



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 30417 B1** (51) Cl. internationale : **F26B 3/347**
- (43) Date de publication : **04.05.2009**

- 
- (21) N° Dépôt : **31389**
- (22) Date de Dépôt : **20.11.2008**
- (30) Données de Priorité : **21.04.2006 FR 0603551**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/FR2007/000671 20.04.2007**
- (71) Demandeur(s) :
- **BEARN INNOVATION-DEDIEU Bernard, Pôle 45 - 264, rue des Sables de Sary F-45770 Saran (FR)**
  - **SARL INNOPARTS, 56 rue de la Ribaudière F-45380 Chaingy (FR)**
  - **BARBOSA, ARTHUR, La Challonnière, Route de Semely F-45510 VIENNE EN VAL (FR)**
- (72) Inventeur(s) : **DEDIEU, Bernard**
- (74) Mandataire : **CABINET CHARDY**

- 
- (54) Titre : **PROCEDE DE SECHAGE DES BOUES ET DISPOSITIF PERMETTANT LA MISE EN OEUVRE DU PROCEDE.**
- (57) Abrégé : LE PROCÉDÉ DE SÉCHAGE DES BOUES COMPORTE :UNE ÉTAPE DE MISE EN PRESSION À UNE PRESSION DÉTERMINÉE D'UNE ENCEINTE (1) ÉTANCHE AU MOINS PAR INJECTION DE VAPEUR D'EAU SATURANTE; UNE ÉTAPE DE CHARGEMENT DES BOUES À L'INTÉRIEUR D'UNE CUVE (7) ÉLOIGNÉE DES PAROIS DE L'ENCEINTE (1); UNE ÉTAPE D'INJECTION DE VAPEUR SURCHAUFFÉE DANS LA BOUE (5) PAR L'INTERMÉDIAIRE D'UN MÉLANGEUR (3) EN ACTION PROCHE DE LA PAROI DE LA CUVE (7) LA PLUS ÉLOIGNÉE PAR RAPPORT À LA SOURCE DES MICRO-ONDES (22) COMPORTANT DES MOYENS (33) D'INJECTIONS; UNE ÉTAPE DE CHAUFFAGE AU COEUR DE LA BOUE (5) PAR ÉMISSION DE MICRO-ONDES (23) EN DIRECTION DE LA CUVE (7), CETTE ÉTAPE ÉTANT RÉALISÉE EN MÉLANGEANT LA BOUE (5); UNE ÉTAPE D'ÉVACUATION DES EAUX RECUEILLIES

PAR CONDENSATION ET RUISSELLEMENT SUR LES PAROIS DE L'ENCEINTE VERS  
LE FOND DE L'ENCEINTE (1).

## ABREGE

Inventeur : DEDIEU Bernard

Déposants : DEDIEU Bernard BEARN INNOVATION, Arthur BARBOSA

La présente invention concerne un procédé et dispositif de séchage des  
5 boues caractérisé en ce que le procédé de séchage du bois comporte :

- une étape de mise en pression à une pression déterminée d'une  
enceinte (1) étanche au moins par injection de vapeur d'eau saturante et de  
maintien de cette pression pendant un temps déterminé ;
- une étape de chargement des boues à l'intérieur d'une cuve éloignée  
10 des parois de l'enceinte (1) avec des moyens de chargement assurant le  
maintien en pression ;
- une étape d'injection de vapeur surchauffée dans la boue (5) par  
l'intermédiaire d'un mélangeur (3) en action proche de la paroi de la cuve la plus  
éloignée par rapport à la source des micro-ondes comportant des moyens (33)  
15 d'injections ;
- une étape de chauffage au cœur de la boue (5) par émission de micro-  
ondes dans des fréquences comprises entre 400 et 2450 MHz en direction de la  
cuve, cette étape étant réalisée en mélangeant la boue (5) ;
- une étape d'évacuation des eaux recueillies par condensation et  
20 ruissellement sur les parois de l'enceinte vers le fond de l'enceinte (1) par  
l'intermédiaire d'une vanne (6) communiquant avec l'extérieur.

Figure 1



P.V. 31389

DIX SEPTIEME ET DERNIER FEUILLET

RABAT, LE 20/11/2008

**Procédé de séchage des boues et dispositif permettant la mise en œuvre  
du procédé**

La présente invention concerne un procédé de séchage des boues et le dispositif permettant la mise en œuvre du procédé, et plus particulièrement un  
5 procédé et son dispositif de séchage de boues industrielles, mixtes ou urbaines.

Le problème posé par le traitement des boues d'épuration est un problème qui préoccupe très sérieusement les Collectivités locales et les Etats. En effet leur quantité ne cesse d'augmenter, et les risques de pollution toxique, bactériologique et olfactive qu'elles induisent pour les sols, les nappes et  
10 l'environnement augmentent aussi. Il est donc nécessaire de disposer d'une technique optimale de traitement et de valorisation de ces boues qui soit sûre, durable, écologique, économique et applicable à tous les cas.

Pour faire face à ces problèmes, il existe aujourd'hui plusieurs solutions de traitement des boues.

15 On peut notamment citer les traitements par convection, dont le principe repose sur un transfert de chaleur. L'inconvénient de cette technique est qu'elle est très onéreuse.

Une autre solution consiste dans un premier temps à faire sécher les boues pour ensuite les mettre sous forme de granulés qui pourront être stockés.

20 L'étape de séchage est en général effectuée en déposant les boues encore humides sur un banc de séchage, la boue étant ensuite traversée par un flux d'air chauffé. A l'issue de cette étape les boues sont transformées sous forme de granulés.

Un inconvénient de ce type de traitement est que le séchage des boues  
25 avec le flux d'air chauffé est trop long.

Le brevet FR 2 115 951 propose un dispositif, qui pourrait résoudre le problème du temps de séchage trop long, permettant de sécher des produit type aliments pour animaux ou fertilisant, et permettant de stériliser ces

produits, après les avoir mis sous forme de boues préalablement fragmentées. Ce dispositif comprend un transporteur à vis en forme de tube qui va permettre le transport des boues fragmentées. Le transporteur comporte un arbre s'étendant axialement par rapport au tube et comportant des pales disposées en hélice. Ce transporteur à pour but unique de faire avancer les boues fragmentées vers la zone d'irradiation par des micro-ondes. Ces micro-ondes ayant pour fonction d'effectuer la stérilisation des fragments et de parfaire le séchage en permettant le dégagement du restant d'humidité des boues fragmentées. Les parcelles ainsi séchées sortent du dispositif et sont recueillies pour être conditionnées.

L'inconvénient de ce dispositif est qu'il nécessite plusieurs étapes pour arriver au séchage des produits, et notamment une étape de fragmentation des boues à sécher. Ces différentes étapes nécessitant un appareillage plus complexe et plus encombrant.

Un autre inconvénient de ces dispositifs de séchages est que dans certain cas des risques d'inflammation ou d'explosion peuvent apparaître. Les risques d'explosion existent si trois facteurs sont présents : une grande teneur en poussières, un forte teneur en oxygène et une source d'ignition. Il est donc important d'éviter la présence d'un des ces trois facteurs.

De plus les dispositifs de ces techniques sont chers et leur utilisation couteuse en énergie.

Lorsque le séchage est correctement effectué, la boue séchée peut s'auto-échauffer ce qui peut provoquer une source d'ignition. Ce facteur d'ignition est donc souvent présent lors du séchage des boues. Il faut donc faire en sorte d'éviter la présence des deux autres facteurs à savoir les poussières et la teneur en oxygène.

La présente invention a pour but de proposer un procédé et son dispositif qui permettent d'optimiser le séchage des boues sans risque d'explosion tout en obtenant très rapidement un séchage complet des boues et de ce fait en

réduisant l'énergie consommée.

Ce but est atteint par le fait que le procédé de séchage de boue telles que les boues dépuration, le lisier ou les déchets de fosses septiques comporte:

5 - une étape de mise en pression à une pression déterminée d'une enceinte étanche au moins par injection de vapeur d'eau saturante et de maintien de cette pression pendant un temps déterminé ;

- une étape de chargement des boues à l'intérieur d'une cuve éloignée des parois de l'enceinte avec des moyens de chargement assurant le maintien en pression ;

10 - une étape d'injection de vapeur surchauffée dans la boue par l'intermédiaire d'un mélangeur en action proche de la paroi de la cuve la plus éloignée par rapport à la source des micro-ondes comportant des moyens d'injections ;

15 - une étape de chauffage au cœur de la boue par émission de micro-ondes dans des fréquences comprises entre 400 et 2450 MHz en direction de la cuve, cette étape étant réalisée en mélangeant la boue ;

- une étape d'évacuation des eaux recueillies par condensation et ruissellement sur les parois de l'enceinte vers le fond de l'enceinte par l'intermédiaire d'une vanne communiquant avec l'extérieur.

20 Selon une autre particularité, pendant toute la durée du séchage la boue est mélangée avec le mélangeur pour permettre une meilleure homogénéité du séchage, tout en favorisant considérablement la pénétration des micro-ondes dans la matière.

25 Selon une autre particularité, la pression de vapeur d'eau saturante est comprise dans une plage entre 1 bar et 3 bars.

Selon une autre particularité, la pression de vapeur d'eau saturante est de 1 bar.

Selon une autre particularité, la pression de vapeur surchauffée est comprise entre 1 bar et 5 bars.

Selon une autre particularité, la pression de vapeur surchauffée est de 3 bars.

Selon une autre particularité, la température de l'enceinte doit être inférieure à la température de la boue pour permettre une évaporation.

5 Selon une autre particularité, l'irradiation par les micro-ondes est effectuée lorsque la température de la boue est comprise entre 110°C et 140°C.

Selon une autre particularité, l'irradiation par les micro-ondes est effectuée lorsque la température de la boue est de 130°C.

10 Un autre but de l'invention est de proposer un dispositif permettant la mise en œuvre du procédé.

Ce but est atteint par le fait que le dispositif permettant la mise en œuvre du procédé est constitué d'une enceinte, comportant une cuve étanche, résistante à la pression et communiquant par au moins une fenêtre en quartz ou toute autre matière convenant aux micro-ondes avec au moins un générateur  
15 de micro-ondes, l'enceinte communiquant avec un chemin d'arrivée de vapeur saturante et une arrivée de boue à sécher, un mélangeur comportant des moyens d'injection de vapeur surchauffée disposé dans l'enceinte, une trappe de déchargement des matières séchées.

20 Selon une autre particularité, le dispositif comporte dans sa partie la plus basse orientée vers le sol un orifice permettant d'évacuer par gravité des eaux de ruissellement contrôlé par une vanne ou de réguler la pression interne de l'enceinte.

25 Selon une autre particularité, l'enceinte comporte des moyens réfrigérants disposés dans sa partie la plus basse de façon à refroidir sa paroi interne en contact avec l'atmosphère sous pression, les moyens étant disposés de façon à ne refroidir qu'une partie de l'enceinte.

Selon une autre particularité, les moyens réfrigérants permettent de refroidir entre la moitié et les  $\frac{3}{4}$  de l'enceinte.

Selon une autre particularité, le mélangeur est formé d'un tube

comportant au moins un élément mélangeur de type pale solidaire de sa périphérie, les moyens d'injection étant disposés sur cet élément.

Selon une autre particularité, le tube est relié à un générateur de vapeur surchauffée, la vapeur produite par le générateur circulant dans le tube pour arriver jusqu'à l'élément mélangeur et ensuite être injectée par les moyens d'injections.

Selon une autre particularité, les moyens d'injection sont formés par des ouvertures formées sur l'élément mélangeur.

Selon une autre particularité, toutes les ouvertures de l'enceinte sont obturables avec des moyens d'obturation assurant les conditions d'étanchéité à la pression et aux micro-ondes.

Selon une autre particularité, l'enceinte comporte des moyens réfrigérants permettant de refroidir une partie de sa surface interne pour favoriser la condensation de l'eau évaporée par le traitement de séchage.

Selon une autre particularité, le dispositif comporte au moins une extrémité obturable par une porte automatique assurant les conditions d'étanchéité à la pression et aux micro-ondes.

Selon une autre particularité, le générateur de micro-ondes communique avec l'enceinte de séchage à travers un coupleur/adaptateur de micro-ondes.

Selon une autre particularité, l'enceinte comporte une soupape de sécurité.

Selon une autre particularité, la cuve est éloignée des parois de l'enceinte par des supports perforés pour permettre le ruissèlement de l'eau condensée

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une vue en coupe longitudinale d'un mode de réalisation du dispositif selon l'invention ;



- la figure 2 représente une vue en coupe longitudinale d'un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention.

- la figure 3 représente une vue en coupe transversale du mode de réalisation représenté sur la figure 2.

5 Comme représenté sur les figures 1, 2 et 3, le dispositif est constitué d'une enceinte (1), de préférence, cylindrique et de forme allongée en matériau métallique avec une double paroi assurant d'une part, à la fois une bonne isolation thermique et l'étanchéité à la pression de la vapeur et d'autre part, l'étanchéité aux ondes. Cette enceinte (1) comporte au moins une extrémité ouverte sur l'extérieur et obturable par une porte (10) ou un couvercle (10).  
10 Dans un mode préféré de réalisation de l'invention, l'enceinte (1) comporte une extrémité obturable. La porte (10) permettant d'obturer les ouvertures étant réalisée de façon à ce que l'enceinte (1) soit totalement hermétique à l'air, à la pression de vapeur et aux ondes telles que les micro-ondes, lorsque la porte  
15 (10) est refermée. La porte (10) comporte donc un joint (102) en « Téfion » ou silicone pour l'étanchéité à la pression et en métal (101) pour l'étanchéité aux micro-ondes. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2 la porte (10) peut coulisser grâce à un système de déplacement (152) comportant des roues (151) relié à la porte. Ce système permet ainsi à la porte d'être déplacée  
20 axialement par rapport à l'enceinte (1). Dans ce mode de réalisation la boue est chargée par l'ouverture formée lorsque la porte est ouverte.

L'enceinte (1) est en générale posée sur le sol, et est maintenue en place par des pieds (15), la partie reposant sur le sol formant la partie basse de l'enceinte (1).

25 L'enceinte (1) comporte à l'intérieur, une paroi supplémentaire dans sa partie basse formant une cuve (7) sphérique dans laquelle va être chargée la boue (5) à sécher. Cette cuve (7) comporte des rebords (71) supérieurs fixés à l'enceinte (1) et sur lesquels sont formés des petites ouvertures. Ces ouvertures permettent l'évacuation vers le fond de l'enceinte (1) des eaux condensées sur

la paroi interne de l'enceinte (1).

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, la matière (5) à sécher est chargée dans l'enceinte (1) par une arrivée de matière (8). Cette arrivée (8) est disposée sur une face de l'enceinte (1) à mi-hauteur de celle-ci.

5 Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2, le chargement de la matière (5) à sécher se fait grâce à la cuve qui étant disposée sur un chariot (152) roulant (151) peut être déplacée latéralement, le déchargement se faisant par retournement de la cuve.

10 Les boues (5) concernées par l'invention sont des boues du type boues d'épuration, lisier, déchets de fosses septiques...etc.

L'enceinte (1) comporte également au moins une ouverture (2) arrondie ou rectangulaire constituant une fenêtre (2). Dans un mode de réalisation de l'invention, l'enceinte (1) comporte plusieurs fenêtres (2). Ces fenêtres (2) sont constituées en matériau étanche à la vapeur mais laissant passer les rayonnements de micro-ondes. Dans un mode de réalisation les fenêtres (2) sont en quartz. Dans un autre mode de réalisation les fenêtres (2) sont en « Téflon », ou tout autre matériau permettant les rayonnements électromagnétiques et l'étanchéité à la vapeur. Ces fenêtres (2) sous pression permettent d'émettre les ondes (23) vers l'intérieur de l'enceinte (1) et sont dites  
15 fenêtres (2) émettrices. Elles permettent ainsi de laisser passer les ondes (23) qui vont irradier ensuite la boue (5) à sécher. Les ondes (23) sont amenées par un guide d'onde (24) à au moins une fenêtre (2). Le guide d'onde (24) communique à travers un coupleur/adaptateur d'impédance (21) et le générateur de micro-ondes (22). Le générateur (22) d'ondes (23) permet ainsi  
20 d'irradier la boue (5) à sécher. Les fenêtres (2) sont disposées dans la partie haute de l'enceinte (1) c'est à dire la partie opposée à celle qui repose sur le sol.

Dans un premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, l'enceinte (1) est verticale, dans ce cas elle est plus haute que large. Dans ce mode de

mode de réalisation l'enceinte (1) comporte une ouverture à l'extrémité opposée à celle reposant sur le sol. Les fenêtres (2) sont alors disposées sur la partie haute dessous l'ouverture et donc au dessous du couvercle (10). Dans ce cas les ondes sont, à la sortie des fenêtres, perpendiculaires par rapport au fond de la cuve et sont ensuite redirigées de façon à arriver verticalement dans la matière (5) à sécher.

Dans un autre mode de réalisation les fenêtres (2) sont disposées sur le couvercle (10) et permettent ainsi un rayonnement direct qui arrive verticalement dans la matière (5) à sécher.

Dans un deuxième mode de réalisation représenté sur la figure 2, la cuve est disposée horizontalement, elle est alors plus large que haute. Dans ce cas l'ouverture qui est toujours à une extrémité va se retrouver disposée sur le coté opposé à l'alimentation. Les fenêtres (2) sont alors disposées toujours dans la partie haute de l'enceinte (1) c'est à dire dans la partie opposée à celle reposant sur le sol.

Quelque soit le mode de réalisation lorsque les fenêtres (2) sont rectangulaires elles sont disposées de façon à être inversées l'une par rapport à l'autre, c'est à dire qu'une fenêtre est disposée dans le sens de la longueur et celle à coté dans le sens de la hauteur etc. comme illustré sur la figure 2.

L'enceinte (1) est en communication par au moins deux canalisations avec au moins deux systèmes générateurs de vapeur.

Un premier générateur (9) génère de la vapeur saturante. Cette vapeur est injectée dans toute l'enceinte (1) avant le chargement de la matière (5) à sécher.

Un deuxième générateur (32) génère de la vapeur surchauffée. Cette vapeur surchauffée est directement injectée dans la matière (5) à sécher.

A l'intérieur de l'enceinte (1) est disposé un mélangeur (3). Ce mélangeur (3) est formé d'un tube (31, 31') qui traverse l'enceinte (1). Ce tube (31, 31') est relié au générateur (32) de vapeur surchauffée. Le tube (31, 31') comporte au

moins un élément (35, 35') mélangeur. Cet élément (35, 35') mélangeur dispose de moyens (33, 33') d'injection de la vapeur surchauffée. Les moyens d'injection (33, 33') sont formés par des ouvertures (33, 33') formées sur l'élément (35, 35') mélangeur. La vapeur produite par le générateur (32) circule dans le tube pour arriver jusqu'à l'élément (35, 35') mélangeur et est ensuite injectée par les moyens (33, 33') d'injection au cœur de la matière (5) à sécher.

Dans le premier mode de réalisation l'élément (35) mélangeur est formé par des pales fixées à l'extrémité du tube (31) arrivant au fond de l'enceinte (1). Le mélangeur tourne grâce à un moteur (34) disposé à l'extérieur de l'enceinte (1). Les pales épousent la forme sphérique ou elliptique du fond de la cuve (7).

Le tube est décalé par rapport à l'axe (A) de symétrie de la cuve, c'est à dire proche de la paroi éloignée de la source de micro-ondes.

Dans le deuxième mode de réalisation l'élément (35') mélangeur est formé par des pales rectangulaires fixées sur la périphérie du tube (31') de préférence selon une géométrie hélicoïdale et décalées entre elles. Le tube tourne grâce à un moteur (34) et se comporte comme une vis sans fin.

Dans les deux cas les pales sont fixées de façon à arriver le plus proche possible du fond de la cuve (7) pour mélanger un maximum de matière (5) à sécher. Le matériau utilisé pour les pales est un matériau résistant aux micro-ondes. Le matériau peut être par exemple du pyrex ou du « Téflon ».

Les pales sont fixées de façon à ne pas dépasser de la matière (5) à sécher avant séchage et la quantité de matière (5) est adaptée de façon à ce qu'en fin de séchage les pales ne dépassent pas trop pour éviter les problèmes dus aux chocs avec les micro-ondes.

Le rôle des mélangeurs étant d'une part de mélanger la boue (5) pour avoir un séchage homogène et d'autre part d'accroître la pénétration des micro-ondes dans la boue (5) et favoriser le séchage. En effet sans mélange de la boue, une croûte sèche se forme rapidement à sa surface ce qui empêche les micro-ondes de pénétrer correctement, et empêche donc un séchage efficace et

et homogène.

Les eaux de condensation sont évacuées par une canalisation (4) contrôlée par une vanne (41) d'évacuation et disposée dans la partie basse de l'enceinte.

5 Cette vanne (41) d'évacuation permet de maintenir l'enceinte (1) à la pression désirée, d'évacuer de la pression si celle-ci est trop élevée et enfin de mettre l'enceinte (1) à l'atmosphère une fois le processus de séchage achevé.

La partie supérieure de l'enceinte (1) comporte une soupape de sécurité (12) qui est réglée en fonction de la pression désirée et qui va servir uniquement  
10 en cas d'incident nécessitant de réguler la pression autrement qu'avec la vanne (41) d'évacuation. Cette soupape (12) ne sera donc, dans un fonctionnement normal du dispositif, jamais utilisée.

L'enceinte (1) comporte également des moyens réfrigérant (203) dans sa double paroi. Ces moyens réfrigérant (203) sont disposés de façon à permettre  
15 le refroidissement de la partie base de l'enceinte (1) et ainsi la condensation des eaux d'évaporation. Les moyens réfrigérant (203) sont par exemple des serpentins dans lesquels circule un gaz refroidissant.

Ces moyens (203) de refroidissement délimitent une zone froide (200) et une zone chaude (300) dans l'enceinte. La séparation (202) entre les deux  
20 zones se situant environ entre la moitié et les  $\frac{3}{4}$  de la partie basse de l'enceinte.

L'enceinte (1) comporte dans sa partie basse une trappe (6) qui permet d'évacuer la matière séchée lorsque le cycle de séchage est terminé. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, cette trappe (6) comporte également un guide qui va permettre au mélangeur (3) d'être maintenu droit et  
25 ainsi éviter son balancement lors du mélange.

L'enceinte (1) comporte des moyens (11) de mesure de la température et de la pression afin de réguler ces paramètres au cours du séchage.

L'ensemble des ouvertures de l'enceinte (1) comporte un système de vanne (91, 81, 61, 41) permettant à l'enceinte (1) de rester hermétique et évitant

évitant aussi la fuite des micro-ondes.

L'ensemble des pressions et des températures utilisées dans le cadre de l'invention étant calculé à partir notamment du diagramme de Mollier.

Le procédé de séchage mettant en œuvre le dispositif précédemment décrit comporte les opérations suivantes :

- mise sous pression de l'enceinte (1) par envoi de vapeur saturante dans l'enceinte (1) jusqu'à atteindre la pression correspondant à la température de fonctionnement souhaitée en vapeur saturante. On pourra choisir par exemple une pression de 1 bar pour une température de 100° Celsius de la vapeur saturante à 3 bars pour une température de 130° Celsius de la vapeur saturante.

- introduction de la matière (5) à sécher qui se trouve sous forme de boue, à ce stade la boue (5) comporte entre 70 et 80% d'eau ;

- envoi de la vapeur surchauffée par l'intermédiaire du tube (31, 31') et des éléments (35, 35') mélangeur au cœur de la boue (5) à sécher tout en mélangeant. Le mélange est très important car il permet de sécher uniformément. La vapeur surchauffée est injectée à une pression de 1 bar à 5 bars, et dans un mode de réalisation de 3 bars. Ce qui permet d'avoir une température de la boue (5) aux environs de 130°C. Cette étape permet d'effectuer un pré-séchage de la matière.

- lorsque la température atteint 130°C envoi des micro-ondes pour accélérer le séchage de la matière. La longueur d'onde des micro-ondes se situe entre 400 et 2450 MHz.

Il y'a donc une différence de pression entre la partie haute de l'enceinte (1) et la partie basse de l'enceinte (1) où se trouve la boue (5). Ce différentiel de pression va favoriser l'évacuation de l'eau vers l'extérieur de la boue (5). La puissance des générateurs à micro-ondes est calculée de façon à atteindre une température de boues (5) supérieure à celle de la vapeur saturante.

Etant donné la présence d'une pression de vapeur saturante, l'humidité

dégagée par la boue lors de son traitement va donc ruisseler sur les parois froides par gravité pour être récupérée en-dessous de la grille (71) par la vanne (41) d'évacuation. L'ouverture de la vanne (41) est déclenchée à intervalles réguliers par le système de contrôle dès que le niveau se rapproche de la grille.

5 L'enceinte (1) comporte un dispositif détecteur de niveau permettant l'ouverture automatique de la vanne (41).

Au bout d'un certain temps lorsque la boue est séchée, le générateur de micro-ondes est également arrêté et la pression diminuée pour arriver progressivement à la pression atmosphérique.

10 Par la mise en saturation du milieu ambiant autour de la boue (5) et l'utilisation judicieuse de puissance de micro-ondes avec des consommations d'énergie bien inférieures à celles généralement utilisées dans l'art antérieur, on arrive à accélérer le processus d'évacuation de l'humidité interne de la boue (5) et obtenir des séchages plus rapides avec une consommation d'énergie

15 inférieure.

De plus le fait de travailler sous pression saturante, évite les phénomènes d'explosions en empêchant la présence d'oxygène.

Il doit être évident pour l'homme du métier que la présente invention permet des modes de réalisation sous de nombreuses autres formes

20 spécifiques sans l'éloigner du domaine d'application de l'invention comme revendiquée. Par conséquent, les présents modes de réalisation doivent être considérés à titre d'illustration, mais peuvent être modifiés dans le domaine défini par la portée des revendications jointes, et l'invention ne doit pas être limitée aux détails donnés ci-dessus.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de séchage de boue (5) telles que les boues dépuration, le lisier ou déchets de fosses septiques par irradiation par micro-ondes caractérisé en ce que le procédé de séchage de boues comporte :

- 5           - une étape de mise en pression à une pression déterminée d'une enceinte (1) étanche au moins par injection de vapeur d'eau saturante et de maintien de cette pression pendant un temps déterminé ;
- une étape de chargement des boues à l'intérieur d'une cuve éloignée des parois de l'enceinte (1) avec des moyens de chargement assurant le
- 10           maintien en pression ;
- une étape d'injection de vapeur surchauffée dans la boue (5) par l'intermédiaire d'un mélangeur (3) en action proche de la paroi de la cuve la plus éloignée par rapport à la source des micro-ondes comportant des moyens (33) d'injections ;
- 15           - une étape de chauffage au cœur de la boue (5) par émission de micro-ondes dans des fréquences comprises entre 400 et 2450 MHz en direction de la cuve, cette étape étant réalisée en mélangeant la boue (5) ;
- une étape d'évacuation des eaux recueillies par condensation et ruissellement sur les parois de l'enceinte vers le fond de l'enceinte (1) par
- 20           l'intermédiaire d'une vanne (6) communiquant avec l'extérieur.

2. Procédé de séchage selon la revendication 1, caractérisé en ce que pendant toute la durée du séchage la boue (5) est mélangée avec le mélangeur (3) pour permettre une meilleure homogénéité du séchage, tout en favorisant considérablement la pénétration des micro-ondes dans la matière.

25           3. Procédé de séchage selon une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que la pression de vapeur d'eau saturante est comprise dans une plage



entre 1 bar et 3 bars.

4. Procédé de séchage selon une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que la pression de vapeur d'eau saturante est de 1 bar.

5. Procédé de séchage selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la pression de vapeur surchauffée est comprise entre 1 bar et 5 bars.

6. Procédé de séchage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la pression de vapeur surchauffée est de 3 bars.

7. Procédé de séchage selon une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la température de l'enceinte doit être inférieure à la température de la boue (5) pour permettre une évaporation.

8. Procédé de séchage selon une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'irradiation par les micro-ondes est effectuée lorsque la température de la boue (5) est comprise entre 110°C et 140°C.

9. Procédé de séchage selon une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'irradiation par les micro-ondes est effectuée lorsque la température de la boue (5) est de 130°C.

10. Dispositif permettant la mise en œuvre du procédé selon les revendications 1 à 9 caractérisé en ce qu'il est constitué d'une enceinte (1), comportant une cuve étanche, résistante à la pression et communiquant par au moins une fenêtre (2) en quartz ou toute autre matière convenant aux micro-ondes avec au moins un générateur (22) de micro-ondes, l'enceinte (1) communiquant avec un générateur (32) de vapeur saturante et une arrivée (8) de boue (5) à sécher, un mélangeur (3) comportant des moyens (33) d'injection de vapeur surchauffée disposé dans l'enceinte, une trappe (6) de déchargement des boues séchées.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte dans sa partie la plus basse orientée vers le sol un orifice (4)

permettant d'évacuer par gravité des eaux de ruissellement contrôlé par une vanne (41) d'évacuation ou de réguler la pression interne de l'enceinte.

12. Dispositif selon une des revendications 10 à 11, caractérisé en ce que l'enceinte (1) comporte des moyens (203) réfrigérants disposés dans sa partie la plus basse de façon à refroidir sa paroi interne en contact avec l'atmosphère sous pression, les moyens étant disposés de façon à ne refroidir qu'une partie de l'enceinte.

13. Dispositif selon une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que les moyens (203) réfrigérants permettent de refroidir entre la moitié et les  $\frac{3}{4}$  de l'enceinte.

14. Dispositif selon une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que le mélangeur (3) est formé d'un tube (31) comportant au moins un élément (35) mélangeur de type pale solidaire de sa périphérie, les moyens (33) d'injection étant disposés sur cet élément.

15. Dispositif selon une des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que le tube (31) est relié à un générateur (32) de vapeur surchauffée, la vapeur produite par le générateur circulant dans le tube (31) pour arriver jusqu'à l'élément (35) mélangeur et ensuite être injectée par les moyens (33) d'injections.

16. Dispositif selon une des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que les moyens (33) d'injection sont formés par des ouvertures formées sur l'élément (35) mélangeur.

17. Dispositif selon une des revendications 10 à 16 caractérisé en ce que toutes les ouvertures de l'enceinte (1) sont obturables avec des moyens d'obturation assurant les conditions d'étanchéité à la pression et aux micro-ondes.

18. Dispositif selon une des revendications 10 à 17, caractérisé en ce

que l'enceinte (1) comporte des moyens (203) réfrigérants permettant de refroidir une partie de sa surface interne pour favoriser la condensation de l'eau évaporer par le traitement de séchage.

19. Dispositif selon une des revendications 10 à 18, caractérisé en ce  
5 qu'il comporte au moins une extrémité obturable par une porte (10) automatique assurant les conditions d'étanchéité à la pression et aux micro-ondes.

20. Dispositif selon une des revendications 10 à 19, caractérisé en ce que le générateur (22) de micro-ondes communique avec l'enceinte (1) de séchage à travers un coupleur/adaptateur (21) de micro-ondes.

10 21. Dispositif selon les revendications 10 à 20, caractérisé en ce que l'enceinte (1) comporte une soupape (12) de sécurité.

22. Dispositif selon les revendications 10 à 21, caractérisé en ce que la cuve est éloignée des parois de l'enceinte par des supports perforés pour permettre le ruissèlement de l'eau condensée.

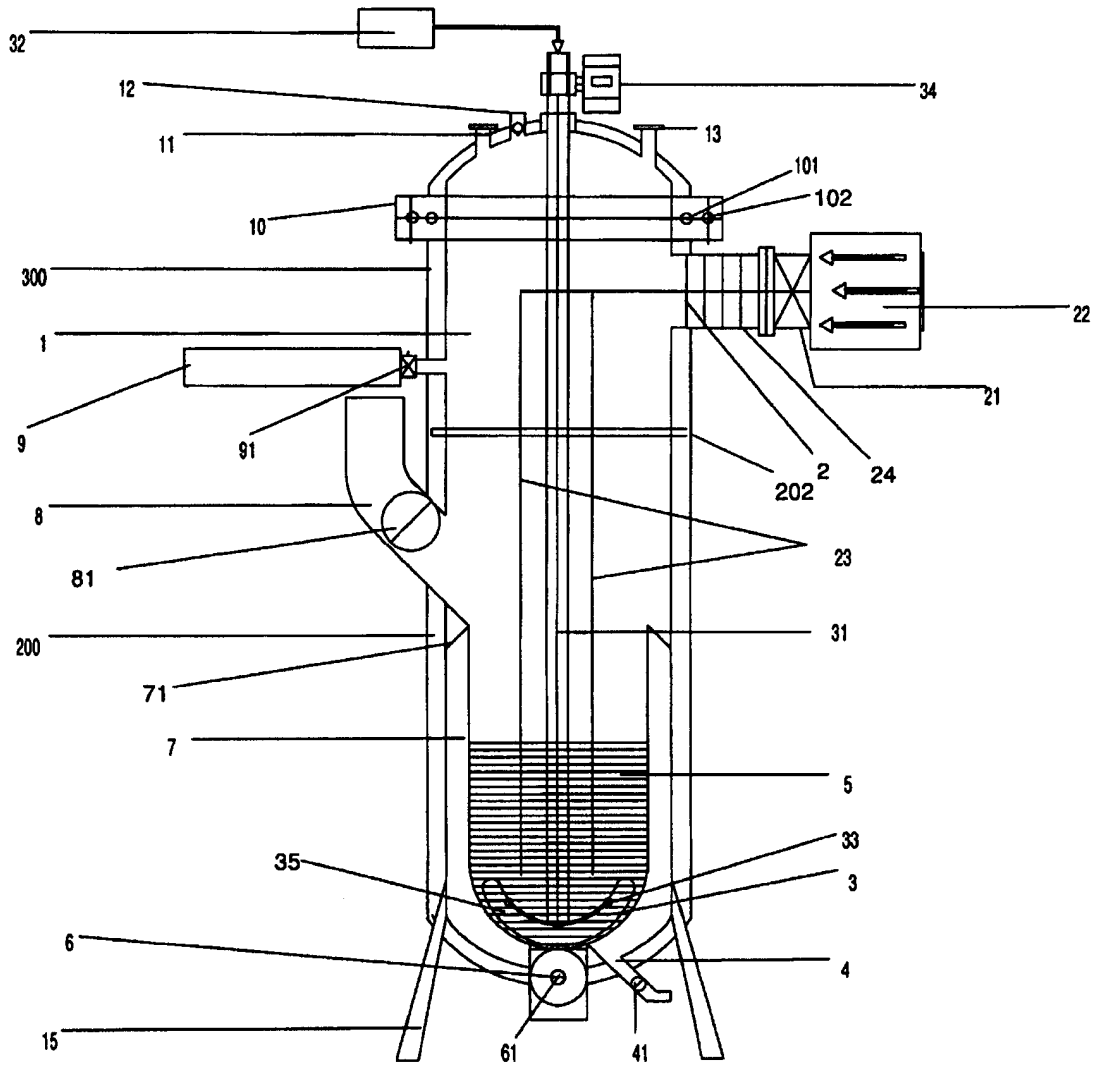


Fig. 1

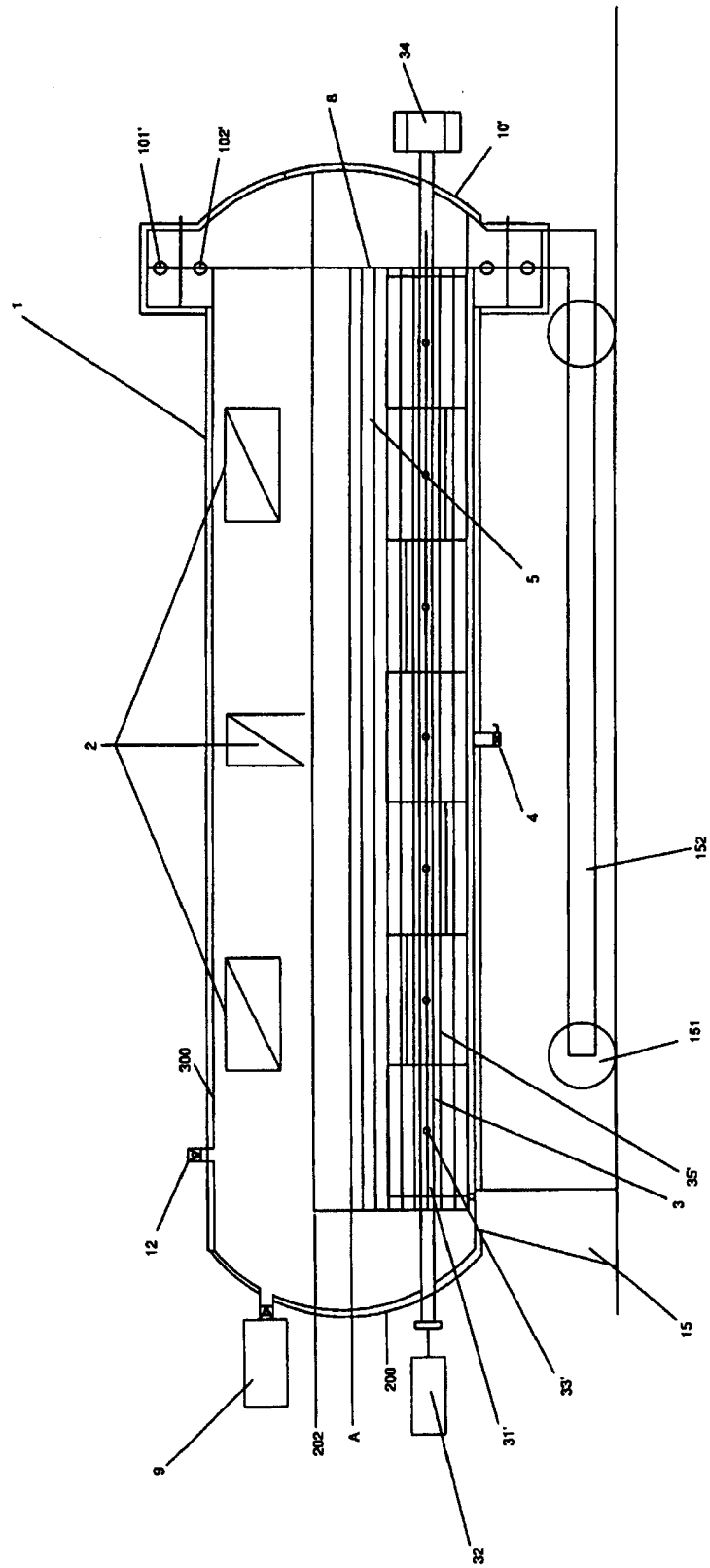
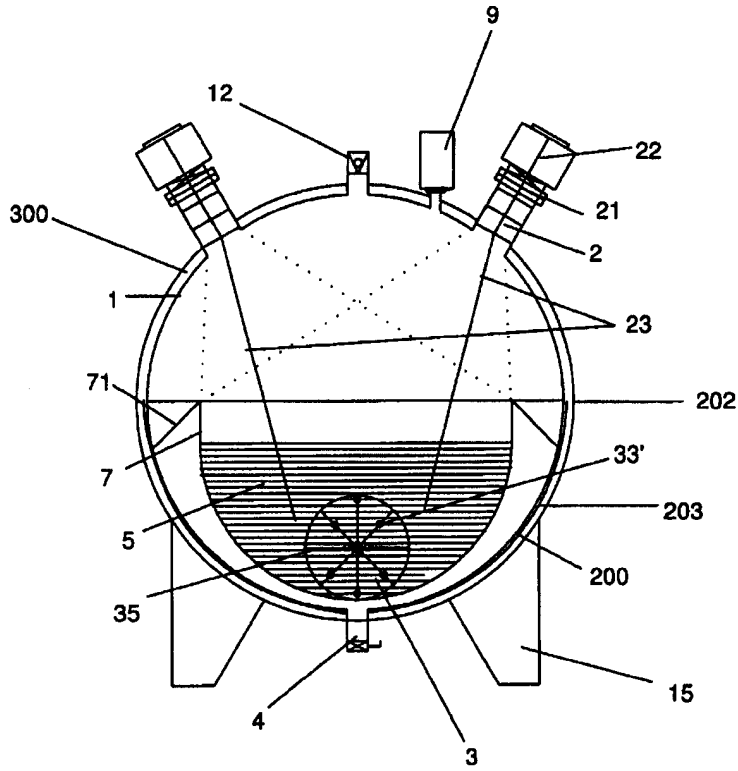


Fig. 2



**Fig. 3**