

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2 500 990

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 04427

(54)

Procédé d'utilisation des produits du métabolisme des animaux, installation pour sa mise en œuvre et produits obtenus par ledit procédé.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). A 01 C 3/02; A 23 J 1/00; C 05 F 3/06;
C 12 P 5/02, 21/00.

(22)

Date de dépôt..... 5 mars 1981.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 36 du 10-9-1982.

(71)

Déposant : VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT KOMPLEXNYKH PROBLEM MASHINOSTROENIA DLYA ZHIVOTNOVODSTVA I KORMOPROIZVODSTVA, VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT BIOSINTEZA BELKOVYKH VESCHESTV, VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT GENETIKI I SELEKTSII MIKROORGANIZMOV (VNIIGENETIKA), TSENTRALNAYA EXPERIMENTALNO-ISSLEDOVATELSKAYA I KONSTRUKTORSKO-TEKHNOLOGICHESKAYA LABORATORIA KHIMIZATSII SELSKOGO-KHOZYAISTVA et ARMYANSKY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT MEKHANIZATSII I ELEKTRIFIKATSII SELSKOGO KHOZYAISTVA, résidant en URSS.

(72)

Invention de : I. F. Vasilenko, V. D. Shepovarov, A. G. Puzankov, I. Z. Metelsky, V. I. Borodin, P. P. Bushtets, A. N. Grigorian, K. I. Bitrikh, V. P. Dibtsov, K. V. Alexandrian, S. E. Markarian, E. V. Degtyarev, A. F. Sholin, V. K. Alexeev, V. V. Lalov et A. A. Shmushkin.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne les procédés de transformation des déchets de l'élevage, tels que : fumier, détritux végétaux et leurs mélanges, et a notamment pour objet un procédé d'utilisation des produits du métabolisme ou de l'activité vitale des animaux, une installation pour sa mise en oeuvre, ainsi que les produits obtenus par ledit procédé.

* Le procédé proposé peut être appliqué dans le domaine de la transformation des déchets organiques de la production agricole, notamment dans les complexes d'élevage et les fermes, ainsi que dans d'autres systèmes écologiques artificiels à cycle fermé de conversion biologique des substances nutritives et de l'énergie.

Dans la pratique, on utilise toute une série de processus technologiques liés à la transformation des résidus organiques. Parmi ces processus figurent notamment le compostage du fumier, la transformation microbiologique aérobie, l'utilisation de purin pour l'irrigation des champs, la fermentation méthanique, la transformation par les larves de mouches, l'utilisation en tant qu'engrais et (ou) aliments après un traitement biologique spécial, etc.

Les exigences principales auxquelles doivent satisfaire ces processus dans les conditions industrielles sont : la possibilité d'obtenir des produits de transformation (engrais ou aliments) de qualité requise avec des pertes minimales des propriétés du fumier comme engrais, et la réduction à un minimum du temps et des moyens dépensés par unité de produit fini.

La qualité des produits de transformation obtenus est caractérisée par le degré de conservation du potentiel fertilisant ou protéinique contenu dans le fumier de départ et par la transformation plus ou moins complète des substances nutritives qu'il contient en produit alimentaire (masse végétale, masse microbienne ou autre masse contenant des protéines).

Pour atteindre un niveau maximal de cette caractéristique à la vitesse requise du processus de transformation, il faut avant tout réduire à un minimum les pertes d'azote et de

matières organiques, qui sont inévitables dans les conditions de décomposition non commandée s'accompagnant d'une dispersion intense des produits volatiles de décomposition de la matière organique sous forme de gaz contenant de l'azote et du carbone, et il faut en outre assurer une transformation rapide et suffisamment économique de la masse organique du fumier en aliment.

Les procédés connus de transformation des produits du métabolisme des animaux sont caractérisés par les vitesses limites et les effets économiques différents que l'on peut atteindre, et les produits qui en résultent satisfont dans différentes mesures aux exigences d'ordre hygiénique et zootechmique. Toutefois, il n'existe à l'heure actuelle, aucun procédé satisfaisant dans une mesure suffisante aux conditions de l'élevage intensif, de l'économie et de la protection de la nature. De ce fait, le fumier et le purin demeurent les principales sources de pollution du sol ainsi que des bassins d'eau et d'air dans les zones où se trouvent les grands complexes d'élevage et les fermes.

Le manque de solutions technologiques satisfaisantes dans le domaine de la transformation du fumier ralentit le développement de l'élevage sur une échelle industrielle et ne permet pas d'intensifier la production des produits d'élevage conformément aux exigences modernes de l'économie, de l'hygiène zoologique et de la protection de l'environnement.

Les avantages et les inconvénients concrets des procédés connus ressortiront de la description suivante de différents exemples de technologies de transformation des résidus de l'élevage utilisés à l'heure actuelle, dans les grands complexes d'élevage et les fermes.

Le procédé principal de transformation du purin consiste à l'utiliser comme engrais organique. L'opération la plus répandue de préparation du purin à son introduction dans le sol consistait jusqu'à récemment à le maintenir dans un système de lagunes et à l'introduire ensuite dans le sol par aspersion ou par arrosage. Les lagunes sont réalisées le plus souvent sous forme d'étangs-décanteurs dans lesquels

se produit la décomposition biologique d'une partie du purin ou des eaux d'égoûts, à la suite de laquelle on obtient un engrais organique convenant pour la fertilisation.

Le fumier se trouve dans ces lagunes pendant une période assez longue (à peu près 100 jours) et est aéré à l'aide de turbines fixes ou flottantes. La fraction solide de fumier déposée sur le fond de la lagune est évacuée une fois tous les deux ou trois ans. Ce procédé simple mais efficace de traitement du fumier est caractérisé par des pertes considérables de substances nutritives. Les pertes d'azote ammoniacal dans une lagune aérobie classique atteignent 90% de sa teneur initiale.

Du fait que de la fermentation aérobie s'interrompt déjà à la température de +18°C, pendant la période d'hiver les lagunes se transforment en simples accumulateurs de purin. Les lagunes ne satisfont pas aux normes sanitaires et hygiéniques, car la salmonella peut y survivre à la température mentionnée pendant toute la période de conservation.

Le procédé de traitement en lagunes est combiné parfois avec le traitement dans un système de fosses d'oxydation. Dans les fosses d'oxydation se trouvant sous des planchers à fentes de locaux d'élevage, on installe des aérateurs consistant en des rotors à aubes tournants mélangeant le purin qui se sature d'oxygène et est déplacé suivant un canal. Dans ce procédé de transformation du fumier, la décomposition aérobie se produit même pendant la période d'hiver, mais la vitesse du processus est basse, le système de fosses d'oxydation nécessite des investissements importants et conduit lui aussi à des pertes notables des substances nutritives du fumier. Parmi les inconvénients de l'utilisation de ce procédé, il faut mentionner l'usure rapide des dispositifs d'aération et la formation abondante d'écume, qui peut même se répandre dans le local. Du fait qu'il n'existe pas de méthodes suffisamment efficaces de contrôle de la formation d'écume dans ces conditions, cet inconvénient présente une difficulté sérieuse. Enfin, il faut noter que dans les conditions de densité de population propres

aux pays développés, les inconvénients importants de toutes les variantes du procédé de traitement du fumier en lagunes sont : la pollution des eaux souterraines, surtout dans les sols légers; le fort dégagement d'odeurs au printemps ; la
5 nécessité d'occuper de vastes surfaces de terre pour les lagunes.

Les autres procédés de traitement du fumier sont fondés sur son utilisation uniquement comme engrais et consistent à le séparer en une phase solide et une phase liquide. La
10 partie solide qui est la plus riche en substances nutritives, est mise en tas, puis séchée ou compostée et ensuite introduite dans le sol.

En général, la séparation en fractions permet de réduire les dimensions et la puissance de l'équipement, de diminuer
15 la durée du traitement ultérieur de la phase liquide, donne la possibilité de l'utiliser en recyclage, en diminuant ainsi la consommation totale d'eau. Toutefois, cette technologie est utilisée sur une échelle limitée, car elle nécessite des terrains d'étendue considérable pour assurer
20 l'utilisation non nuisible de grandes quantités de purin par introduction directe dans le sol.

En outre, comme il ressort des données des recherches agrochimiques, les pertes d'azote et de matières organiques au cours du traitement biothermique pendant le compostage
25 sont assez importantes et, dans la majorité des cas, dépassent 30% de leur teneur dans la fraction solide. Les pertes d'azote en cas d'introduction directe de la phase liquide du fumier dans le sol atteignent 95% de la teneur initiale.

30 Ces dernières années, le procédé de transformation aérobie du fumier dans les silos-tours sur terre a trouvé une large application dans la production d'engrais. A la différence du procédé en lagunes, le purin s'écoulant du local d'élevage n'est pas envoyé immédiatement au silo.
35 Il est d'abord amené dans un ou plusieurs réservoirs pourvus d'aérateurs, où il est maintenu pendant 7 à 10 jours. Dans les conditions de l'aération, les micro-organismes

décomposent fortement les substances organiques et élèvent la température jusqu'à 42 à 65°C. Ainsi s'effectue une désinfection du mélange, après laquelle le purin est refoulé dans le silo.

- 5 Le transport du fumier au champ et son introduction dans le sol se font à l'aide de grosses citernes (tankers) équipées de pompes et de dispositifs réalisant l'introduction du fumier dans le sous-sol. Ce procédé permet de réduire la durée du traitement du fumier de 7 jours; autrement dit, il
- 10 est le plus intensif des procédés qu'on vient de décrire. Cependant, les pertes de substances nutritives du fumier restent élevées (l'azote ammoniacal est perdu presque totalement déjà au stade de l'aération, et 50 à 55% des substances organiques sont perdues par suite de la décomposition
- 15 biothermique.

Le procédé de fermentation anaérobie (méthanique) du fumier dans des récipients clos est apparu comme étant le plus économique au point de vue de la conservation du potentiel enrichissant du fumier.

- 20 Dans les digesteurs de boues au méthane en usage actuellement, le fumier est maintenu à la température de 56°C pendant 25 à 28 jours, après quoi il est transporté aux champs ou aux silos.

- L'inconvénient de ce procédé réside dans la consommation
- 25 élevée d'énergie pour le maintien d'un régime thermophile dans le réacteur, ce qui, dans le cas de ladite fermentation, entraîne une consommation d'énergie importante et nécessite l'utilisation d'une grande partie du gaz dégagé, contenant du méthane, pour le chauffage du digesteur de boues. En
- 30 conséquence, malgré la conservation presque totale de l'azote ammoniacal, qui est minéralisé, on perd 30 à 40% des substances organiques sous forme de gaz biologique pour la combustion.

- En outre, le procédé considéré nécessite, pour sa mise
- 35 en oeuvre, des investissements initiaux importants, de sorte que, par suite des basses vitesses de traitement anaérobie, il n'est généralement pas rentable.

Un autre groupe de techniques d'utilisation des résidus de l'élevage vise à les transformer en vue de l'obtention non seulement d'engrais organiques, mais aussi de protéine alimentaire. La transformation directe, sans culture de plantes, du 5 fumier en aliment permet de réduire notablement le cycle traditionnel de conversion biologique des substances nutritives (atteignant, dans les conditions naturelles, 2 à 3 ans) en assurant leur retour à l'état d'aliment pendant quelques jours.

A cause des particularités biologiques des voies diges- 10 tives des animaux, jusqu'à 40% de la protéine d'alimentation se retrouvent dans le fumier. Par ailleurs, le fumier des bovins, par exemple, contient de la protéine dite "monocellulaire" des micro-organismes du rumen, contenant des amino-acides, c'est-à-dire une protéine de plus grande valeur que la 15 protéine végétale de l'aliment.

C'est pourquoi un certain nombre de procédés de transformation visent à obtenir un composant protéinique directement à partir du fumier pour son utilisation ultérieure dans l'alimentation des animaux. Du point de vue des genres de processus 20 se trouvant à la base desdits procédés de transformation du fumier, on peut les diviser en thermophysiques, thermochimiques et biochimiques, avec filtration biochimique des substances nocives en un ou plusieurs stades. La technologie la plus connue mettant en oeuvre le procédé thermophysique 25 d'extraction des protéines non digérées du fumier est le procédé dit "Cereco-process".

Ce procédé consiste à diluer avec de l'eau, jusqu'à une humidité de 80%, le fumier collecté à la ferme et à le séparer en trois fractions dans plusieurs séparateurs. La fraction 30 fibreuse (produit C_1 - résidus végétaux non digérés) est emmagasinée en silo et réservée aux bouvillons à engraisser. La fraction liquide est concentrée par évaporation, séchée et granulée. Le produit ainsi obtenu (C_2) contient jusqu'à 30% de protéine, 4% de graisses, 25% de cendre, et est utilisé sous 35 forme de granules pour l'alimentation des porcs et des poules.

Les résidus de cendre extraits lors de la séparation et les éléments de l'aliment non assimilés par les animaux sont

utilisés comme engrais (produit C₃). A l'aide d'une méthode industrielle, le procédé permet d'extraire du fumier, pendant une durée relativement courte (6 jours au maximum), les substances nutritives non digérées, avec un haut degré de stérilisation du produit, une consommation relativement basse d'énergie et un niveau peu élevé de pollution du milieu environnant. Cependant, il n'y a jusqu'à maintenant aucun pays où les organismes de contrôle médical aient autorisé une large utilisation, en tant qu'aliments, des produits obtenus selon ce procédé. Cette interdiction résulte du fait que dans le cas de ce procédé de transformation, les substances nocives (micotoxines, métaux lourds, pesticides, etc.) ne sont pas évacuées totalement du cycle d'alimentation et s'accumulent dans l'organisme de l'animal. En conséquence, trois ou quatre recyclages de ces produits conduisent à des affections chez les animaux (cirrhose du foie) et cet inconvénient influe défavorablement sur les qualités commerciales du produit.

En outre, le produit C₃ utilisé en tant qu'engrais ne contient presque pas de matières organiques, de sorte que le potentiel enrichissant du fumier comme engrais est pratiquement totalement perdu pour la culture des champs.

A titre d'exemple du procédé thermochimique d'extraction des aliments du fumier, on peut citer le procédé dit "de Vitingamm". Selon cette technique, le fumier collecté de l'aire d'engraissage à ciel ouvert est dilué à l'eau jusqu'à une humidité de 85%. Après avoir passé par un aérateur-décanteur où sont séparés les dépôts lourds (sables, etc.), le purin est séparé dans une centrifuge, la majeure partie des substances nutritives (surtout des protéines et des graisses) demeurant dans la fraction liquide, qui est ensuite soumise à un traitement par le chlorure de fer, qui donne lieu à la précipitation d'un dépôt floconneux. Le dépôt ainsi obtenu est séparé, séché et transformé en granules contenant 30 à 50% de protéine brute. La fraction solide du fumier est hydrolysée à l'alcali et donne un produit dont l'énergie correspond à celle de la mélasse.

Parmi les avantages de cette méthode, outre ceux du

procédé de traitement thermophysique, il faut noter la possibilité d'introduire rapidement dans le cycle d'alimentation des animaux, outre les substances non digérées, certains éléments minéraux du fumier.

- 5 Les mêmes inconvénients que ceux cités dans le cas du procédé thermophysique de traitement (Cereco-process) ont empêché l'application du procédé thermochimique ("procédé de Vitingamm") sur une large échelle.

- 10 A titre d'exemple de filtration biochimique à un seul stade du fumier pour sa transformation en aliment, on peut citer le "procédé de Bellami", qui est un procédé d'obtention d'une masse biologique de bactéries thermophiles sur substrat de fumier.

- 15 Cette technique consiste en une décomposition aérobie de cellulose de fumier traitée chimiquement et de substances nutritives solubles, au moyen de bactéries spéciales susceptibles de décomposer la cellulose et la lignine. Le processus est conduit dans une série de fermenteurs où on amène de l'oxygène pour l'intensification du processus et où on main-
20 tient une température constante optimale.

La suspension de masse biologique obtenue est collectée, filtrée et séchée jusqu'à la consistance d'une poudre molle ou douce.

- 25 Le produit contient jusqu'à 55% de protéine brute. Le procédé permet de transformer plus de 95% de la quantité initiale de fumier.

- L'application des procédés de transformation du fumier à filtration monostade des substances nocives permet d'obtenir à partir du fumier un haut rendement en produits à teneur
30 considérable en protéines.

- Toutefois, le produit protéiné obtenu par transformation monostade du fumier par des bactéries contient toutes les substances nocives du fumier de départ (micotoxines, pesticides, métaux lourds, etc.) qui restent dans le résidu solide
35 du milieu de culture, c'est-à-dire du fumier. Il convient de noter que le processus de transformation par les bactéries thermophiles consomme lui-même une énergie notable.

La filtration biologique la plus fine des substances nocives lors de la transformation du fumier en aliment est assurée par les procédés biologiques multistades tels que : culture traditionnelle des champs, étangs biologiques, étangs biologiques piscicoles, etc.

Toutefois, les procédés d'épuration biologiques connus actuellement ne peuvent pratiquement pas être commandés, nécessitent des aires importantes (champs, étangs, lagunes), dépendent sensiblement des conditions du temps et du climat, peuvent causer la pollution du milieu environnant et des eaux souterraines. La durée du processus nécessaire à l'obtention du produit protéinique (dans la culture des champs, la récolte est réalisée, en règle générale, une fois par an, tandis que l'élevage de poissons dure plusieurs mois). Ainsi, les procédés de filtration biologique multistades ne conviennent absolument pas pour les systèmes d'élevage intensif.

En plus des technologies qu'on vient de décrire, des tentatives ont été faites pour obtenir des aliments protéinés à partir de produits de transformation du fumier résultant de son traitement selon des technologies d'épuration aérobie utilisées sur une large échelle, mais qui ne sont pas spécialement destinées à la production d'aliments à partir du fumier

Comme on le sait, la transformation microbiologique aérobie du fumier a pour conséquence que les substances nutritives obtenues se transforment en protéine de bactéries monocellulaires et d'infusoires qui, en mourant, tombent sur le fond des bassins de boues actives sous forme de limon dit "actif". Les recherches ont fait apparaître que le limon actif contient plus de 42% de protéine. La teneur du limon en substance sèche ne dépasse pas 6%. La technologie de la transformation du limon actif en additifs alimentaires protéinés prévoit sa concentration, son émiettement, sa stérilisation thermique et son séchage ultérieur.

L'application de ce procédé d'obtention de protéines à partir du fumier permet d'élever dans une certaine mesure la rentabilité des bassins de boues actives, qui sont des ouvrages d'épuration d'un coût élevé. Cependant, ce procédé est

caractérisé par des inconvénients importants :

1. Etant donné que la teneur du limon actif de départ en substance sèche est de 6% au maximum, sa concentration nécessite un équipement compliqué et consommant une grande quantité
5 d'énergie.

2. Le processus de stérilisation thermique peut être conduit avec une exposition extrêmement faible (de l'ordre de quelques dizaines de secondes) et, en même temps, avec une grande concentration d'énergie thermique ("choc thermique").
10 Dans le cas contraire, il se produit une décomposition non seulement des larves d'helminthes et d'autres agents pathogènes à détruire, mais aussi des amino-acides et des protéines des monocellulaires constituant le limon actif, ce qui se traduit par une baisse de sa valeur nutritive. L'équipement
15 utilisé pour ces opérations est assez cher et n'est pas fiable en service.

3. Le produit protéinique obtenu selon cette technologie n'est pas débarrassé des substances nocives du fumier de départ.

Le but de la présente invention est de remédier aux inconvénients mentionnés dans ce qui précède.
20

On s'est proposé, pour cela, de mettre au point un procédé d'utilisation des produits du métabolisme des animaux au moyen d'une transformation microbiologique en deux étapes, la première sous forme d'un processus de décomposition anaérobie
25 de la substance organique, avec formation de formes gazeuses, et la deuxième, sous forme d'un processus aérobie de biosynthèse de la protéine avec utilisation des formes gazeuses résultant de la première étape et des rejets de l'entreprise d'élevage en qualité d'éléments d'alimentation des micro-
30 organismes synthétisant la protéine et résultant de la deuxième étape, ce qui, pour des paramètres déterminés de ces processus, assure le plus haut niveau de participation de toutes les substances nutritives contenues dans le fumier au cycle d'alimentation de la production agricole, ainsi que de
35 créer une installation pour la mise en oeuvre de ce procédé, qui serait de conception simple et d'une bonne fiabilité et assurerait un haut rendement et un effet économique élevé.

Ce problème est résolu à l'aide d'un procédé d'utilisation des produits du métabolisme des animaux, qui consiste en une fermentation anaérobie du fumier réalisée sous agitation constante, une séparation de la masse fermentée en une
5 fraction liquide et une fraction solide utilisées comme engrais, et une séparation du gaz biologique, caractérisé, suivant l'invention en ce que le fumier, avant sa fermentation anaérobie, est soumis à un traitement par décompression, la fermentation anaérobie est réalisée en régime de dépression commandée
10 et le gaz biologique résultant de ce processus, et d'autres composants contenant de l'azote et du carbone, sont utilisés, après s'être séparés des rejets d'air des locaux d'élevage et de la fraction liquide du fumier, en tant qu'éléments trophiques du milieu de culture dans le processus aérobie pendant
15 lequel on les soumet à un traitement par des bactéries prototrophiques, la masse biologique de ces dernières est désintégrée et utilisée comme aliment, le mélange gazeux sortant après la transformation par les bactéries prototrophiques étant utilisé comme porteur d'énergie dans le système
20 de fermentation anaérobie, et la masse fermentée étant, avant la séparation en fractions, précipitée par une suspension organominérale.

Dans le but d'améliorer l'émiettement et la dispersion du fumier, ainsi que pour accélérer le début du processus de
25 fermentation anaérobie du fumier et de son intensification ultérieure, il est avantageux de réaliser le traitement du fumier par décompression au moyen de sa saturation en gaz sous une pression de 4,9 à 11,8 MPa (50 à 120 kg/cm²), suivie d'une diminution de la pression jusqu'à une valeur de 0 à
30 (-11,77) kPa ou (-1200) mm d'eau.

Pour éviter que la masse de fumier à soumettre au traitement par décompression soit saturée en oxygène, qui est un inhibiteur du processus anaérobie, il est possible d'utiliser un gaz biologique en tant que gaz pour la saturation de
35 la masse du fumier.

Pour évacuer plus rapidement du milieu de culture des bactéries méthaniques les produits gazeux du métabolisme, il

est avantageux de maintenir la dépression dans la chambre de fermentation à une valeur correspondant à une pression relative de 0 à (-11,77)kPa ou (-1200)mm d'eau et de l'accompagner d'un mélange cyclique en commençant chaque cycle à partir du moment où est atteinte une dépression de 0,98 à 8,83 kPa (ou 100 à 900 mm d'eau).

Pour assurer la biosynthèse de la protéine, il est possible d'utiliser des micro-organismes méthanoxydants, de préférence du genre :

- 10 *Methilococcus capsulatus*,
 Methilosinus trichosporium,
 Methilosinus sporium.

Pour élever l'intensité du processus de biosynthèse de la protéine, il est avantageux de réaliser le processus aérobie dans des conditions de surpression du mélange gazeux et de maintenir le régime de culture suivant :

- | | | |
|----|--|--|
| | température du milieu de culture | 30 à 45°C |
| | acidité (pH) | 5,5 à 7,0 |
| 20 | pression du gaz contenant de l'oxygène | 108 à 3924 kPa
(ou
1,1 à 40 kg/cm ²) |
| | teneur en acide carbonique | 30% au maximum. |

Pour intensifier le processus de séparation de la masse fermentée en fractions liquide et solide, ainsi que pour équilibrer la composition de l'engrais organique solide obtenu conformément en ce qui concerne les composants principaux de l'engrais (azote, phosphore, calcium), il est possible d'utiliser comme précipitant une suspension de composition indiquée ci-après :

- | | | |
|----|---|----------|
| | phosphate monoammoniacal ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) | 5 à 15% |
| 30 | chlorure de calcium (CaCl_2) | 5 à 15% |
| | solvant (fraction liquide du fumier) | le reste |

le rapport volumique de la suspension à la masse à précipiter pouvant être choisi entre 1:1 et 2:2.

Le problème exposé plus haut est résolu également grâce à une installation pour l'utilisation des produits du métabolisme des animaux, comportant un réacteur microbiologique anaérobie comprenant un récipient de fermentation et un récipient

d'accumulation munis d'un système de chauffage, ainsi que des dispositifs d'amenée de fumier et de prélèvement de la masse fermentée, ce dernier étant relié à un moyen de séparation de la masse fermentée en une fraction solide et une fraction
5 liquide, le récipient d'accumulation étant pourvu de moyens de prélèvement et d'épuration du gaz biologique, caractérisé, suivant l'invention, en ce que le récipient d'accumulation est relié, par l'intermédiaire du moyen de prélèvement du gaz biologique et d'un ensemble d'épuration, à un réacteur micro-
10 biologique aérobie comportant un désintégrateur de la masse biologique, un condenseur, une conduite d'évacuation du gaz biologique usé vers le système de chauffage du récipient de fermentation, ledit réacteur microbiologique anaérobie comportant un dispositif de régulation et de contrôle automa-
15 tiques de l'intensité du processus de fermentation.

Il est avantageux que le dispositif de régulation et de contrôle automatiques de l'intensité du processus de fermentation soit muni d'un moyen de maintien d'une dépression déterminée dans le récipient d'accumulation et d'un compteur de
20 gaz biologique, lesdits moyen et compteur coopérant entre eux pendant le maintien de l'intensité prescrite de la fermentation.

Il est avantageux que le moyen de maintien de la dépression prescrite soit réalisé sous forme d'une pompe à soufflet constituée par une chambre de puissance, un soufflet, un
25 générateur de rythme, un sélecteur de pression, un élément comparateur pneumatique et des soupapes pneumatiques dont deux sont mises en communication avec le soufflet, le récipient d'accumulation et le récipient à gaz, tandis que les autres sont reliées à la chambre de puissance, au sélecteur de
30 pression et à l'élément comparateur pneumatique, dont une entrée est reliée au soufflet tandis qu'une deuxième est raccordée au sélecteur de pression, le compteur de gaz biologique étant relié au générateur de rythme raccordé aux soupapes pneumatiques.

35 Pour améliorer la fiabilité du fonctionnement et simplifier la conception tout en assurant la précision requise du fumier amené au réacteur, il est avantageux de réaliser le

moyen d'amenée du fumier et de prélèvement de la masse fermentée sous forme d'au moins trois chambres pneumatiques non reliées entre elles et dans lesquelles sont montées les parties d'entrée, intermédiaire et de sortie d'une conduite élastique d'amenée des matières, raccordées entre elles par des tubulures, et de l'équiper d'un générateur pneumatique d'impulsions dont la sortie est reliée directement à la chambre de ladite partie de sortie et aux chambres desdites parties d'entrée et intermédiaire, par l'intermédiaire d'éléments de retard.

10 L'essentiel de l'invention proposée consiste en ce qui suit.

Les recherches réalisées et les études théoriques des lois régissant les processus de transformation microbiologique des substrats organiques ont fait apparaître que leur intensité dépend de l'aptitude du substrat à la décomposition microbiologique (homogénéité, absence de microflore concurrente, bas niveau du potentiel d'oxydo-réduction), ainsi que des conditions dans lesquelles s'effectuent l'amenée des éléments trophiques dans le milieu de culture et le prélèvement des produits du métabolisme contenus dans celui-ci.

On sait que chaque centimètre cube de fumier arrivant au traitement contient à peu près 6 milliards de différents micro-organismes, parmi lesquels, de pair avec les bactéries méthaniques effectuant la fermentation anaérobie, figure une partie notable de microbes qui sont inutiles au processus et qui concurrencent la population active pour le substrat commun. En conséquence, il se produit un retard sensible du processus normal de fermentation méthanique (atteignant 2 à 3 jours) par comparaison avec le cas de référence (absence de concurrence).

30 L'influence de la population concurrente sur le rythme de développement du processus est caractérisée par l'équation suivante, qui décrit la variation du nombre de la population active (y) dans le temps (t) :

$$(1/y) (dy/dt) = r - ky - pz \quad (1)$$

35 où, r , k et p sont des constantes positives correspondant aux conditions concrètes de la croissance de la population se trouvant dans le milieu considéré,

z est le nombre de la population concurrente.

De l'examen de l'équation (1) il ressort que la suppression de la population concurrente ($z = 0$), toutes conditions égales par ailleurs, augmente le rythme de croissance du nombre des bactéries méthaniques, ainsi que, par conséquent, la vitesse du processus de fermentation méthanique.

Les recherches expérimentales ont fait apparaître que la réalisation du traitement de la matière par décompression assurant sa stérilisation avant son amenée sur le milieu de culture peut assurer une réduction d'au moins deux jours de l'exposition du processus de fermentation méthanique du fumier.

On a aussi établi que la vitesse du processus de décomposition des résidus organiques peut être limitée non seulement par la présence de populations concurrentes de micro-organismes, mais aussi par l'accumulation des produits du métabolisme dans le milieu de culture.

Dans le cas considéré, il s'agit en premier lieu du méthane et de l'acide carbonique. On a prouvé théoriquement que la nature de l'influence inhibante des produits du métabolisme sur la vitesse de croissance (M) de la population active est déterminée par l'équation :

$$M = \frac{M_{\max} \cdot K_p \cdot S}{(K_S + S)(K_P + P_E)} \quad (2)$$

où P est la concentration des produits inhibants résultant du métabolisme dans le milieu ;

K_P est une constante caractérisant la concentration des produits du métabolisme pour $M_{(P)} = \frac{M_0}{2}$,

K_S est une constante caractérisant la concentration du substrat pour $M_{(S)} = \frac{M_0}{2}$,

S est la concentration de la partie organique du substrat (fumier ou autres déchets).

Il ressort de cette équation que, pour élever l'intensité du processus, il est nécessaire, toutes conditions égales par ailleurs, de diminuer l'expression $(K_P + P_E)$ se trouvant dans la partie droite du dénominateur, c'est-à-dire d'assurer une évacuation constante des produits du métabolisme du milieu de culture.

Les études effectuées ont fait apparaître qu'il est possible d'obtenir ces résultats en réalisant le processus dans les conditions d'une dépression de 100 à 900 mm d'eau dans le collecteur de gaz, combinée avec un brassage volumique
5 de toute la masse en cours de fermentation.

Etant donné que la masse fermentée résultant de la transformation microbiologique anaérobie du fumier est une solution colloïdale stable, il est avantageux de le précipiter avant sa séparation subséquente en une fraction solide et une
10 fraction liquide.

Les recherches réalisées ont prouvé qu'il est plus avantageux d'utiliser, à cette fin, la coagulation de la masse fermentée au moyen d'électrolytes ne polluant pas le sol, déposent bien et élèvent la valeur nutritive du fumier comme
15 engrais. Pour la coagulation par les électrolytes, il faut que leur concentration ne dépasse pas une valeur (seuil de coagulation, mmoles par g/l) déterminée à l'aide de l'équation:

$$\gamma = C \frac{D^3 (KT)^5}{A^2 \cdot e^6 \cdot z^6} \quad (3)$$

20 où C est un coefficient de proportionnalité,

D est la constante diélectrique ou permittivité du milieu à précipiter (40 à 80 pour la masse fermentée),

K est la constante de Boltzmann,

e est la charge de l'électron,

25 T est la température, °K,

A est la constante d'attraction de Van der Waals,

z est la valeur de la charge de l'ion dominant.

Ainsi, l'élévation de la pression dans le système de culture est l'un des moyens permettant d'augmenter la concentration du substrat (CH₄, O₂) dans le liquide de culture. Du
30 fait que l'intensité du processus dépend de la concentration du substrat (CH₄, O₂), l'augmentation de la pression dans le système de culture est l'une des façons efficaces d'augmenter le rendement du procédé.

35 Suivant l'invention, le gaz biologique se dégageant pendant la fermentation anaérobie du fumier doit être transformé en masse biologique par un processus de fermentation intense.

En partant de la loi de Henry : $P_a = \phi \times x$ où ϕ est la constante de Henry, P_a , l'élasticité partielle au-dessus du liquide, x , la concentration du gaz contenant du méthane dans le liquide. La teneur du milieu de culture en substances sèches et la productivité du processus dépend d'une manière pratiquement linéaire de la pression à laquelle se déroule le processus de culture. Compte tenu de cette circonstance, les études effectuées ont permis d'établir qu'il est avantageux de réaliser le processus aérobie d'oxydation microbiologique du gaz biologique à une pression absolue de la phase gazeuse dans le fermentateur de 108 à 3924 kPa ou 1,1 à 40 kg/cm².

Les lois principales (1), (2), (3) mentionnées ont été prises comme base pour la création du procédé de traitement des produits du métabolisme des animaux avec obtention d'engrais organominéraux et de protéine d'alimentation, ainsi que pour l'obtention d'installations à haut rendement pour la transformation anaérobie des résidus organiques sur une base industrielle. Selon l'invention, pour la précipitation de la masse fermentée, on a recours à une suspension constituée de 5 à 15 % de phosphate monoammoniacal, 5 à 15 % de chlorure de calcium, et d'un solvant en qualité duquel on utilise la fraction liquide du fumier, introduite dans la masse à précipiter dans un rapport volumique de 1:1 à 2:2.

Ayant réalisé les opérations mentionnées, on obtient un procédé économique d'utilisation des résidus de l'élevage, basé sur des processus microbiologiques commandés se déroulant à une vitesse plus élevée et assurant une plus haute efficacité d'utilisation des résidus de l'activité vitale des animaux en comparaison des procédés connus.

Le procédé ne peut être mis en oeuvre qu'à l'aide d'une installation dans laquelle sont observés les paramètres requis du processus. Le coefficient de transformation des produits du métabolisme des animaux en aliments, obtenu dans la pratique (ce coefficient étant le rapport entre, d'une part, la quantité de substances nutritives et des produits de leur décomposition contenus dans les résidus de l'activité vitale des animaux, et d'autre part la quantité de ces substances

transformées en aliments satisfaisant à toutes les normes zoologiques et sanitaires) est de 0,9 pour les installations équipées d'une chambre de 20 m³ de volume de travail.

Les expériences réalisées ont fait apparaître que l'appli-
5 cation du procédé proposé d'utilisation des produits de métabolisme des animaux assure l'obtention d'engrais organo-minéraux concentrés sans aucune perte de substances nutritives. Elle assure en même temps, un plus haut niveau de participation des substances nutritives, contenues dans les produits
10 du métabolisme des animaux, au cycle d'alimentation de la production agricole.

La transformation en aliments des substances nutritives du fumier au moyen de son utilisation dans la culture des champs est très lente (elle nécessite de 2 à 3 ans à partir
15 du moment de l'introduction du fumier dans le sol). Le procédé proposé permet d'obtenir un aliment protéiné déjà au bout de 1 à 2 jours après l'amenée du fumier au traitement.

A raison d'une tonne de matière absolument sèche de fumier, on peut obtenir à partir des produits résultant de la trans-
20 formation anaérobie plus de 60 kg de protéine. Cela signifie qu'il est possible de retirer du fumier provenant d'un complexe d'engraissement de gros bétail, conçu pour 10 mille têtes, à peu près 600 tonnes de protéine par an (approximativement 1,7 tonne de protéine par jour) sans diminution ni de la qua-
25 lité, ni du volume de la production d'engrais organiques.

Lors des essais d'alimentation des animaux en un concentrat protéine-vitamine obtenu à partir d'une masse biologique de bactéries méthanooxydantes, on a constaté que l'utilisation de ce produit en tant qu'aliment n'entraînait aucune consé-
30 quence défavorable.

L'effet résultant de l'utilisation du concentrat protéine-vitamine d'origine microbiologique comme additif alimentaire est analogue à l'effet obtenu en cas d'utilisation, dans ce même but, d'additifs protéine-vitamine connus en concentra-
tions identiques.

35 La technologie proposée permet de réaliser, dans une entreprise d'élevage, un cycle accéléré de bioconversion des substances nutritives parallèlement à la méthode tradition-

nelle de leur régénération dans le domaine de la culture des champs, ce qui assure des possibilités réelles d'organiser les complexes de l'élevage comme des unités de production sans déchets, satisfaisant à toutes les exigences de la protection
5 du milieu environnant.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins schématiques annexés donnés
10 uniquement à titre d'exemple illustrant différents modes de réalisation de l'invention, et dans lesquels :

- la figure 1 représente un schéma technologique de mise en oeuvre du procédé d'utilisation des produits du métabolisme des animaux;
- 15 - la figure 2 est une vue schématique du dispositif d'amenée dosée du fumier;
- la figure 3 montre d'une manière schématique la conception du dispositif pour le traitement par décompression du fumier;
- 20 - la figure 4 est une vue schématique du dispositif de réglage et de contrôle automatique de l'intensité du processus de fermentation du fumier;
- la figure 5 est une vue schématique de la chaîne technologique de déshydratation de la masse fermentée de fumier;
- 25 - la figure 6 illustre l'intensité de la déposition de la masse fermentée sans traitement (courbes 1,2,3) et lors du traitement de la masse fermentée par une suspension contenant N, P, Ca (courbes 1,2,3).

Les dispositifs représentés sur les dessins (figures 2,
30 3,5,6 et 7) font partie de l'installation (figure 1) mettant en oeuvre le procédé proposé, qui comporte un dispositif 1, d'amenée dosée du fumier, un broyeur-homogénéisateur 2, un dispositif 3 de traitement par décompression, un réacteur microbiologique anaérobie 4 comportant un récipient de
35 fermentation 5 pourvu d'un système de chauffage 6, d'un dispositif de prélèvement 7 et d'un dispositif 8 de recyclage de la masse fermentée, et un récipient d'accumulation 9 muni d'un

moyen 10 de prélèvement du gaz biologique, d'un dispositif 11 de réglage et de contrôle automatique de l'intensité du processus de fermentation, et d'un ensemble d'épuration 12. Ce dernier est relié au réacteur microbiologique aérobie 13, dont 5 l'entrée est mise en communication par l'intermédiaire d'un concentrateur-stérilisateur 14, avec le système 15 de ventilation du local d'élevage 16, et qui est équipé d'un dispositif 17 d'alimentation en composants minéraux. La sortie du réacteur microbiologique anaérobie 4 est raccordée au dispositif 10 18 de séparation de la masse fermentée en une fraction liquide 19 et une fraction solide 20, équipé de dispositifs de dosage 21 et 23 pour la préparation de la suspension de précipitation et d'un système 22 de recyclage de la fraction liquide du fumier.

15 La sortie du réacteur microbiologique aérobie 13 est reliée au concentrateur 24 de la masse biologique, et ce dernier est mis en communication avec le dispositif 25 de désintégration de celle-ci. Dans ce cas, la conduite 26 des gaz s'échappant du réacteur microbiologique aérobie 13 est reliée 20 au système 6 de chauffage du réacteur anaérobie 4 par l'intermédiaire d'un dispositif d'épuration 27, tandis qu'une conduite 28 d'amenée d'un oxydant est raccordée à une source de gaz contenant de l'oxygène, en qualité duquel on utilise l'air fourni par un compresseur 29 ou l'oxygène provenant 25 d'une bouteille 30.

Le schéma du dispositif 1 d'amenée dosée du fumier est représenté sur la figure 2.

Selon ce schéma, le dispositif 1 est constitué par un corps étanche dans lequel sont renfermées les parties d'une 30 conduite flexible d'amenée des matériaux : une partie d'entrée 31, une partie intermédiaire 32 et une partie terminale 33, obtenues, par exemple, à partir d'un tuyau ou d'un tube en caoutchouc. Des diaphragmes 36 munis de tubulures divisent le corps étanche en trois chambres pneumatiques correspondant 35 respectivement aux trois parties mentionnées de la conduite d'amenée de matériaux.

Ces chambres pneumatiques sont reliées par l'intermédiaire

de lignes à retard 34 et 35 constituées par des relais agencés en circuit de répétition, et un organe étrangleur 37 muni d'un générateur d'impulsions 38. L'étrangleur variable 37 assure la variation de la fréquence de succession des 5 impulsions.

Le dispositif 3 est représenté sur la figure 3 avec le réacteur microbiologique anaérobie 4. Il est constitué par une soupape d'admission 39, une chambre à décompression 40 munie d'un indicateur de pression 41, et une soupape d'échappement 42 reliée à l'injecteur 43.

10 La conduite de gaz 44 de la chambre à décompression 40 est reliée, à l'aide des valves 45 et 46, à une source de gaz comprimé 47 (au moment de la mise en marche de l'installation) ou à un moyen 48 de compression de gaz (pendant son fonctionnement normal).

15 Le dispositif 11 de commande et de contrôle automatiques de l'intensité du processus de fermentation du fumier est illustré d'une manière schématique sur la figure 4 et comporte un moyen 49 destiné à maintenir une dépression prédéterminée dans le récipient d'accumulation 9 en évacuant de ce dernier, 20 d'une manière forcée, le gaz biologique se formant au cours de la fermentation, et exécuté sous forme d'une pompe à soufflet commandée, constituée par un soufflet 50, une chambre de puissance 51, un sélecteur de pression 52, des soupapes pneumatiques 53, 54, 55 et 56 et un générateur d'impulsions 57 à 25 dispositif "trigger" ou de déclenchement 58; un étrangleur réglable 59, un récipient pneumatique 60, une soupape pneumatique 61, un élément comparateur 62 dont l'une des entrées est raccordée à un sélecteur 63 de dépression limite, et dont une autre entrée est reliée au soufflet 50 communiquant par 30 l'intermédiaire de la soupape 55 avec le récipient à gaz 64, tandis que sa sortie est raccordée par l'intermédiaire d'une soupape pneumatique 56 à la chambre de puissance 51; un compteur 65 de la quantité de gaz biologique évacué, composé d'un contact 66 à commande magnétique, d'un convertisseur 35 électropneumatique 67 et d'un afficheur numérique 68.

Le dispositif de précipitation de la masse fermentée est illustré d'une manière schématique sur la figure 5. Il est

constitué par un ensemble 69 de préparation de la suspension de précipitation, muni d'un régulateur 70 d'amenée de la suspension, un dispositif 22 de recyclage de la fraction liquide du fumier, un coagulateur 71 équipé d'un agitateur 72, une 5 chambre de précipitation 73, un séparateur-granulateur 74 et des dispositifs doseurs 21 et 23.

L'installation décrite ci-dessus et les dispositifs qui la constituent fonctionnent de la manière suivante.

Depuis le local d'élevage 16 (figure 1), le fumier est 10 amené à l'aide du dispositif 1 d'amenée dosée (figures 1, 2) au broyeur-homogénéisateur 2 où il est réduit jusqu'à des particules de 1 à 2 mm au maximum en étant ainsi transformé en une masse homogène. Après le broyeur-homogénéisateur, le fumier arrive au dispositif 3 de traitement par décompression. 15 Pendant ce traitement, les enveloppes des micro-organismes des groupes concurrents et des oeufs d'helminthes se rompent. Les matières biologiques actives se dégagent alors dans la masse traitée du fumier accélèrent le processus de fermentation méthanique dans le récipient de fermentation 5 du réacteur ana- 20 érobie 4 dans lequel est injecté du fumier ayant subi le traitement par décompression, et dans lequel est aussi amené un levain actif contenant une association des bactéries méthaniques. Le processus se déroule à une température de 50 à 56°C, un pH de 6,5 à 7, et une décompression maintenue entre 25 0 et 11,77 kPa ou 1200 mm d'eau dans la chambre d'accumulation 9.

Pendant la fermentation méthanique dans le récipient de fermentation 5, les matières organiques se transforment intensivement et les formes volatiles (notamment les formes 30 ammoniacales) de l'azote passent à une forme stable de l'ammonium en dégageant un gaz biologique contenant 65 % de méthane (CH_4) et 35 % de gaz carbonique (CO_2).

A l'aide du dispositif de prélèvement 7, la masse fermentée est retirée du récipient de fermentation 5 et acheminée 35 vers le séparateur 18, dans lequel est aussi amenée une suspension de précipitation composée de la fraction liquide 19 du fumier et d'un coagulant en qualité duquel on utilise des

composants minéraux ayant une valeur fertilisante, à savoir, 5 à 15 % de phosphate monoammonique ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) et la même quantité de chlorure de calcium (CaCl_2). La suspension de précipitation est mélangée avec la masse fermentée dans un rapport de 1:1 à 2:2. Ceci accroît la vitesse de précipitation de plusieurs dizaines de fois en comparaison de la décantation naturelle et, par conséquent, la consommation d'énergie pour la séparation de la fraction solide 20 diminue.

Le gaz biologique dégagé pendant le processus de fermentation du fumier est prélevé du récipient d'accumulation 9 à l'aide du moyen 10 de prélèvement du gaz biologique commandé par le bloc 11 faisant partie du dispositif de contrôle et de commande du processus de fermentation méthanique (figures 1, 4).

Ensuite le gaz biologique passe par l'unité d'épuration 12 et arrive dans le réacteur microbiologique aérobie 13 où sont aussi amenées de l'eau, des sources d'azote, de phosphate, de potassium, de magnésium et d'éléments-traces (à l'aide de l'alimentateur 17), un gaz (air) contenant de l'oxygène, et (ou) de l'oxygène de la bouteille 28 ou du compresseur 29, ainsi que l'azote et les gaz carbonés adsorbés dans le dispositif 14 à partir des rejets de ventilation du local d'élevage 16.

En tant que producteur de substances protéinées, on utilise une culture mixte de micro-organismes des espèces suivantes :

Méthilococcus capsulatus,
Méthilosinus trichosporium,
Méthilosinus sporium.

Les méthylotropes facultatives faisant partie de la composition de la culture combinée de micro-organismes et susceptibles d'assimiler les homologues du méthane se rapportent à l'espèce *Flavobacterium gasotypicum*.

Le processus aérobie de culture s'effectue à une température de 36 à 50°C, le pH du milieu de culture étant maintenu entre 4,0, et 6,0, la concentration d'azote ammoniacal étant de 50 à 150 mg/l, et celle de phosphore de 50 à

100 mg/l.

Le processus de culture se déroule sous une pression de gaz supérieur à la pression atmosphérique comprise entre 108 kPa et 3924 kPa (ou 1,1 et 40 kg/cm²). Le mélange gazeux à recycler passe par le dispositif d'épuration 27 où il est débarrassé du gaz carbonique excédentaire, dont la teneur est maintenue à un niveau constant. Le traitement continu de la culture mixte est exécuté avec un coefficient de dilution de 0,15 à 0,25 heure⁻¹. De l'étape de culture effectuée dans le réacteur aérobic 13, la suspension de micro-organismes passe à l'étape de traitement dans le dispositif 24 de concentration ou épauississement préalable, dans lequel la pression du courant décroît, de sorte que les gaz dissous dans le milieu de culture se dégagent de la phase liquide et, partiellement, des micro-organismes eux-mêmes. A ce moment, par suite de la grande vitesse de diminution de la pression, les enveloppes d'une certaine partie des bactéries cultivées se rompent. En conséquence, les matières biologiques actives contenues dans les cellules passent dans le milieu de culture, dont une partie est recyclée, après concentration ou épauississement dans le dispositif 24, dans le réacteur aérobic 13 et utilisée pour la stimulation de la croissance des micro-organismes.

Le gaz carbonique absorbé au stade de l'épuration réalisée dans le dispositif 27 et dégagé pendant la biosynthèse, ainsi que les composants de la phase gazeuse usée au stade de la culture dans le réacteur 13 et les gaz dégagés (désorbés) dans le condenseur 24, sont mélangés avec de l'air atmosphérique et brûlés dans le système de chauffage de l'échangeur de chaleur 6 à travers lequel, à l'aide du dispositif de recyclage 8, est recyclée la masse en cours de fermentation, avec une périodicité dépendant de la variation de la température dans le récipient de fermentation 5.

La masse biologique de micro-organismes méthaniques ainsi obtenue, concentrée jusqu'à une valeur de 180 à 200 kg ACB/m³, est acheminée vers le désintégateur 25, dans lequel se détruisent les enveloppes des bactéries. Ensuite le concentrat ainsi obtenu est amené à la salle 75 de préparation des

aliments, où il est introduit dans les aliments en tant qu'additif protéiné, de préférence à l'état liquide.

Le principe de fonctionnement des dispositifs originaux faisant partie de la construction de l'installation ressort des figures 2, 3, 4 et 5.

La figure 2 représente le dispositif d'amenée dosée du fumier. Il est utilisé tant pour amener le fumier dans le récipient de fermentation 5 que pour prélever de celui-ci la masse fermentée, amener le filtrat au dispositif de précipitation 18 et refouler la masse en cours de fermentation à travers l'échangeur de chaleur 6.

Le dispositif fonctionne de la manière suivante.

La matière à déplacer ou à doser (fumier liquide, liqueur de culture ou filtrat) remplit les parties 31, 32 et 33 de la conduite de matières. Ensuite, sous l'action de la pression pneumatique produite à la sortie du générateur d'impulsions 38, la partie terminale 33 de ladite conduite s'écrase en obturant la sortie de la matière déplacée.

Ensuite la partie d'entrée 31 de la conduite de matières se ferme sous l'action de la pression pneumatique à la sortie de la ligne à retard 35, et toute la masse de la matière remplissant la conduite élastique de matières se trouve renfermée dans la partie intermédiaire 32. Après cela, à la sortie du générateur d'impulsions 38, apparaît un signal 0, la partie terminale s'ouvre et la partie intermédiaire 32, commandée par l'intermédiaire de la ligne 36, s'écrase en chassant la matière qu'elle contient vers la partie terminale 33 qui, ensuite, sous l'action de l'impulsion pneumatique suivante apparaissant à la sortie du générateur 38, s'écrase en déplaçant ladite masse de matière hors du dispositif. Du fait que la pression dans les chambres pneumatiques des parties 31, 32 et 33 décroît de nouveau, celles-ci s'ouvrent et sont prêtes pour le cycle suivant de remplissage de la conduite élastique de matières par la matière à déplacer (à doser).

Avant d'arriver au réacteur microbiologique anaérobie 4, le fumier est soumis à un traitement par décompression visant à augmenter l'aptitude de cette matière, grossièrement

dispersée, à la décomposition par les microbes, et à supprimer la microflóre exerçant une influence inhibitrice sur le développement de la population active des bactéries méthaniques.

Conformément au schéma du dispositif représenté sur la figure 3, le fumier est amené à travers la soupape d'admission 39 dans la chambre de décompression 40. Le gaz biologique arrive de la conduite 44. Ce dernier se forme au cours de la fermentation méthanique dans le récipient 5 et est refoulé par la pompe haute pression 48, à travers la valve 45, vers la conduite 44, ou à travers la valve 46, vers la bouteille d'accumulation 47 destinée au stockage du gaz biologique excédentaire et à assurer le fonctionnement de la chambre de décompression 40 à la mise en action du réacteur anaérobie 4 quand le gaz biologique ne se dégage pas encore.

Quand la pression du gaz biologique dans la chambre de décompression atteint une valeur de 4,9 à 11,8 MPa ou 50 120 kg/cm², la valve 40 se ferme, la soupape d'échappement 42 s'ouvre et, en conséquence, le mélange gaz-liquide est injecté par l'injecteur 43 dans le récipient de fermentation 5 du réacteur anaérobie.

Par suite de la brusque chute de pression, les micro-organismes et les particules végétales se détruisent. En conséquence, l'accessibilité du substrat de départ (du fumier) à la transformation par les micro-organismes de la population active s'améliore.

Le contrôle et la commande du processus de fermentation anaérobie se fait à l'aide du dispositif 11, dont le schéma de principe est représenté sur la figure 4. Ce dispositif permet le maintien automatique, dans le réacteur anaérobie, d'une dépression qui assure le déroulement du processus avec une intensité maximale. En ce cas, l'intensité du processus est fonction de la quantité de gaz biologique se dégageant par unité de temps.

Le dispositif fonctionne de la manière suivante. La masse à fermenter est amenée cycliquement au récipient de fermentation 5, dans lequel sont créées les conditions nécessaires à l'activité vitale des bactéries méthaniques. Au fur et à

mesure que le gaz biologique produit par ces bactéries se dégage de la masse en cours de fermentation, il est acheminé à travers la soupape pneumatique 54 vers le récipient pneumatique à volume variable 50 coopérant avec un déformateur 5 commandé. De ce fait, en même temps qu'une agitation de la masse à fermenter, a lieu une évacuation intense des produits gazeux du métabolisme-des bactéries méthaniques - sous forme d'un gaz contenant du méthane, la pression relative dans le récipient de fermentation diminuant alors de 0 à 11,77 kPa 10 (ou 0 à - 1200 mm d'eau). En conséquence, le processus de fermentation s'intensifie notablement. Le vide au-dessus de la masse en cours de fermentation est établi à l'aide du sélecteur de vide 63, relié à l'une des chambres de l'élément de comparaison 62. C'est ainsi qu'est obtenu un débit proportionnel de l'air de la chambre de puissance 51 du moyen 8 15 (figure 1) d'évacuation forcée du gaz se formant dans le récipient de fermentation 5 dans des conditions de vide, à une valeur prescrite du vide dans le soufflet 50 en fonction de l'arrivée du gaz biologique.

20 Au moment où le soufflet 50 vient occuper sa position extrême haute, correspondant à son remplissage complet par le gaz biologique, les contacts du capteur à commande magnétique 66 s'enclenchent en fermant le circuit d'alimentation du convertisseur électropneumatique 67 et de l'afficheur numérique 25 68. En même temps, la pression d'air est appliquée au dispositif "trigger" 58 du générateur de rythme 57. Quand la pression d'air croissante atteint une valeur de poussée élevée, le dispositif "trigger" 58 change de position. En même temps, les soupapes pneumatiques 53, 54, 55, 56 et 61 changent elles 30 aussi de position. La pression d'air nécessaire pour la déformation du soufflet 50 est appliquée par le sélecteur de pression 52 à la chambre de puissance 51. Du soufflet 50, le gaz biologique est chassé à travers la soupape pneumatique 55 vers le récipient à gaz 64. A ce moment, la soupape pneumatique 56 35 exclut la transmission de la pression excédentaire à l'élément de comparaison 16, et la soupape pneumatique 54 exclut l'amenée du gaz biologique dans le sens inverse, vers le récipient

d'accumulation 9. Quand le soufflet 50 passe de sa position extrême haute à sa position extrême basse, les contacts du capteur à commande magnétique 66 s'ouvrent, le convertisseur électropneumatique 67 revient à son état initial, et à sa
5 sortie apparaît "0".

Au bout d'un intervalle de temps égal à la durée du remplissage du récipient pneumatique 60 et de la vidange du soufflet 50, le dispositif "trigger" 58 prend sa position normale en reliant les chambres de commande des soupapes pneu-
10 matiques 53, 54, 55, 56 et 61 à l'atmosphère. La pression de consigne est mémorisée dans la chambre de puissance 51, le récipient d'accumulation 9 est relié au soufflet 50, la chambre de puissance 51 est mise en communication avec l'élé-
ment de comparaison 62, et le récipient pneumatique 60, avec
15 l'atmosphère. La conduite reliant le soufflet 50 au récipient à gaz 64 est coupée. Ensuite le cycle recommence.

La durée de la vidange totale du soufflet 50 est établi par l'étrangleur réglable 59.

Le dispositif considéré permet d'éllever l'intensité du
20 processus de transformation anaérobie du fumier grâce à l'évacuation intense des produits du métabolisme des bactéries sous forme de bulles de gaz biologique se dégageant du liquide en cours de fermentation lors de la diminution de la pression relative au-dessus de ce dernier de 0 à (-11,77) kPa ou
25 (- 1200) mm d'eau.

En outre, le dispositif permet d'effectuer le contrôle automatique précité de l'intensité du processus de fermentation.

Après la transformation anaérobie du fumier, on obtient
30 une masse fermentée se présentant sous forme d'une solution colloïdale. Dans le but de permettre sa déshydratation hautement productive, on fait précipiter les colloïdes organiques. Il n'est pas avantageux d'utiliser à cette fin l'un des procédés existants de précipitation à l'aide de coagulants
35 métallifères, car ceux-ci sont chers et peuvent polluer le sol et les eaux souterraines en y introduisant des composés nuisibles.

Pour cette raison, les auteurs de la présente invention ont remplacé le coagulant métallifère par une suspension de précipitation constituée d'engrais minéraux: 10% de phosphate monoammonique ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) et 10% de chlorure de calcium (CaCl_2) ou 10% de chaux. En tant que phase liquide du milieu dispersif, on utilise la fraction liquide du fumier obtenue à partir du fumier au cours de sa séparation. La solution de précipitation est introduite dans le fumier dans un rapport de 1:1 ou 2:2 (deux parties volumiques de phase liquide pour deux parties du fumier) à une température de 50 à 55°C (température du fumier à la sortie du digesteur de boues) et est agitée énergiquement, après quoi il est soumis à une décantation pendant 10 à 15 mn. Pendant cette période, le mélange se divise rapidement en fractions dans le rapport de 1:1.

La fraction liquide est évacuée et le dépôt est ensuite soumis à une séparation mécanique.

Après traitement du fumier par le procédé conforme à l'invention, la durée de la filtration diminue de 10 fois et davantage, et on obtient un engrais organominéral complexe équilibré en N, P, Ca. Un exemple de mise en oeuvre du procédé proposé est illustré par le schéma de la figure 5. Conformément à ce schéma, la masse fermentée de fumier débouchant du récipient de fermentation 5 à la température de 55°C, arrive dans la chambre de coagulation 71 équipée d'un agitateur 72 dans lequel est amenée, à travers un dispositif de fermeture 70, une suspension de précipitation préparée au préalable, dans un rapport de 1:1 à 2:2 (deux parties de solution pour deux parties de fumier), et dans lequel elle est mélangée énergiquement avec le fumier. Le fumier liquide préparé de cette façon arrive dans la chambre de précipitation 73, où il est rapidement séparé en une phase liquide et un dépôt. Le dépôt est acheminé vers le dispositif 74 où il est déshydraté et granulé, alors qu'une partie de la phase liquide est véhiculée par la conduite 22 vers la chambre 69 de préparation de la suspension de précipitation, dans laquelle sont aussi amenés par le dispositif de dosage 21: 5 à 15% de phosphate monoammonique ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) et 5 à 15% de chlorure de calcium (ou 5 à 15% de chaux). Pendant le démarrage, tant

que l'on n'a pas obtenu le filtrat du fumier liquide, on utilise de l'eau technologique ordinaire en qualité de milieu dispersif.

Grâce à la réduction de la durée de séparation du fumier en fractions, la mise en oeuvre du procédé proposé permet d'augmenter de plus de 10 fois le rendement des dispositifs de séparation. En outre, la fraction liquide du fumier ne contient pratiquement pas de particules en suspension. Sur la figure 6, les courbes 1, 2, 3, 4 représentent les variations de la précipitation naturelle du fumier liquide :

- 1 - fumier frais,
- 2 - fumier fermenté,
- 3 - fumier frais mélangé à une solution de précipitation,
- 4 - fumier fermenté mélangé à une solution de précipitation.

Pour obtenir les courbes en question, on a rempli les cylindres mesureurs de 60 ml de fumier à étudier et on a enregistré à des intervalles de temps déterminés le volume du dépôt précipité (en pourcentage par rapport au volume total). Ces courbes font apparaître que la précipitation de 20 % de dépôt dans le fumier frais a nécessité à peu près 50 heures, le fumier fermenté ne se séparant pratiquement pas. Après mélange du fumier frais ou du fumier fermenté avec la solution de précipitation, 50 % de dépôt se forment en 10 à 12 mn, ensuite l'augmentation du volume s'interrompt, autrement dit, la vitesse de précipitation naturelle s'accroît de presque 300 fois.

La phase liquide est de couleur jaunâtre et ne contient pas de particules en suspension, alors que la phase liquide du fumier frais est de couleur foncée et une croûte constituée par des particules en suspension se trouve à sa partie supérieure. Les courbes 1', 2', 3', 4' illustrent les variations de la vitesse de filtration de fumier à étudier d'un même volume (60 ml), toutes conditions (température, dépression, surface de filtration, papier filtrant) égales par ailleurs. Ces courbes font apparaître que le fumier fermenté ne se filtre pratiquement pas, tandis que le fumier frais se filtre

à 60 % en 14 minutes, après quoi la filtration cesse. La filtration (de tout le volume, soit 60 ml) des mêmes genres de fumier mélangé à la solution de précipitation nécessite 50 à 60 secondes, c'est-à-dire que la vitesse de filtration 5 croît proportionnellement à la vitesse de précipitation naturelle.

Le filtrat du fumier liquide obtenu à partir de la masse fermentée ne nécessite aucune désinfection et peut être introduite par des installations d'arrosage ou par des installations d'introduction dans le sous-sol. 10

La phase liquide du fumier, obtenue, dans ce cas, sous forme de granules encapsulées, enrobées d'une enveloppe en composants minéraux, est un complexe d'engrais organominéraux qui peut être introduit dans le sol par les épandeurs d'engrais 15 minéraux en usage actuellement, ou, localement, en tant qu'appoint d'alimentation des plantes. On n'a pratiquement plus besoin de créer des machines spéciales destinées exclusivement à l'épandage d'engrais organiques. L'effet économique résultant de l'application du procédé conforme à l'invention 20 se traduit par une élévation considérable du rendement en cultures agricoles, par une productivité accrue des dispositifs de séparation (qui assure une réduction considérable des frais encourus pour la transformation d'une tonne de fumier), et par une diminution du parc de machines pour l'épandage des engrais 25 organiques.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des 30 moyens décrits, ainsi que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en oeuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S

I. Procédé d'utilisation des produits du métabolisme des animaux, du type consistant à effectuer une fermentation anaérobique de fumier sous agitation constante, une séparation de la masse fermentée en une fraction liquide et une fraction solide aptes à être utilisées comme engrais, et un isolement du gaz biologique, caractérisé en ce que, avant la fermentation anaérobique, on soumet le fumier à un traitement par décompression, on conduit la fermentation anaérobique en régime de dépression commandée, le gaz biologique en résultant, ainsi que les autres composants obtenus contenant de l'azote et du carbone, étant utilisés, après avoir été isolés des rejets d'air des locaux d'élevage et de la fraction liquide du fumier, en tant qu'éléments trophiques d'un milieu de culture dans des conditions aérobies au cours de laquelle ils sont soumis à une transformation par des bactéries prototrophiques, la masse biologique de ces dernières étant désintégrée et utilisée comme aliment, le mélange gazeux résultant du traitement par les bactéries prototrophiques étant utilisé comme porteur d'énergie dans le système de fermentation anaérobique, et la masse fermentée étant précipitée, avant sa séparation en fractions, par une suspension minéralo-organique.

2. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que le traitement du fumier par décompression est réalisé par saturation de ce dernier en gaz sous une pression de 4,9 à 11,77 MPa (ou 50 à 120 kg/cm²), suivie d'une diminution de la pression jusqu'à une valeur de 0 à (-11,77)kPa ou (- 1200 mm d'eau).

3. Procédé conforme à l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que pour saturer la masse de fumier on utilise le gaz biologique se dégageant pendant la transformation anaérobique du fumier.

4. Procédé conforme à l'une des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que la dépression dans la chambre de fermentation est maintenue entre 0 et 11,77 kPa (ou 0 et 1200 mm d'eau) et qu'on commence chaque cycle d'agitation à partir du moment où est atteinte une dépression comprise dans la plage de

0,98 à 8,83 kPa (ou 100 à 900 mm d'eau).

5. Procédé conforme à l'une des revendications 1, 2, 3, et 4, caractérisé en ce que les bactéries prototrophiques précitées utilisées pour le traitement aérobie sont composées de 5 micro-organismes obligatoires et de micro-organismes facultatifs des types :

Methilococcus capsulatus,
Methilosinus trichosporium
Methilosinus sporium

10 6. Procédé conforme aux revendications 1, 2, 3, 4, et 5, caractérisé en ce que le traitement aérobie précité pour l'obtention d'une masse biologique est réalisé sous une surpression du mélange gazeux et dans les conditions suivantes :

température du milieu de culture	30 à 45°C
15 acidité (pH)	5,5 à 7,0
pression du gaz contenant de l'oxygène	108 à 3924 kPa ou 1,1 à 40 kg/cm ²)
teneur en acide carbonique	jusqu'à 30 %.

7. Procédé conforme à l'une des revendications précédentes, 20 caractérisé en ce que, pour la précipitation de la masse fermentée, on utilise une suspension de composition suivante :

phosphate monoammonique ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	5 à 15%
chlorure de calcium (CaCl_2)	5 à 15%
solvant (fraction liquide du fumier)	le reste

25 ladite suspension étant mélangée avec la masse à précipiter dans un rapport de 1:1 à 2:2.

8. Installation pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'une des revendications 1 à 7, du type comportant un réacteur microbiologique anaérobie constitué par un récipient de fermentation et un récipient d'accumulation pourvus d'un système de chauffage ainsi que d'un dispositif d'amenée de fumier et d'un dispositif de prélèvement de la masse fermentée, ce dernier dispositif étant relié à un moyen de séparation de la masse fermentée en une fraction solide et une fraction liquide, et ledit récipient 30 d'accumulation étant muni de moyens de prélèvement et d'épuration du gaz biologique, caractérisée en ce que le récipient d'accumulation (9) est relié, par l'intermédiaire d'un moyen 35

(10) de prélèvement du gaz biologique et d'un ensemble d'épuration (12), à un réacteur microbiologique aérobie (13) comportant un désintégrateur (25) de la masse biologique, un concentrateur (24), une conduite (26) d'évacuation du gaz biologique usé vers le système (6) de chauffage du récipient de fermentation (5), le réacteur microbiologique anaérobie (4) comportant un dispositif (11) de régulation et de contrôle automatique de l'intensité du processus de fermentation.

9. Installation conforme à la revendication 8, caractérisée en ce que le dispositif (11) de régulation et de contrôle automatique de l'intensité du processus de fermentation comporte un moyen (49) de maintien d'une dépression prédéterminée dans le récipient d'accumulation (9) et un compteur (65) de gaz biologique, ce moyen et ce compteur coopérant entre eux au cours du maintien de l'intensité prescrite.

10. Installation conforme à l'une des revendications 8 et 9, caractérisée en ce que le moyen (49) de maintien de la dépression prescrite est réalisé sous forme d'une pompe à soufflet constituée d'une chambre de puissance (51), d'un soufflet (50), d'un générateur de rythme (57), d'un sélecteur de pression (52), d'un élément comparateur pneumatique (62), ainsi que de soupapes pneumatiques (53 à 56) dont deux sont reliées au soufflet (50), au récipient d'accumulation (9) et au récipient à gaz (64), tandis que les autres sont mis en communication avec la chambre de puissance (51), le sélecteur de pression (52) et l'élément comparateur pneumatique (62), une entrée de ce dernier étant reliée au soufflet (50), et l'autre, au sélecteur de pression (52), le compteur (65) de gaz biologique étant relié au générateur de rythme (57) relié aux dites soupapes pneumatiques.

11. Installation conforme à l'une des revendications 8, 9 et 10, caractérisée en ce que le moyen d'amenée du fumier et de prélèvement de la masse fermentée comporte au moins trois chambres pneumatiques ne communiquant pas entre elles et dans lesquelles sont montées la partie d'entrée (31), la partie intermédiaire (32) et la partie de sortie (33) d'une conduite flexible de matériaux, raccordées entre elles par des

tubulaires, et un générateur pneumatique d'impulsions (38), dont la sortie est reliée directement à la chambre de ladite partie de sortie (33) tandis qu'elle est reliée aux chambres desdites parties d'entrée (31) et intermédiaire (32) par 5 l'intermédiaire d'éléments de retard (34 et 35).

12. Produits de transformation des produits de l'activité vitale des animaux, caractérisés en ce qu'ils sont obtenus par le procédé faisant l'objet de l'une des revendications 1 à 7.

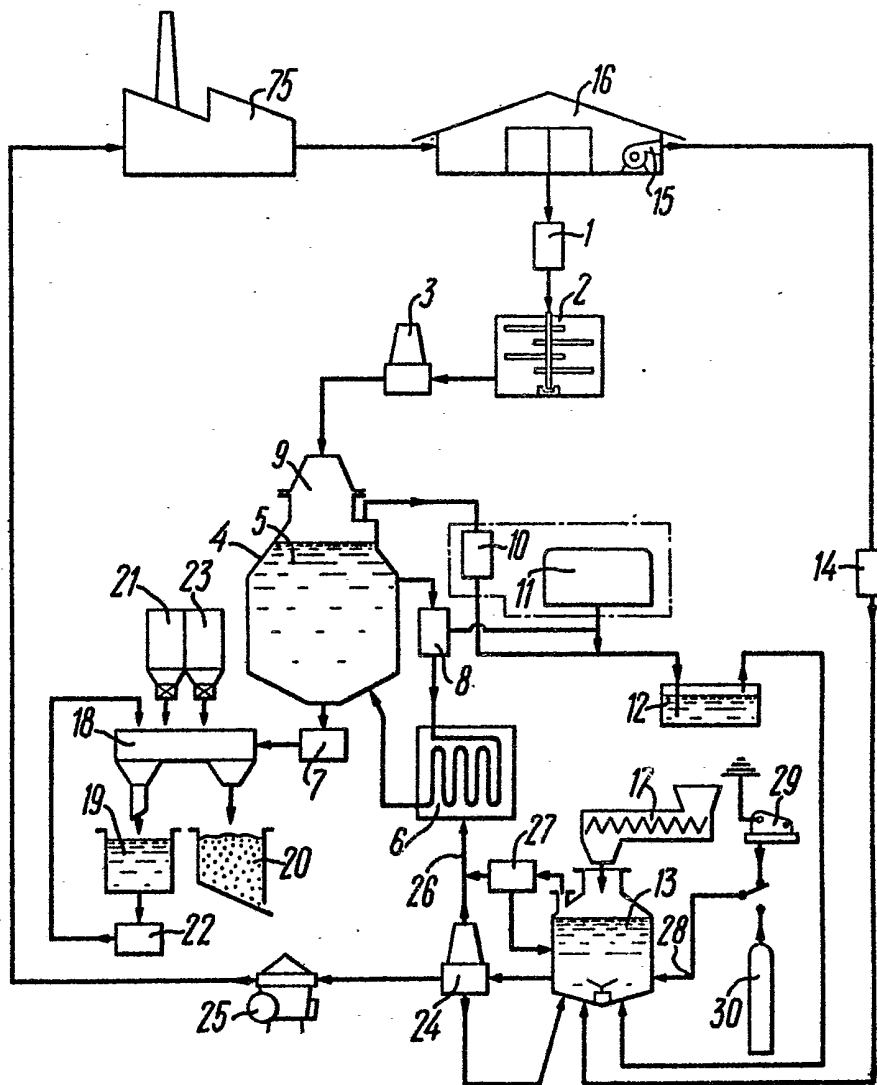


FIG. 1

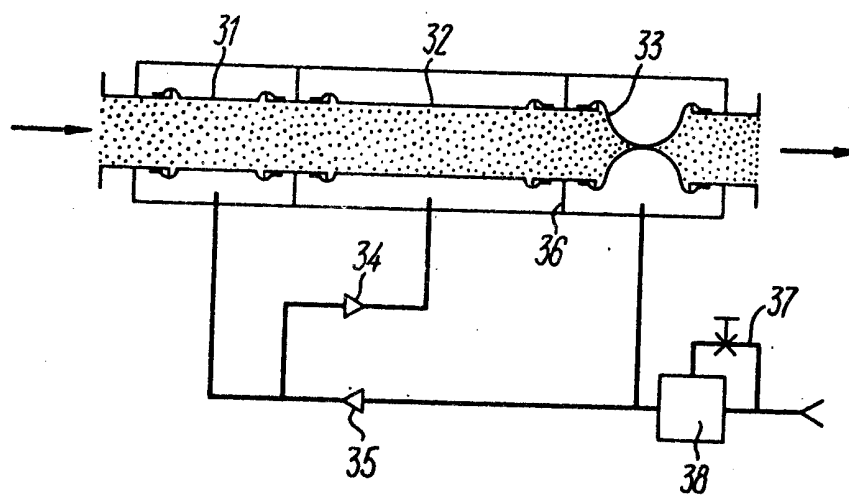


FIG. 2

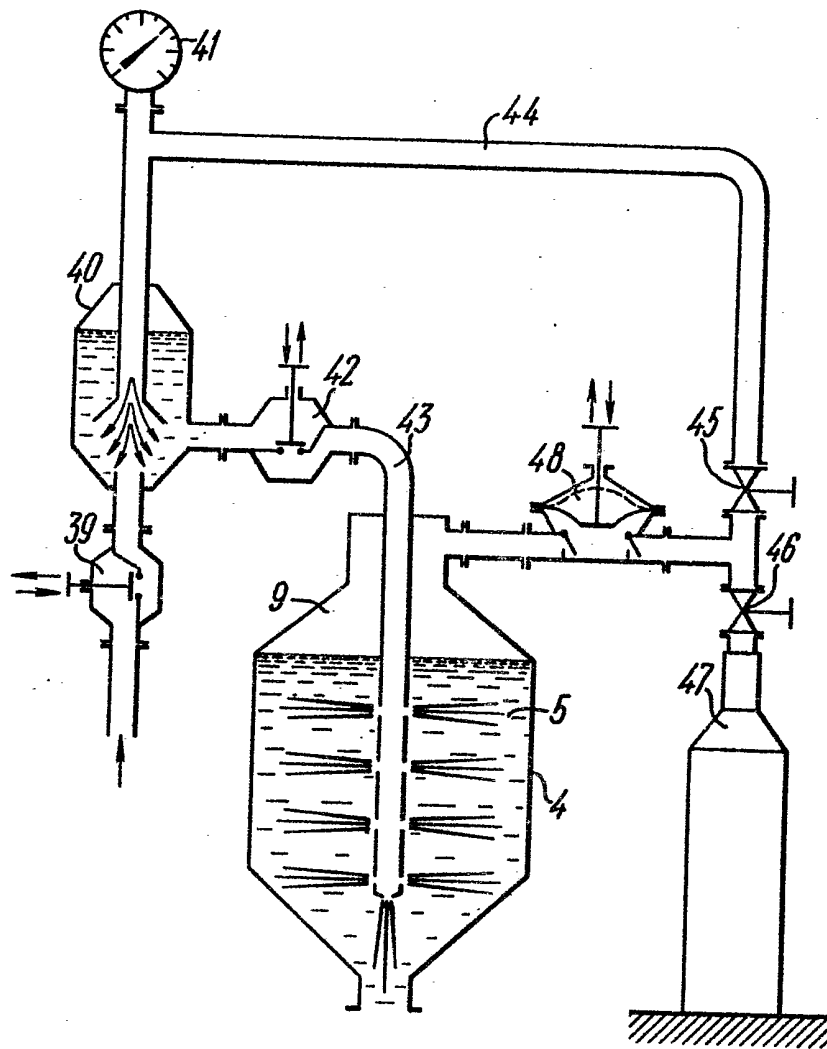


FIG. 3

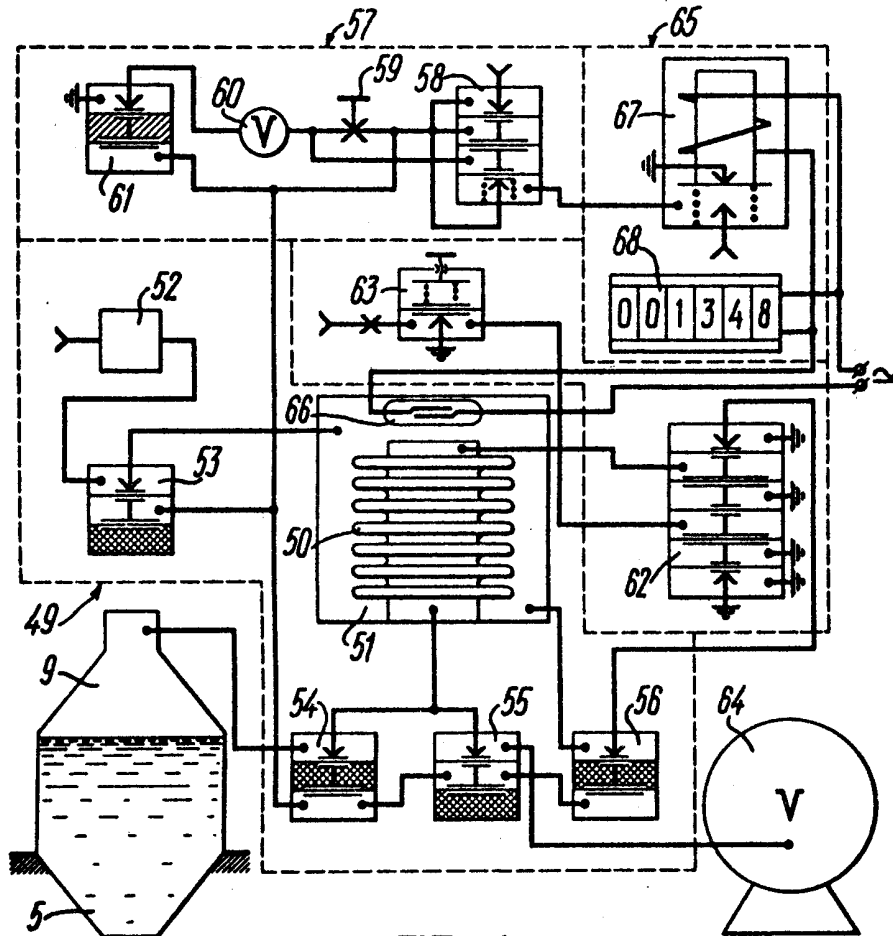


FIG. 4

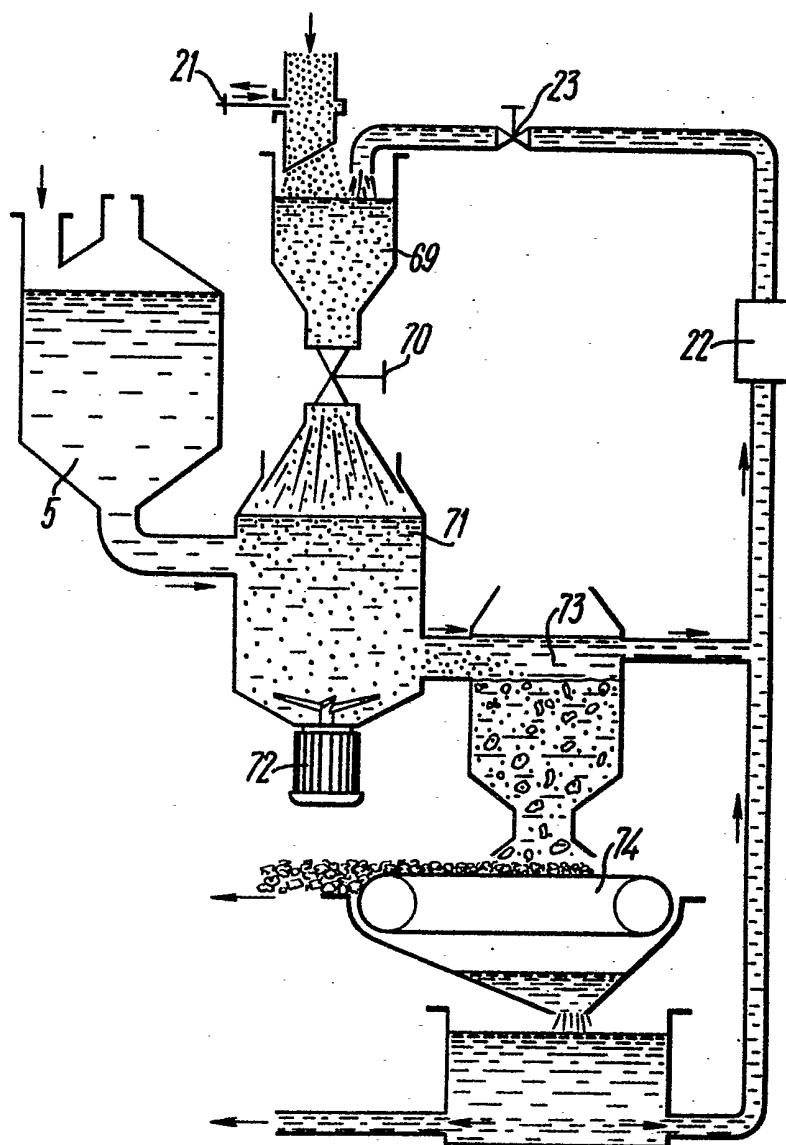


FIG. 5

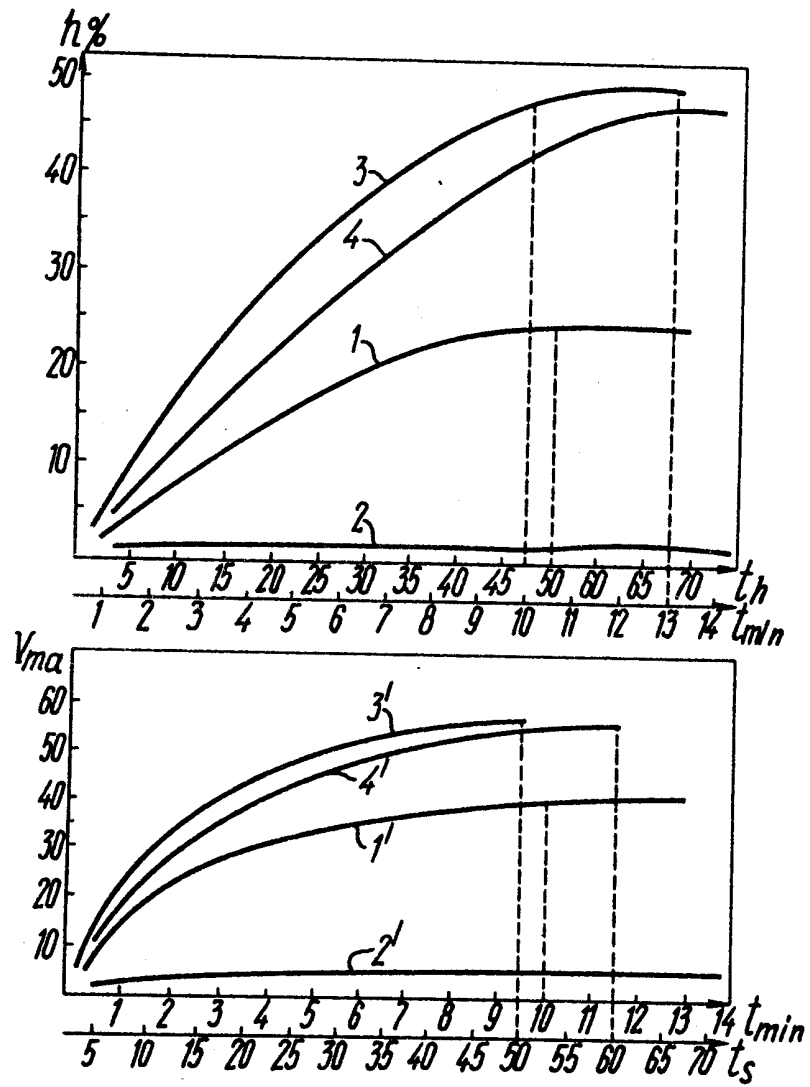


FIG. 6