

Brevet N° **8 1 6 7 1**
 du **10-09-1979**
 Titre délivré : **17 MAR 1981**



Monsieur le Ministre
 de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes
 Service de la Propriété Industrielle
 LUXEMBOURG

*Ag 1844-
 10.03.81*

Demande de Brevet d'Invention

I. Requête

WENSELEERS Jean-Pierre, 125 avenue Houzeau - B 1180 BRUXELLES (1)
Belgique
 représenté par Monsieur A. Zewen, ing.-conseil en Propriété Industrielle (2)
4, place Winston-Churchill, Luxembourg, agissant en qualité de mandataire
 dépose ce dix septembre 1900 soixante-dix-neuf (3)
 à 15⁰⁰ heures, au Ministère de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes, à Luxembourg :
 1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant :
"Procédé de traitement de boues résiduaires" (4)

déclare, en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :
WENSELEERS Jean-Pierre (5)
125 avenue Houzeau
B-1180 BRUXELLES
Belgique

2. la délégation de pouvoir, datée de Uccle le 2 septembre 1979
 3. la description en langue française de l'invention en deux exemplaires ;
 4. / planches de dessin, en deux exemplaires ;
 5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,
 le dix septembre 1900 soixante dix-neuf

revendique pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de
 (6) / déposée(s) en (7) /
 le / (8)

au nom de / (9)
élit domicile pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg
4, place Winston-Churchill, Luxembourg (10)

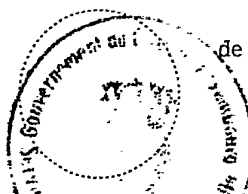
sollicite la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les annexes
 susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à 18 mois.
 Le mandataire

II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie Nationale
 et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Industrielle à Luxembourg, en date du :

10 septembre 1979

à 15⁰⁰ heures



Pr. le Ministre
 de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes,
 p.d.

4234/25616 GL/DPL

LU 1662

M E M O I R E D E S C R I P T I F
déposé à l'applui d'une demande de
B R E V E T D ' I N V E N T I O N

au nom de

Monsieur WENSELEERS Jean-Pierre

pour:

"Procédé de traitement de boues résiduaire"

La présente invention a pour objet un nouveau procédé de traitement de boues résiduaires, plus particulièrement de boues de décantation de stations d'épuration d'eaux domestiques et/ou industrielles, en vue de faciliter leur conditionnement final, tel que leur filtration, leur transport, leur incinération éventuelle et leur élimination ou épandage définitif.

La filière classique du traitement d'eaux usées implique les stades de dégrillage, de dessablage et déshuilage, de décantation primaire, d'épuration biologique par boues activées et finalement de décantation secondaire. La boue activée extraite des décanteurs secondaires est recyclée en partie aux bassins d'épuration biologique, tandis que l'excès est envoyé aux décanteurs primaires.

Les boues extraites des décanteurs primaires - dites boues primaires - peuvent être conditionnées comme telles, en vue de leur élimination, mais en général elles subissent au préalable un traitement de digestion anaérobie , avec formation de méthane.

Après leur décantation dans les décanteurs primaires respectivement dans les digesteurs, ces boues contiennent encore une quantité très importante d'eau (2 - 5% de matières sèches pour les boues primaires ; environ 6% en moyenne en matière sèches pour les boues digérées).

Leur conditionnement final nécessitera donc, en général, une étape de filtration.

En vue d'améliorer l'aptitude à la filtration de ces boues, il a été proposé de les traiter par des agents d'agrégation de particules en suspension, notamment par les systèmes sulfate ferreux - eau oxygénée ; chlorure ferrique - chaux ; sulfate ferreux - chaux.

Chacun de ces systèmes de réactifs présente toutefois des inconvénients soit par des résultats de dessiccation insuffisants et/ou une augmentation excessive du poids des gâteaux de filtration (notamment $\text{FeSO}_4 - \text{Ca}(\text{OH})_2$), soit par le prix des réactifs (notamment H_2O_2 , FeCl_3) nécessaires pour aboutir à une siccité intéressante des gâteaux de filtration.

Conformément à la présente invention, il est maintenant proposé un traitement perfectionné de boues résiduaires, qui élimine les principaux inconvénients des méthodes connues, et qui en outre, permet des économies remarquables et inattendues sur le coût global du conditionnement complet des boues résiduaires.

Selon le nouveau procédé de l'invention, pour le traitement de boues résiduaires en vue de faciliter leur conditionnement final, les boues sont traitées par une combinaison de sels ferreux, d'un agent d'oxydation et de chaux.

Conformément à l'invention, cet agent d'oxydation est de préférence de l'eau oxygénée et le sel de fer utilisé est de préférence du sulfate ferreux.

Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, on peut utiliser :

- entre 15 et 50% en poids de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$);
 - entre 0,5 et 5% en poids d'eau oxygénée (H_2O_2);
 - entre 5 et 30% en poids de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- ces pourcentages étant exprimés par rapport au poids de la matière sèche de la boue.

De manière particulièrement adéquate, on peut utiliser, conformément à l'invention :

- environ de 20 à 30% en poids de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ;
 - environ de 1 à 2,5% en poids d'eau oxygénée (H_2O_2) ;
 - environ de 10 à 20% en poids de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- ces pourcentages étant exprimés par rapport au poids de la matière sèche de la boue.

Dans certaines réalisations de l'invention, il peut être préférable de définir les quantités de réactifs utilisés en fonction de leurs rapports molaires respectifs. Dans ce cas, conformément à une caractéristique supplémentaire de l'invention, le rapport molaire des quantités utilisées de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) et d'eau oxygénée (H_2O_2) se situe entre 1 : 0,25 et 1 : 1 , et le rapport molaire des quantités utilisées de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) et de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se situe entre 1 : 1 et 1 : 4.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, il peut être intéressant d'utiliser la chaux sous forme de lait de chaux et/ou le sulfate ferreux et l'eau oxygénée sous forme de solutions aqueuses.

Conformément à une caractéristique préférée de l'invention, les réactifs sont ajoutés à la boue dans un ordre bien particulier, le sel ferreux étant

ajouté le premier, ensuite l'agent d'oxydation et enfin la chaux.

Selon la réalisation préférentielle de l'invention, la boue est soigneusement mélangée lors de et/ou après l'addition de chaque réactif.

D'autres caractéristiques et propriétés intéressantes de l'invention apparaîtront de la description suivante de deux exemples de modes de réalisation de celle-ci, donnés à titre purement illustratif, et d'un exemple de calculs comparatifs des coûts du conditionnement total des boues.

EXEMPLE 1

Traitement de boues primaires

300 ml d'une boue primaire, de teneur moyenne en matière sèche de 3,5%, issue des bassins de décantation primaire de la station d'épuration de WASMUËL (région de MONS en BELGIQUE) sont placés dans un récipient pourvu d'un mobile d'agitation du type JAR-TEST, tournant à 150 t/min.

Le sulfate ferreux est injecté sous forme de solution à 10% de heptahydrate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Après 30 secondes l'eau oxygénée est ajoutée en solution 10% au milieu et l'agitation est maintenue pendant 60 secondes. Ensuite, la chaux est ajoutée sous forme de lait de chaux à 10% et le mélange est encore assuré pendant 30 secondes.

La boue traitée est ensuite versée sur filtres Buchner, et la dépression est maintenue constante à une valeur d'environ 600 mm Hg, jusqu'à la fissuration du gâteau de filtration.

La résistance spécifique à la filtration de la boue est calculée à partir des relevés en cours d'expérience des volumes de filtrat recueillis selon la méthode décrite par F.F. NOTEBAERT, D.A. WILMS & A.A. VAN HAUTE dans Water Research, vol. 9, pp. 667 à 673 1975.

La résistance spécifique à la filtration (pour une dépression de 600 mm Hg) est ramenée d'une valeur initiale, pour la boue primaire non traitée, de $180 \cdot 10^{12}$ m/kg, jusqu'à une valeur comprise entre 1,5 et $2 \cdot 10^{12}$ m/kg pour la boue traitée par :

Fe SO₄.7H₂O 25% en poids,

Ca (OH)₂ 20% en poids,

H₂O₂ 2% en poids ;

ces pourcentages étant exprimés par rapport au poids de matière sèche de la boue.

A titre de comparaison, le tableau I montre les quantités de réactifs respectifs nécessaires pour atteindre un même abaissement de la résistance à la filtration, par les méthodes connues.

TABLEAU I

Quantités de réactifs nécessaire pour abaisser la résistance à la filtration d'une boue primaire, d'une valeur initiale d'environ $180 \cdot 10^{12}$ m/kg à une valeur comprise entre 1,5 et $2 \cdot 10^{12}$ m/kg.

Système	H_2O_2 % en poids	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ % en poids	$Ca(OH)_2$ % en poids	$FeCl_3$ % en poids
$H_2O_2 + FeSO_4$ (connu)	5	40	-	-
$Ca(OH)_2 + FeCl_3$ (connu)	-	-	25	7.5
$Ca(OH)_2 + FeSO_4$ (connu)	-	30	30	-
$FeSO_4 + H_2O_2 +$ $Ca(OH)_2$ (selon l'inven- tion)	2	25	20	

EXEMPLE 2

Traitement de boues digérées

On applique le mode opératoire décrit dans l'exemple 1, à une boue digérée de teneur moyenne en matière sèche de 6%, issue des digesteurs anaérobies de la station d'épuration de WASMUEL. La résistance spécifique à la filtration est ramenée d'une valeur initiale, pour la boue digérée non traitée, d'environ 100.10 m/kg jusqu'à une valeur comprise entre 2 et 2,5 10^{12} m/kg pour la boue traitée par

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 30% en poids ;

$Ca(OH)_2$ 10% en poids ;

H_2O_2 1,2% en poids ;

ces pourcentages étant exprimés par rapport au poids de matière sèche de la boue.

A titre de comparaison, le tableau II montre les quantités de réactifs respectifs nécessaires pour atteindre un même abaissement de la résistance à la filtration par les méthodes connues.

TABLEAU II

Quantités de réactifs nécessaires pour abaisser la résistance à la filtration d'une boue digérée, d'une valeur initiale d'environ $100 \cdot 10^{12}$ m/kg à une valeur comprise entre 2 et $2.5 \cdot 10^{12}$ m/kg.

Système	H ₂ O ₂ % en poids	FeSO ₄ ·7H ₂ O % en poids	Ca(OH) ₂ % en poids	FeCl ₃ % en poids
H ₂ O ₂ +FeSO ₄ (connu)	4	30	-	-
Ca(OH) ₂ +FeCl ₃ (connu)	-	-	20	5
Ca(OH) ₂ +FeSO ₄ (connu)	-	30	20	-
FeSO ₄ +H ₂ O + Ca(OH) ₂ (selon l'invention)	1,2	30	10	-

EXEMPLE 3

Calculs comparatifs des coûts du conditionnement total de boues primaires et digérées, traitées par le procédé selon l'invention et traitées par des procédés connus.

Trois stades du conditionnement des boues sont pris en compte dans ce calcul comparatif, à savoir :

- 1- le traitement en vue d'améliorer l'aptitude à la filtration (procédé décrit dans les exemples I et II et méthodes connues correspondantes) ;
- 2- le transport des boues vers une installation d'incinération ;
- 3- l'étape d'incinération elle-même.

Le modèle adopté suppose plusieurs stations d'épuration, desservant une région de 80 km de rayon, traitant les effluents de 1.000.000 équivalents-habitants à raison de 80 grammes de matière solide par jour et par habitant.

Les diverses stations d'épuration font incinérer leurs boues dans une installation d'incinération située non loin du barycentre de production de la région. La distance d'acheminement des boues sera en moyenne de 60 à 65 km, car les grosses stations ne sont pas à proximité immédiate du four et la distance réelle à parcourir est plus élevée que la distance à vol d'oiseau

Puisque la donnée fondamentale est le débit de matière sèche des eaux traitées dans les stations et que les systèmes testés restituent des quantités différentes de gâteau, les calculs sont conduits non pas sur le poids unitaire de gâteau, mais bien sur celui de matière sèche initiale. C'est donc la tonne de matière sèche alimentée aux stations d'épuration et subissant le traitement de conditionnement par les quatre systèmes qui est prise en compte.

D'autre part, on considère que la boue digérée contient 40% de matières organiques et la boue primaire 59%. Les chiffres sont chaque fois modifiés pour tenir compte de la modification de ce pourcentage après conditionnement du fait des réactifs utilisés et de la petite perte par solubilisation, décomposition, etc...

En ce qui concerne les quantités de réactifs respectifs nécessaires pour les différents procédés, les calculs comparatifs ont été basés sur les valeurs expérimentales représentées aux tableaux I et II.

Les prix des réactifs utilisés sont pour

H_2O_2 : 42FB/kg d' H_2O_2 100%

FeCl_3 : 14FB/kg

$\text{CA}(\text{OH})_2$: 1,5FB/kg

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,8FB/kg, soit 1,45FB/kg pour le FeSO_4 pur.

Le coût du transport par camion de 25 tonnes, pour une distance de 60 à 65 km, est estimé à 170FB/t, en ce compris le chargement et le déchargement.

L'estimation des coûts de transport tient compte des poids des boues traitées, différents d'un procédé à l'autre.

Les tableaux III et IV reprennent les valeurs expérimentales des poids de boues (par tonne de matière sèche alimentée aux stations), obtenus en traitant des boues primaires (tableau III) et digérées (tableau IV), dans les conditions des exemples 1 et 2, pour le procédé selon l'invention et les procédés connus.

Ces mêmes tableaux reprennent également les poids des cendres obtenues après incinération des différentes boues traitées.

TABLEAU III

Poids des boues primaires traitées dans les conditions du tableau I, et poids de cendres obtenues par incinération de ces boues, (par tonne de matière sèche initiale).

Système de traitement	Poids des boues traitées (kg)	Poids de cendres kg
$H_2O_2 + FeSO_4$ (connu)	5 771	420
$Ca(OH)_2 + FeCl_3$ (connu)	6 378	590
$Ca(OH)_2 + FeSO_4$ (connu)	7 222	710
$FeSO_4 + H_2O_2 + Ca(OH)_2$ (selon l'invention)	5 381	540

TABLEAU IV

Poids des boues digérées, traitées dans les conditions du tableau II, et poids des cendres obtenues par incinération de ces boues (par tonne de matière sèche initiale).

Système de traitement	Poids des boues traitées (kg)	Poids des cendres kg
$H_2O_2 + FeSO_4$ (connu)	6 125	600
$Ca(OH)_2 + FeCl_3$ (connu)	6 743	800
$Ca(OH)_2 + FeSO_4$ (connu)	7 500	800
$FeSO_4 + H_2O + Ca(OH)_2$ (selon l'invention)	6 343	710

Pour la troisième étape, l'incinération, l'estimation des coûts se base sur le bilan thermique d'un four à soles étagées, ramené à la température de 15°C, température d'alimentation supposée des boues. Les fumées sortent à 460°C, les cendres à 350°C. L'air est préchauffé à 165°C.

On a considéré la possibilité de l'usage alternatif de deux types de combustibles, le gaz et le fuel lourd. Les prix utilisés pour le calcul sont les suivants:

- pour le gaz (type Slochteren) : 2,6 FB/Nm³, soit 3,5 FB/kg
- pour le fuel lourd : 3945 Fb/t (référence SHELL, zone 2 1-7-79).

Pour l'élimination des cendres après incinération on admet un coût de décharge finale de 400 FB par tonne de cendre (cf. tableaux III et IV).

Les résultats de ces différents calculs sont résumés aux tableaux V et VI, qui donnent les coûts des réactifs nécessaires pour les traitements respectifs, du transport des boues vers le lieu d'incinération, de combustible requis pour l'incinération (fuel et gaz naturel), et d'élimination des cendres d'incinération, pour le conditionnement global de boues primaires (tableau V) et digérées (tableau VI) en utilisant le procédé selon l'invention, comparé aux procédés connus.

TABLEAU V

Coût total du conditionnement de boues primaires par tonne de matière sèche alimentée aux stations d'épuration.

Système de trai- tement	traitement réactifs	transport	Incinération		Elimination des cendres	Coût total	
			Fuel	Gaz		Fuel	gaz
$H_2O_2^+$ $FeSO_4$	2 420	981	1022	886	168	4591	4445
$Ca(OH)_2^+$ $FeCl_3$	1 425	1 084	1262	1096	236	4007	3841
$Ca(OH)_2^+$ $FeSO_4$	690	1 228	1594	1386	284	3796	3588
$FeSO_4^+$ H_2O^+ $Ca(OH)_2$	1 340	915	836	728	216	3307	3199

TABLEAU VI

Coût total du conditionnement de boues digérées, par tonne
de matière sèche alimentée aux stations d'épuration.

Système de trai- tement	traitement réactifs	transport	Incinération		Elimination des cendres	Coût total	
			Fuel	Gaz		Fuel	gaz
$H_2O_2 + FeSO_4$	1920	1041	1584	1376	240	4785	4577
$Ca(OH)_2 + FeCl_3$	1000	1146	1811	1572	320	4277	4038
$Ca(OH)_2 + FeSO_4$	540	1275	2103	1827	320	4238	3962
$FeSO_4 + H_2O + Ca(OH)_2$	894	1078	1610	1396	284	3866	3652

On constate donc que le procédé de traitement selon l'in-
vention permet une économie globale :

- de 21% (boues primaires) respectivement
11% (boues digérées) par rapport au procédé utilisant
le système chaux-chlorure ferrique,
- de 39% (boues primaires) respectivement
24% (boues digérées) par rapport au procédé utilisant
le système sulfate ferreux - eau oxygénée, et
- de 12% (boues primaires) respectivement
8% (boues digérées) par rapport au procédé de traitement
utilisant le système chaux-sulfate ferreux.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas
aux formes de réalisation et détails décrits ci-dessus,
et de nombreuses modifications peuvent y être apportées

par l'homme de métier, sans s'écarter de la portée
de l'invention telle que définie dans les revendications
qui suivent.



REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement de boues résiduaires en vue de faciliter leur conditionnement final, caractérisé en ce qu'on les traite par une combinaison de sels ferreux, d'un agent d'oxydation et de chaux.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'agent d'oxydation est de l'eau oxygénée.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise du sulfate ferreux comme sel ferreux.

4. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce qu'on utilise :

- entre 15 et 50% en poids de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$);
- entre 0,5 et 5% en poids d'eau oxygénée (H_2O_2);
- entre 5 et 30% en poids de chaux $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$;

ces pourcentages étant exprimés par rapport au poids de la matière sèche de la boue.

5. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce qu'on utilise :

- environ de 20 à 30% en poids de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ;
- environ de 1 à 2,5% en poids d'eau oxygénée (H_2O_2);
- environ de 10 à 20% en poids de chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ;

ces pourcentages étant exprimés par rapport au poids de la matière sèche de la boue.

6. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que le rapport molaire des quantités utilisées de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) et d'eau oxygénée (H_2O_2) se situe entre 1:0,25 et 1:1, et le rapport molaire des quantités utilisées de sulfate ferreux

($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) et de chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) se situe entre 1 : 1 et 1 : 4.

7. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on utilise la chaux sous forme de lait de chaux.

8. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 4 à 7, caractérisé en ce qu'on utilise le sulfate ferreux et l'eau oxygénée sous forme de solutions aqueuses.

9. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on ajoute d'abord le sel ferreux à la boue, ensuite l'agent d'oxydation et enfin la chaux.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on mélange soigneusement la boue lors de et/ou après l'addition de chaque réactif.

R E S U M E

L'invention concerne un procédé de traitement de boues résiduaires en vue de faciliter leur conditionnement final, dans lequel les boues sont traitées par une combinaison de sels ferreux, d'un agent d'oxydation et de chaux.

