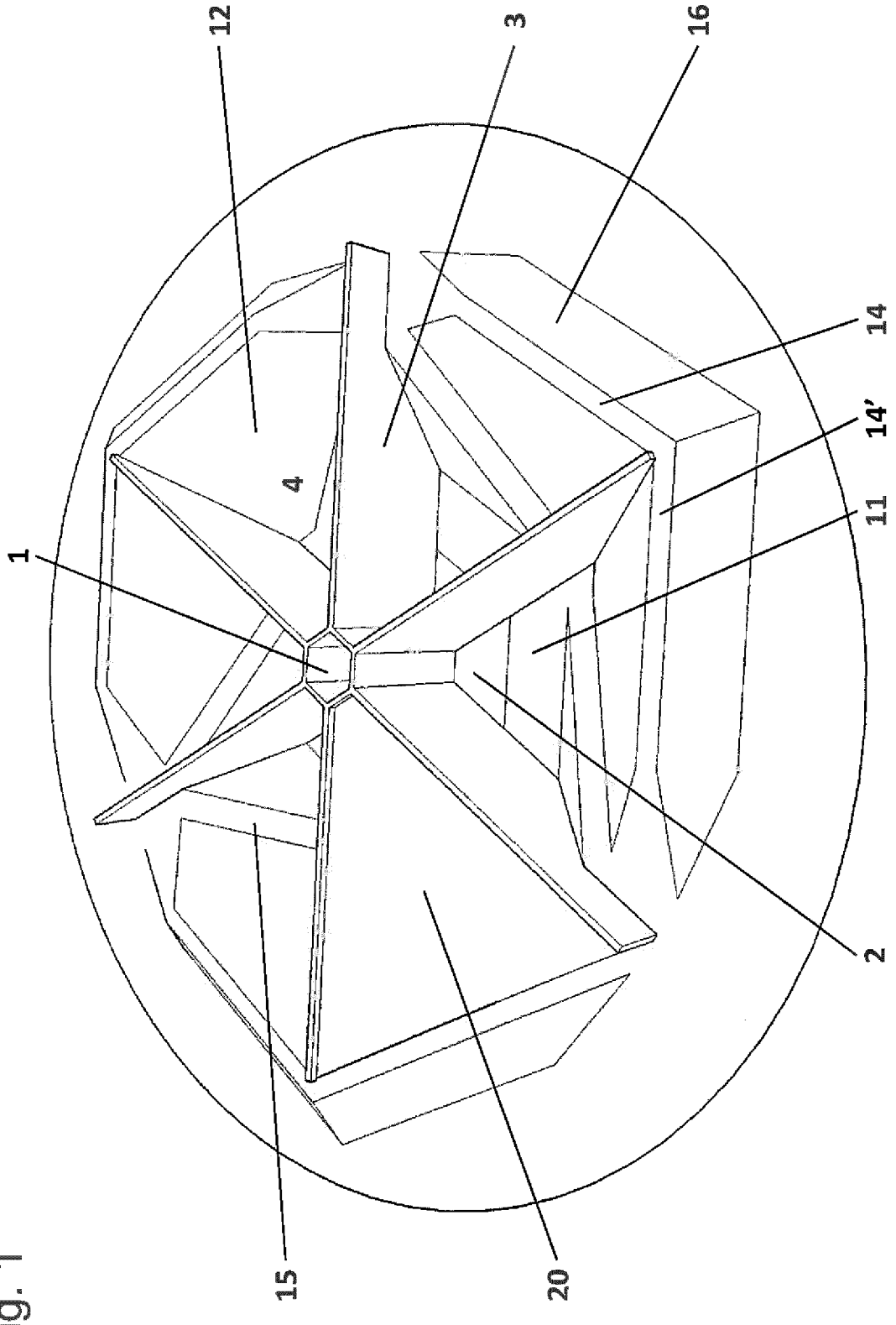


Fig. 1

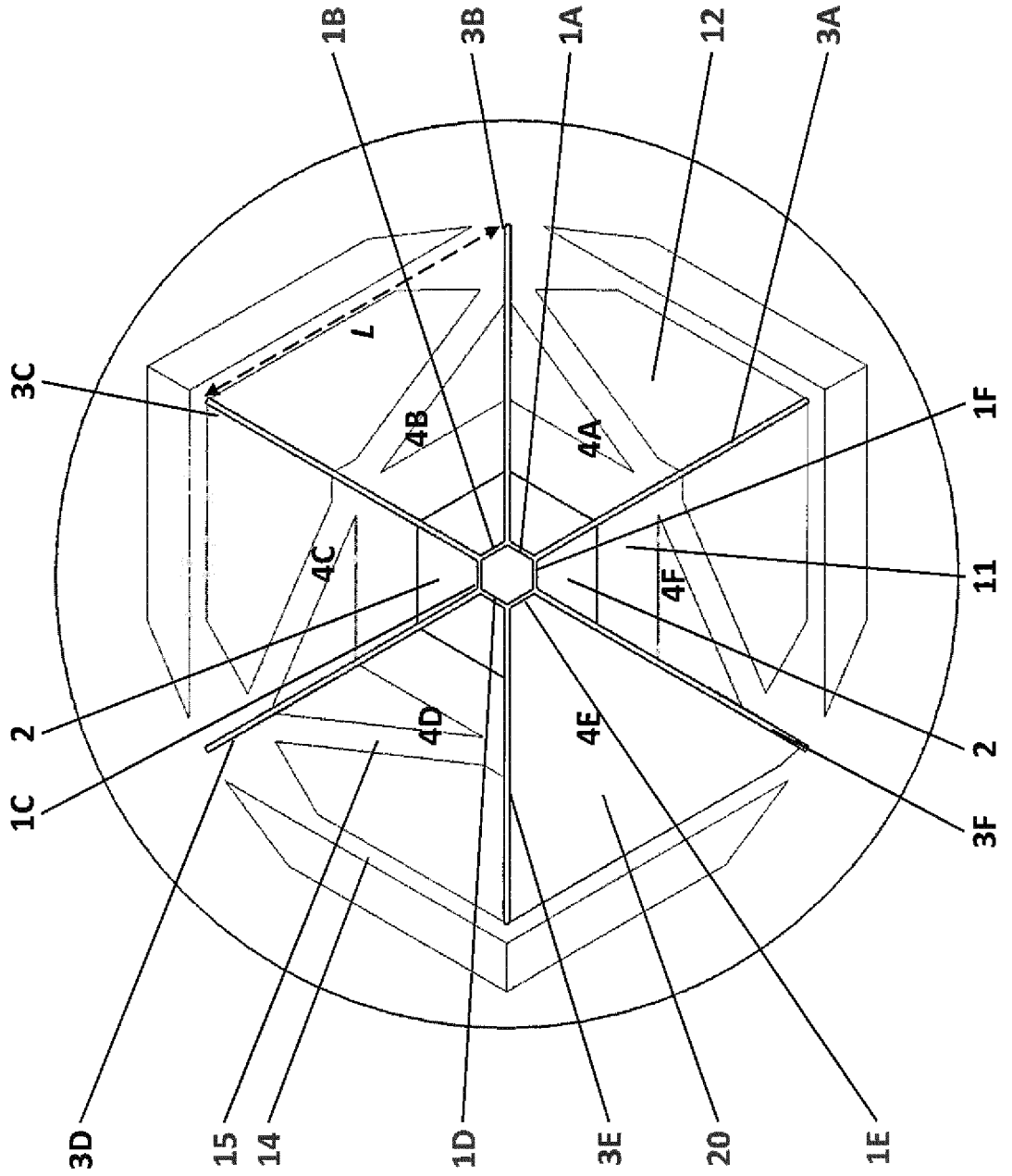


Fig. 2

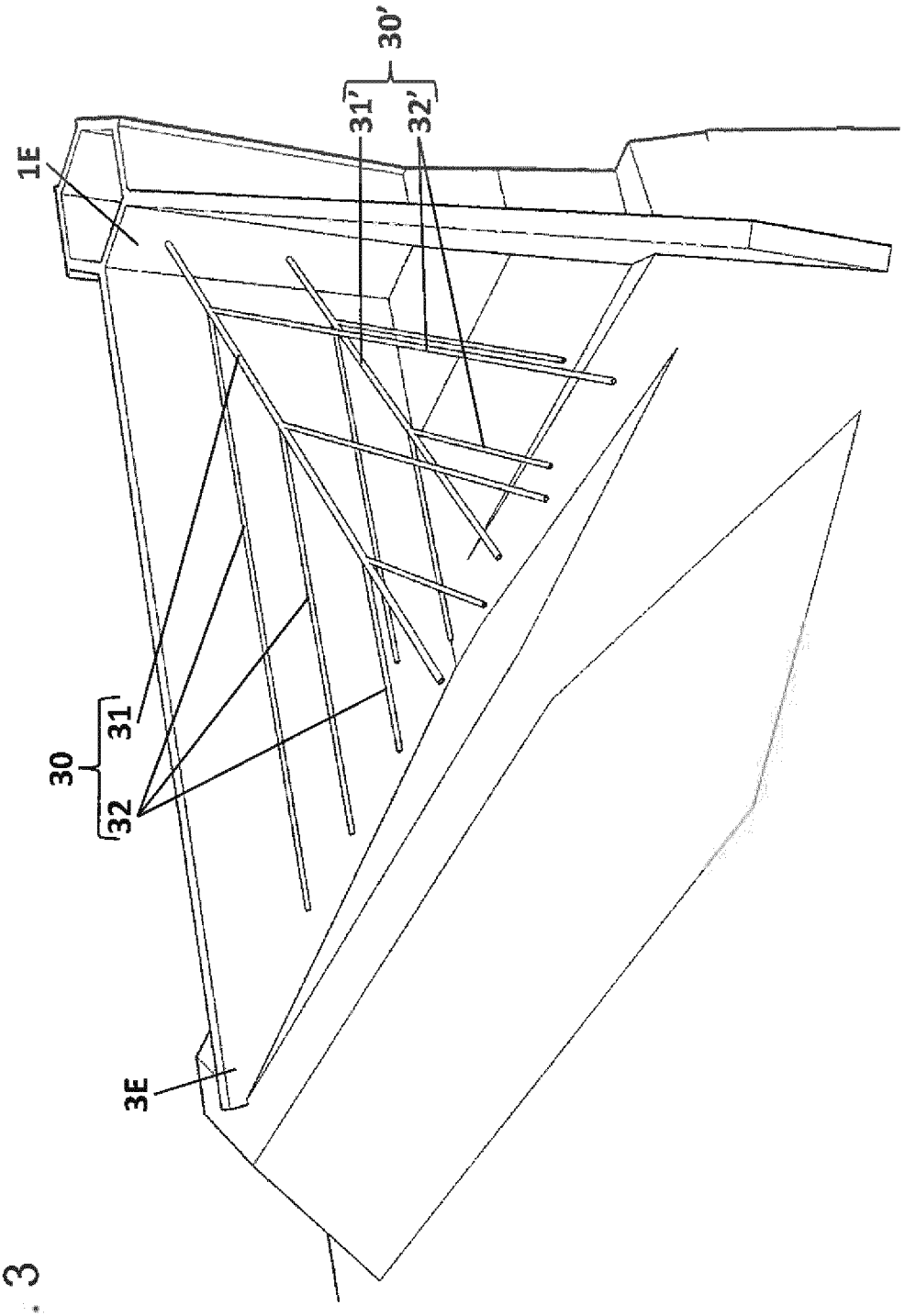


Fig. 3

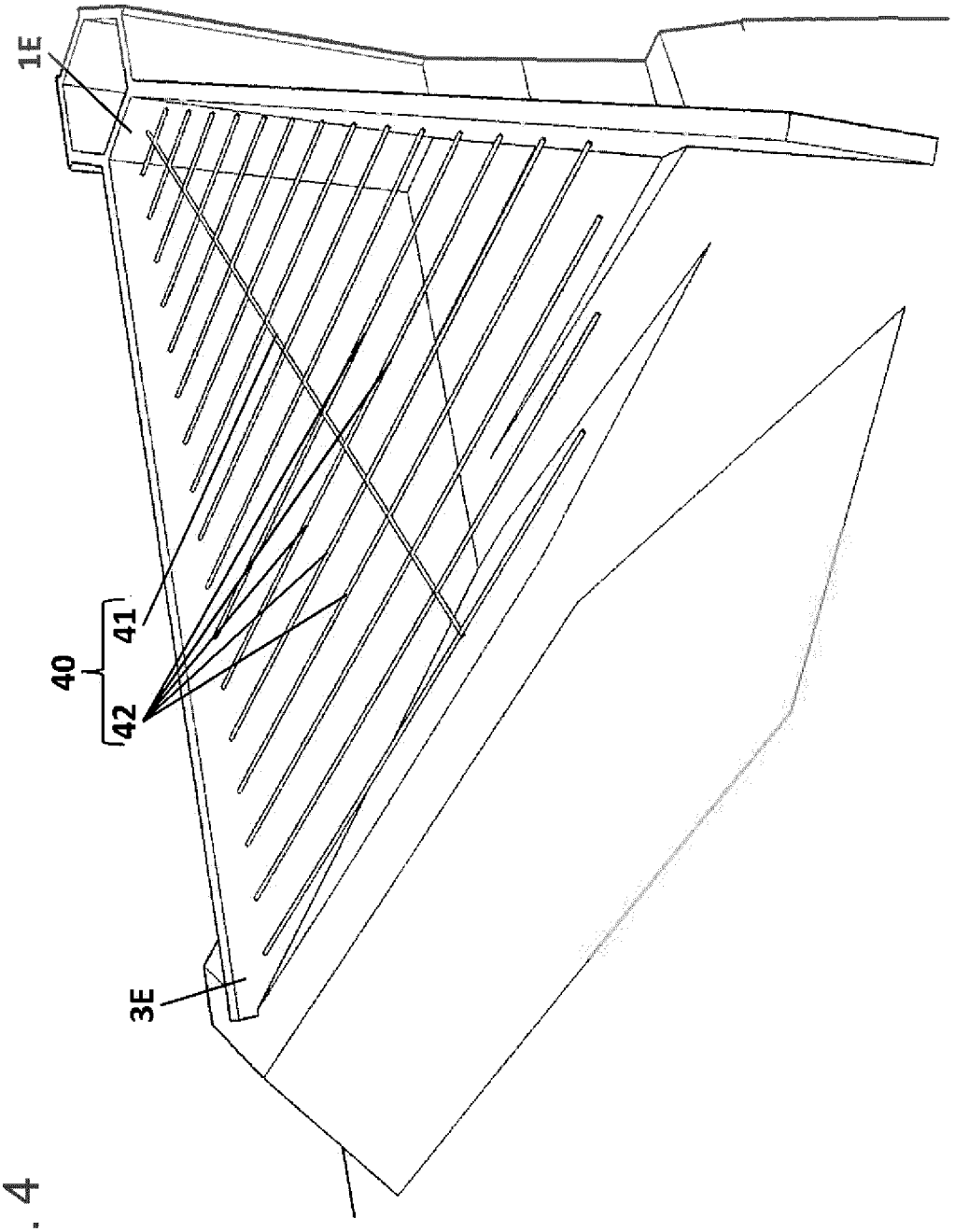


Fig. 4

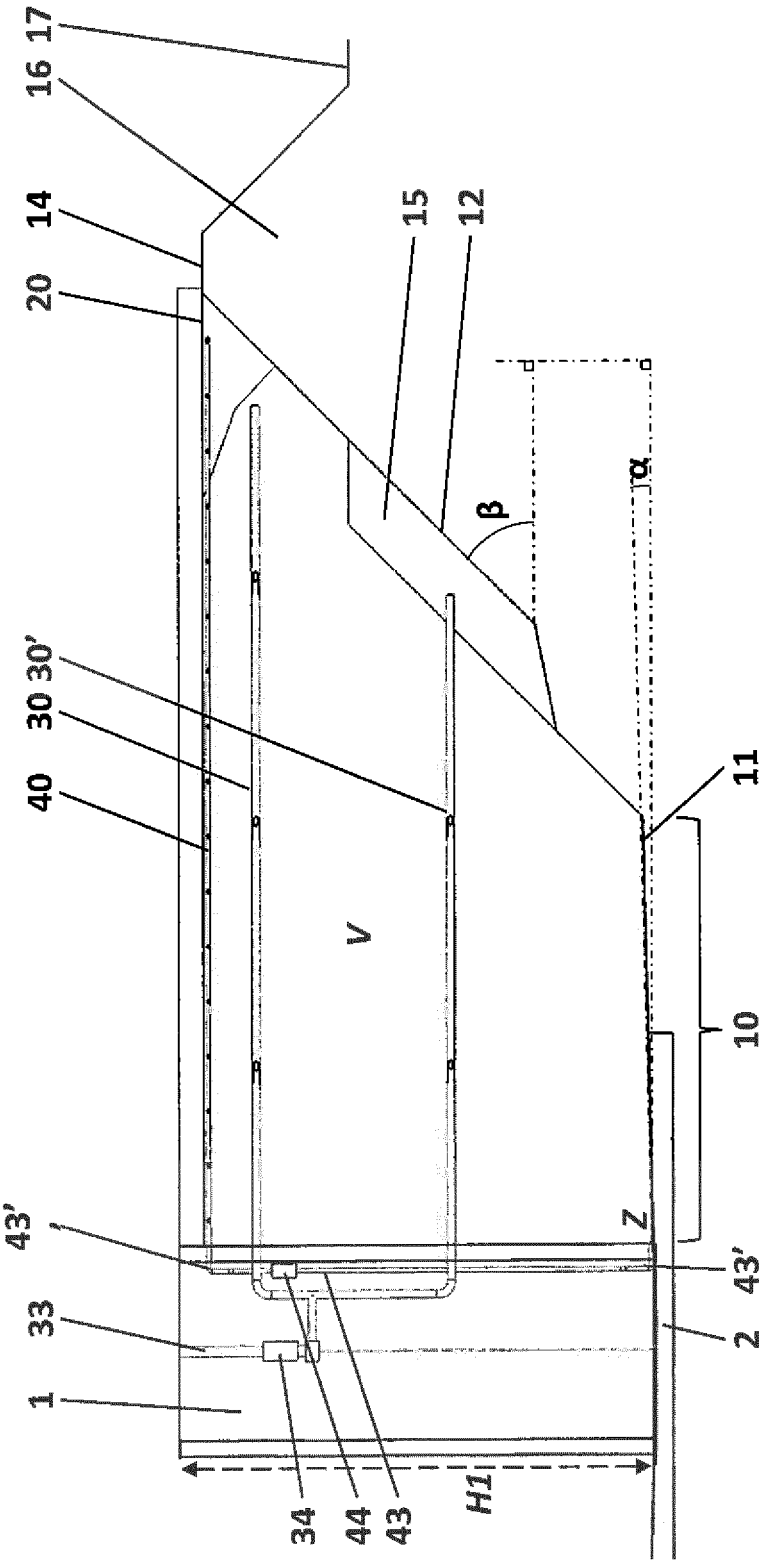


Fig. 5

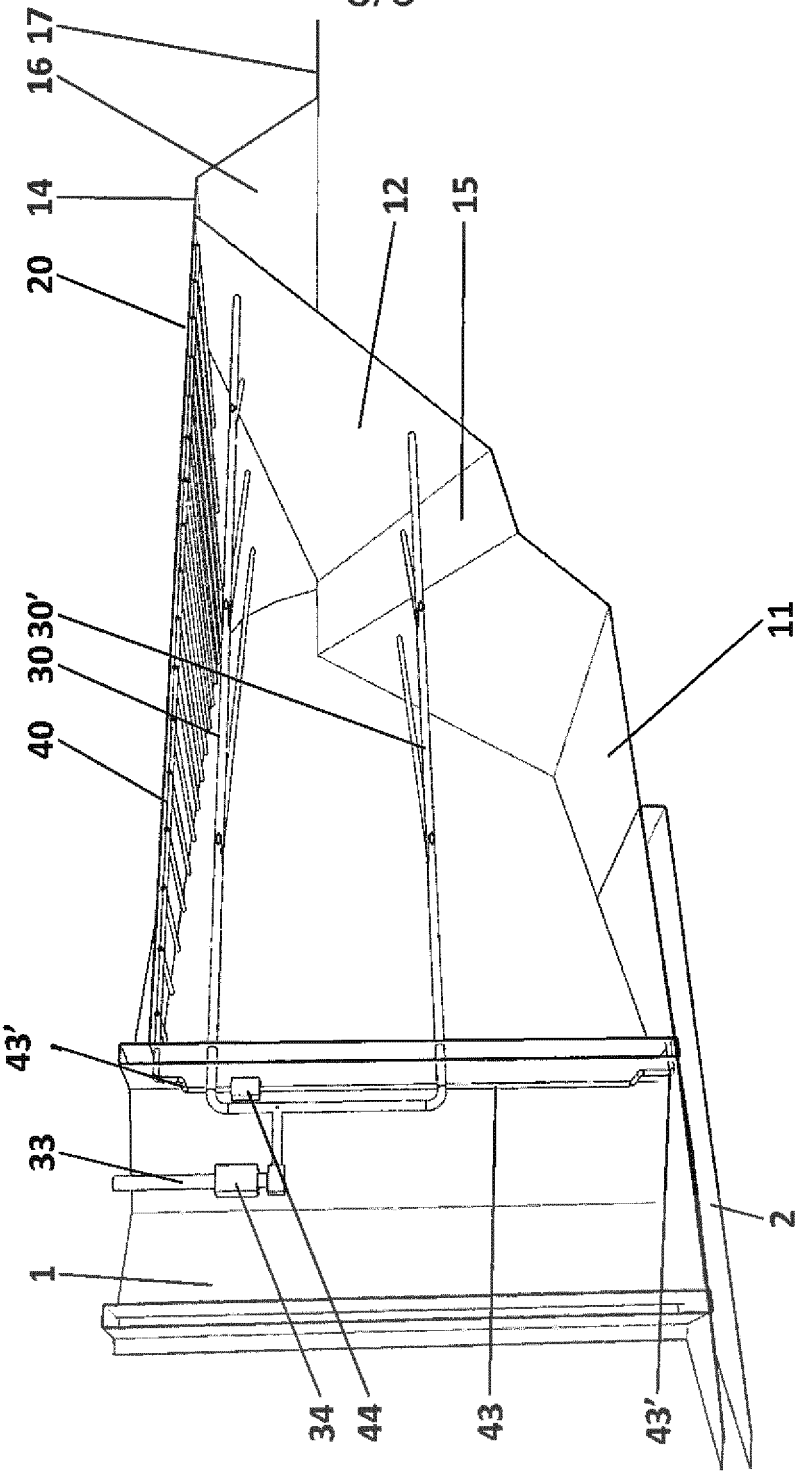


Fig. 6

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 812251
FR 1556455

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	FR 2 543 159 A1 (GUERIN MAURICE [FR]) 28 septembre 1984 (1984-09-28) * revendication 1; figure 3 * * page 2, lignes 24-25,33-35 * * page 8, lignes 23-26 *	1-10	C12M1/18 C12M1/107 B09B3/00
Y	US 5 269 634 A (CHYNOWETH DAVID P [US] ET AL) 14 décembre 1993 (1993-12-14) * revendication 1; figure 1 *	1-10	
Y	US 2010/159571 A1 (LUTZ PETER [DE]) 24 juin 2010 (2010-06-24) * revendication 1; figure 1 *	1-10	
A	FR 2 469 863 A1 (DEHAYE JEAN [FR]) 29 mai 1981 (1981-05-29) * figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			C12M C05F

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
18 mai 2016	Jones, Laura

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1556455 FA 812251

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 18-05-2016
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2543159 A1	28-09-1984	AUCUN	
US 5269634 A	14-12-1993	AUCUN	
US 2010159571 A1	24-06-2010	BR PI0905156 A2	03-11-2010
		CN 101760424 A	30-06-2010
		DE 102009011868 A1	01-07-2010
		EA 200901570 A1	30-08-2010
		EP 2202292 A1	30-06-2010
		JP 2010162018 A	29-07-2010
		US 2010159571 A1	24-06-2010
FR 2469863 A1	29-05-1981	AUCUN	

EPO FORM P0465