



⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt : **91400767.9**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **G21F 9/32, F23G 5/033**

⑳ Date de dépôt : **21.03.91**

③① Priorité : **23.03.90 FR 9003728**

⑦② Inventeur : **Tanari, René Marius Dominique**  
**Chemin de l'Hospitalet**  
**F-84830 Serignan du Comtat (FR)**

④③ Date de publication de la demande :  
**30.10.91 Bulletin 91/44**

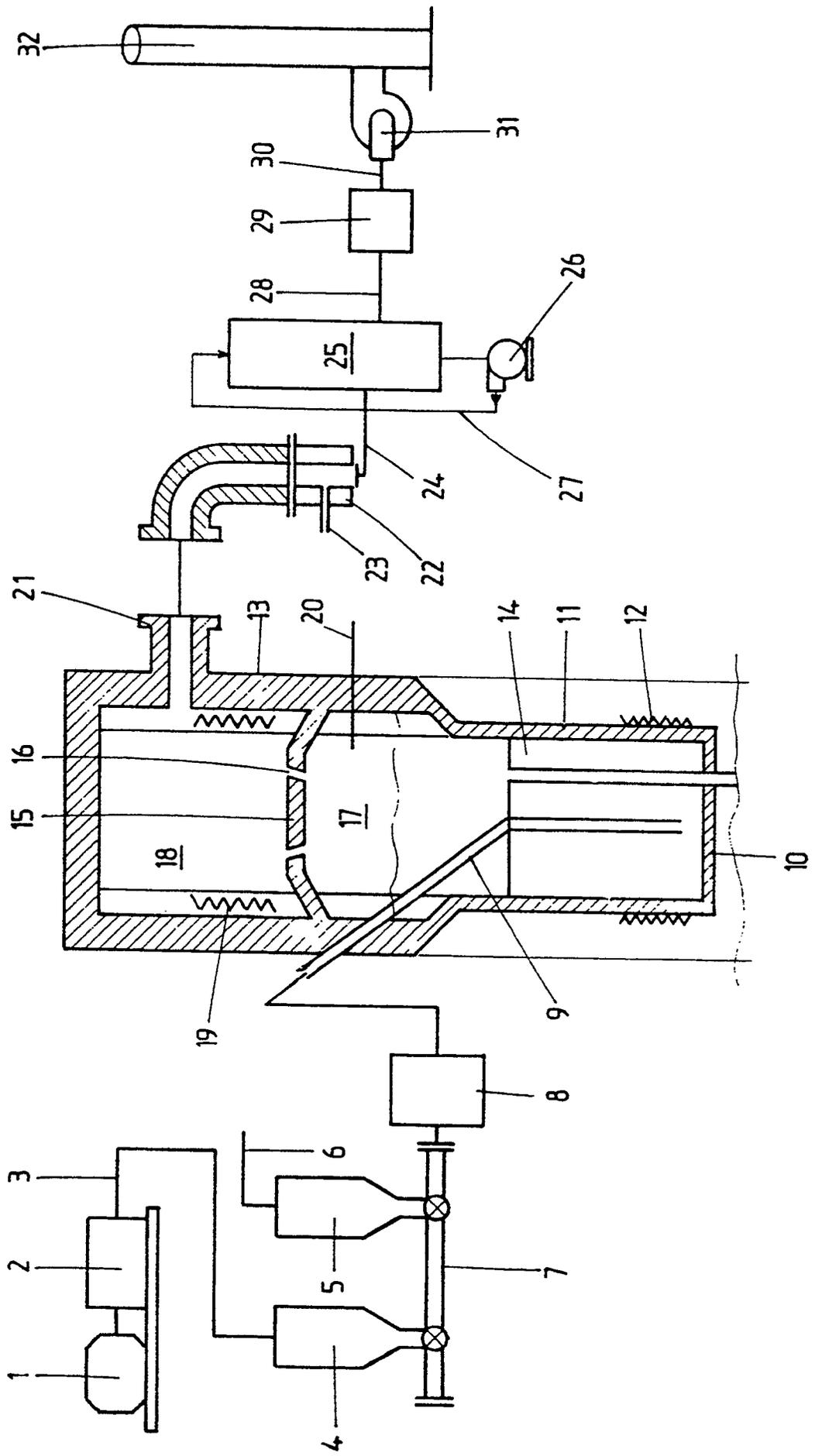
⑦④ Mandataire : **Bourgognon, Jean-Marie et al**  
**Cabinet Flechner 22, Avenue de Friedland**  
**F-75008 Paris (FR)**

⑧④ Etats contractants désignés :  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

⑦① Demandeur : **Société dite: INDRA S.A.**  
**Site Industriel Sactar**  
**F-84500 Bollene (FR)**

⑤④ Procédé et four de traitement de déchets incinérables.

⑤⑦ Il comprend un creuset (11) muni d'un dispositif de chauffage (12), un conduit d'amenée (9) des déchets débouchant dans le bas du creuset (11), un conduit de soutirage (14) d'un bain débouchant dans le creuset (11) à un niveau supérieur à celui de l'embouchure du conduit d'amenée (9) des déchets, le haut du creuset (11) communiquant avec une chambre (17) de combustion en matériau réfractaire, laquelle communique, par un passage chicané délimité dans une voûte (15) réfractaire, vers le haut avec une chambre d'évacuation (18), un conduit d'amenée (20) contenant de l'oxygène débouchant dans la chambre de combustion (18). Industrie nucléaire.



## PROCEDE ET FOUR DE TRAITEMENT DE DECHETS INCINERABLES

La présente invention est relative aux procédés et aux fours de traitement de déchets incinérables, notamment de faible activité nucléaire. Il s'agit notamment de traiter les déchets technologiques se produisant lors des interventions d'entretien et de réparations dans les parties actives d'une installation nucléaire, tels que des gants, des blouses, des surbottes, des plastiques, tels que des flacons de polyéthylène contenant des résidus organiques, mais également des déchets de fonctionnement tels que des résines, des boues organiques, des huiles ou des émulsions. Ces déchets se composent de substances organiques porteuses de radionucléides.

On connaît déjà un certain nombre de procédés d'incinération de ce type de déchets. Ils présentent tous certains inconvénients tels que la nécessité d'un tri préalable des déchets en fonction de leur pouvoir calorifique inférieur, d'une collecte de cendres pulvérulentes avec, en aval, des conditionnements peu sûrs et la production d'imbrûlés dans les fumées nécessitant des post-combustions coûteuses et peu efficaces.

Au GB-A-2 157 062, on décrit un procédé de traitement de déchets contenant des radionucléides, qui consiste à charger de la matière vitreuse dans un four à micro-ondes et à l'y faire fondre sous atmosphère d'air entre 1100 et 1500°C. Puis on met le four sous atmosphère de gaz inerte, tout en modifiant le chauffage micro-onde et on y introduit les déchets à traiter pour les sécher et les distiller. On met ensuite le four sous atmosphère d'air pour brûler les déchets en modifiant le chauffage micro-onde. On modifie encore ensuite le débit d'air et de chauffage pour fondre le résidu dans la matière vitreuse. Au FR-A-2454677, on propose de broyer des déchets radioactifs solides pour mieux les attaquer par l'acide sulfurique.

L'invention vise un procédé permettant de réduire les volumes de déchets à conditionner et de conditionner ces déchets, après gazéification et/ou fusion, sans production de cendres pulvérulentes ni d'imbrûlés, donc dans des conditions de sécurité très satisfaisantes, avec une vitesse élevée, tout en ne nécessitant qu'un investissement réduit et dont le fonctionnement est très simple, sans nécessiter notamment des réglages répétés du chauffage et de l'atmosphère d'un four, ni des températures très élevées.

Le procédé suivant l'invention consiste à broyer les déchets à une granulométrie inférieure à 2 mm, à les entraîner par un gaz porteur dans la partie inférieure d'un bain à base de silice fondue, à couler le bain dans lequel se trouvent les matières minérales, dont notamment des radionucléides solides dans le cas de déchets nucléaires, dans un conteneur et à laisser le bain se solidifier dans le conteneur.

On effectue, avantageusement, un broyage cryogénique à une température allant de -120 à -80°C. Le broyage préalable facilite non pas une attaque chimique par un acide, mais l'opération ultérieure de pyrolyse des substances organiques des déchets et l'opération physique ultérieure de fusion des matières minérales des déchets dans le bain. Il contribue, de paire avec la hauteur du bain, à la possibilité de traiter les déchets d'un coup, sans avoir à modifier l'atmosphère au dessus du bain pour effectuer des stades successifs distincts de distillation et de combustion. L'entraînement par un gaz porteur y contribue également, en assurant une répartition uniforme des déchets dans le bain.

Les cendres et matières minérales solides nucléaires restent ainsi dans le bain qui s'enrichit en radionucléides solides et qui, une fois stocké après solidification dans le conteneur, occupe un volume bien moindre que les déchets de départ. La dégradation des chaînes organiques par pyrolyse donne des produits à molécules plus simples, ce qui facilite la gazéification complète en atmosphère de préférence oxydante au-dessus du bain, les gaz de combustion étant ensuite envoyés et épurés en aval. La pyrolyse et la gazéification des produits de pyrolyse sont indépendantes des pouvoirs calorifiques inférieurs des déchets traités, ce qui permet de ne pas pratiquer de tri préalable. Le volume des déchets organiques porteurs est transformé en un volume de gaz qui peut être rejeté après épuration, les matières solides résiduelles étant incorporées au bain en n'augmentant son volume que dans de faibles proportions. La réduction de volume est très importante et il ne se forme pas de cendres pulvérulentes. La gazéification complète des produits de pyrolyse à molécules plus simples supprime la présence d'imbrûlés dans les fumées.

Pour diminuer la quantité de gaz à traiter en aval du four, il est avantageux que la pression d'entraînement du gaz porteur soit juste supérieure à la pression correspondant à la hauteur de la colonne formée par le bain fondu.

En ne coulant de préférence qu'une partie du bain du conteneur, on maintient en permanence un bain en température au fond du creuset, ce qui permet un traitement continu, sans interruption de l'équilibre énergétique.

Pour être bien sûr que les déchets broyés entraînés dans le bain à base de silice fondue soient bien pyrolysés et que les matières minérales s'incorporent bien au bain par fusion, le bain a une hauteur de 5 à 40 cm au-dessus du niveau d'arrivée des déchets, pour une température du bain de 1000 à 1100°C. Il vaut mieux, de la même façon, que la masse du bain représente de 0,2 à 6 fois le débit massique horaire

des déchets. Pour maîtriser la composition du bain, on peut ajouter aux déchets des produits minéraux en une quantité et d'une nature telles que la composition minérale des déchets devienne sensiblement identique à celle du bain. Celui-ci est constitué en général de 40 à 100 % en poids de  $\text{SiO}_2$  et de 0 à 60 % en poids d'autres oxydes métalliques, tels que des oxydes de métal alcalin et des oxydes de bore servant de fondants.

On peut ajouter également aux déchets un fondant permettant de fondre les matières minérales contenues dans les déchets à une température plus basse et de manière que la composition des matières minérales des déchets devienne identique à celle du bain.

On introduit de préférence un gaz contenant de l'oxygène au-dessus du bain pour effectuer la gazéification des produits de la pyrolyse en atmosphère oxydante au-dessus du bain. Le gaz porteur le plus simple à utiliser est l'air, mais le gaz porteur d'introduction des déchets dans le bain peut être aussi un gaz neutre, sec ou à forte hygrométrie ou réducteur ou donnant dans le bain des conditions d'oxydation hypostoechiométriques. Mais, il n'est pas nécessaire de modifier l'atmosphère au dessus du bain au cours du procédé.

L'invention vise également un four de traitement de déchets comprenant un creuset muni d'un dispositif de chauffage, un conduit d'amenée des déchets débouchant dans le bas du creuset, un conduit de soutirage d'un bain débouchant dans le creuset à un niveau supérieur à celui de l'embouchure du conduit d'amenée des déchets, le haut du creuset communiquant avec une chambre de combustion, laquelle communique, par un passage chicané vers le haut, délimité dans une voûte, avec une chambre d'évacuation, un conduit d'amenée d'un gaz contenant de l'oxygène débouchant dans la chambre de combustion.

Ce four permet d'effectuer le traitement, suivant l'invention, des déchets contaminés, le passage chicané permettant au gaz de pyrolyse de séjourner suffisamment longtemps dans la chambre de combustion pour y être brûlé complètement en empêchant ces gaz d'aller directement dans le reste de l'installation en aval.

Au dessin annexé, donné uniquement à titre d'exemple, la figure unique illustre un four suivant l'invention dans une installation complète de traitement des déchets, les diverses vannes et équipements auxiliaires de régulation ayant été omis.

L'installation comprend une unité de broyage cryogénique, composée d'un concasseur déchiqueteur 1 et d'un granulateur 2, qui fonctionnent à  $-120^\circ\text{C}$ . Le déchet broyé est envoyé, par un conduit 3, à un premier doseur 4. Un deuxième doseur 5 est alimenté par un conduit 6 provenant d'une source d'additif. Les deux doseurs 4 et 5 débouchent dans un

conduit 7 qui est alimenté d'un côté par une source d'air et qui mène à un cyclone mélangeur 8. De celui-ci part une canne 9 qui traverse la paroi latérale d'un four et débouche à proximité du fond 10 de celui-ci. Le four en matériau réfractaire comporte deux parties distinctes. Un creuset 11, en acier réfractaire en partie basse, contenant un bain silicieux fondu et muni de moyens de chauffage 12, et une partie haute, 13, en matériau réfractaire.

Une canne 14 de coulée passe à travers le fond 10 et débouche dans le creuset à une hauteur de 400 mm.

La partie haute 13 comporte une voûte réfractaire 15 munie de passages 16 chicanés qui subdivisent cette partie haute en une chambre de combustion 17 formée au-dessus du bain silicieux et en-dessous de la voûte 15 et en une chambre d'évacuation 18, au-dessus de la voûte 15. La partie haute 13 est munie d'un dispositif de chauffage 19. Dans la chambre 17 débouche une rampe d'air 20. De la chambre 18, un conduit 21 mène à un refroidisseur d'air 22 alimenté en air par un conduit 23 et communiquant par un conduit 24 avec un neutralisateur chimique 25 qui transforme le chlore en chlorure soluble et qui fonctionne en circuit fermé, une pompe 26 faisant circuler, par un conduit 27, une solution de carbonate de métal alcalin ou de soude dans le neutralisateur 25. Un conduit 28 mène de celui-ci à un filtre à très haute efficacité 29. L'efficacité du filtre est de 99,98 %. Ce filtre est destiné à éliminer les aérosols radioactifs. Du filtre 29, un conduit 30 mène à un ventilateur 31 et à une cheminée 32.

Les exemples suivants illustrent l'invention.

#### Exemple 1

Dans l'installation représentée à la figure, on traite des déchets de maintenance et d'entretien des hôpitaux, des laboratoires et d'usines nucléaires composés de matière plastique, de caoutchouc, de papier, de coton, de tissu. Ces déchets sont contaminés par des radionucléides à vie courte et de faible activité nucléaire.

Ces déchets broyés dans le concasseur 1 et le granulateur 2, qui fonctionnent à  $-120^\circ\text{C}$ , ont une granulométrie inférieure à 1 mm dans le conduit 3. Le doseur 4 envoie 667 g de déchets/minute dans le conduit 7. Le doseur 5 envoie 19 g de carbonate de sodium/minute dans le conduit 7.

Le débit d'air, dans le conduit 7, est de  $3 \text{ m}^3$  normaux/heure sous pression.

Le creuset 11 en acier réfractaire a un diamètre de 500 mm et une hauteur de 1000 mm, ce qui correspond à une capacité de 196 litres. Il contient un bain silicieux fondu composé pour 61 % en poids de  $\text{SiO}_2$  et pour 39 % en poids d'un mélange de  $\text{B}_2\text{O}_3$  et de  $\text{Na}_2\text{O}$ . Le point de fusion est de  $900 \pm 20^\circ\text{C}$ . La température en fonctionnement est de  $1000 \pm 50^\circ\text{C}$ . La

hauteur du bain, au début du traitement, est de 400 mm (78 litres correspondant sensiblement à 195 kg). Cette masse constitue le culot liquide permanent du creuset qui est à une température de 1000°C.

L'orifice de la canne d'injection 9 des déchets se trouve à 100 mm au-dessus du fond 10.

Par la rampe 20, on envoie 350 m<sup>3</sup> normaux/heure d'air dans la chambre de combustion 17.

Par le conduit 22, on envoie 2300 m<sup>3</sup> normaux d'air/heure à 20°C, ce qui permet de ramener la température des gaz sortant par le conduit 21 à une température inférieure à 100°C. La température à la sortie du refroidisseur est d'environ 80°C.

Les liants et additifs minéraux des déchets sont retenus dans le bain silicieux. La variation du volume du bain, pour un débit d'introduction de 40 kg/heure de déchets est de 0,7 litre/heure et on effectue une coulée de ce bain par la canne 14 toutes les 96 heures pour une unité traitant 40 kgh<sup>-1</sup>. Le verre se solidifie dans son fût de réception. Sa composition chimique évolue peu en fonction du temps. L'analyse du verre coulé, après 8 heures de traitement, donne SiO<sub>2</sub> = 61 % + e, tandis que Na<sub>2</sub>O + B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 39 % - e.

Les effluents sortant par la cheminée 32 comprennent 49.000 m<sup>3</sup> normaux de CO<sub>2</sub>/heure, 52 m<sup>3</sup> d'H<sub>2</sub>O/heure et 2600 m<sup>3</sup> d'air/heure. La pollution de l'environnement est négligeable, puisque le procédé n'engendre qu'un rejet à 97 % d'air à 20°C. Les contaminants éventuels sont confinés dans le verre de coulée ou piégés sur le filtre spécifique et la teneur en HCl reste inférieure à 100 mg/m<sup>3</sup> normal.

Quand on sait que ce type de déchet est actuellement collecté puis compacté et enrobé de béton dans des conteneurs spécifiques et qu'un fût de 200 litres de capacité ne contient que 30 kg de déchets, on voit que le procédé suivant l'invention permet de réduire définitivement les volumes d'un coefficient de 350 environ, tout en permettant d'avoir un conditionnement peu encombrant ayant une bonne résistance mécanique et non lixiviable.

#### Exemple 2

On traite des flacons de polyéthylène et de verre contenant les scintillateurs et traceurs de la médecine nucléaire. L'installation est celle décrite à l'exemple 1.

Le doseur 4 fournit 670 g de déchets/minute au conduit 7. Le doseur 5 fournit 25 g de carbonate de sodium/minute au conduit 7. Par la rampe 20, on envoie 5 m<sup>3</sup> normaux/heure d'air dans la chambre 17. Par le conduit 23 passent 910 m<sup>3</sup>/heure, à une température de 20°C. La température, à la sortie du refroidisseur, est de 80°C environ. Dans ce cas, on supprime de l'installation le neutralisateur 25.

La composition chimique du bain est de 60 % en poids de SiO<sub>2</sub> et de 40 % en poids du mélange de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et de Na<sub>2</sub>O. Son point de fusion est de 900 ± 20°C. Sa température en fonctionnement est de 1000

± 50°C.

La variation du volume du bain essentiellement produite par les flacons de verre pour un débit d'introduction de 40 kg de déchets/heure est de 12,5 litres/heure et on effectue une coulée par la canne 14 toutes les 8 heures (100 litres).

La composition du verre obtenu évolue peu, en fonction du temps, la composition restant sensiblement identique à la composition initiale.

Les effluents gazeux sortant par la cheminée sont de 16 m<sup>3</sup> normaux de CO<sub>2</sub>/heure, 16 m<sup>3</sup> d'H<sub>2</sub>O/heure et 1000 m<sup>3</sup> normaux d'air/heure. Le procédé n'engendre qu'un rejet à 97 % d'air et à 20°C. Les contaminants éventuels sont confinés dans le verre coulé ou piégés sur le filtre.

Actuellement, ces flacons sont broyés grossièrement pour récupérer les résidus de scintillation, puis compactés et enrobés de béton dans des conteneurs spécifiques. Un fût de 200 litres de ces déchets mélangés ne contient que 30 kg de verre. Le procédé permet de réduire les volumes d'un coefficient de 16 et donne un conditionnement peu encombrant, non lixiviable et de bonne résistance mécanique.

#### Exemple 3

On traite des déchets de l'industrie chimique composés essentiellement de mercure phényle.

L'installation est essentiellement celle utilisée à la figure 1.

Le doseur 4 fournit 167 g de déchets/minute au conduit 7. Le doseur 5 envoie 22 g d'un mélange de carbonate de métal alcalin et de silice/minute au conduit 7. On envoie 3 m<sup>3</sup>/heure d'air sous pression dans le conduit 7.

Par la rampe 20, on envoie 60 m<sup>3</sup> normaux/heure d'air à la chambre 17.

Par le conduit 23, on envoie 700 m<sup>3</sup> normaux d'air à 20°C/heure. La température, à la sortie du refroidisseur 22, est de 80°C environ.

Le neutralisateur chimique transforme HgO en des sels solubles.

Le bain contient 60 % en poids de SiO<sub>2</sub> et 40 % en poids de Na<sub>2</sub>O. Son point de fusion est de 900 ± 20°C. Sa température de fonctionnement est de 1000 ± 50°C.

L'analyse du bain coulé, après 8 heures de traitement, donne SiO<sub>2</sub> = 60 % ± e et Na<sub>2</sub>O = 40 % ± e.

La variation du volume du bain, pour un débit d'introduction de 10 kg de déchets/heure, est de 3,2 litres/heure.

Les effluents gazeux comprennent 11 m<sup>3</sup> normaux de CO<sub>2</sub>/heure, 4 m<sup>3</sup> normaux d'H<sub>2</sub>O/heure et 700 m<sup>3</sup> d'air/heure. Le procédé n'engendre qu'un rejet à 98,5 % en poids d'air et à 20°C ( la teneur en Hg est inférieure à 0,3 mg.m<sup>3</sup> normal.

## Revendications

1. Procédé de traitement de déchets incinérables, notamment de faible activité nucléaire, comprenant des substances organiques et des matières minérales parmi lesquelles figurent des radionucléides, caractérisé en ce qu'il consiste à broyer les déchets à une granulométrie inférieure à 2 mm, à entraîner par un gaz porteur les déchets broyés dans la partie inférieure d'un bain à base de silice fondue, à couler le bain dans lequel se trouvent les matières minérales, dont notamment des radionucléides solides dans le cas de déchets nucléaires, dans un conteneur et à laisser le bain se solidifier dans le conteneur. 5  
10  
15
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la pression d'entraînement du gaz porteur est juste supérieure à la pression correspondant à la hauteur de la colonne formée par le bain fondu. 20
3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste à ne couler qu'une partie du bain dans le conteneur. 25
4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le bain a une hauteur de 5 à 40 cm au-dessus du niveau d'arrivée des déchets, pour une température du bain de 1000 à 1100°C. 30
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la masse du bain représente de 0,2 à 6 fois le débit massique horaire des déchets. 35
6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à ajouter aux déchets des produits minéraux, en une quantité et d'une nature telles que la composition minérale des déchets devienne sensiblement identique à celle du bain. 40
7. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à ajouter aux déchets un fondant diminuant le point de fusion du bain. 45
8. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à introduire un gaz contenant de l'oxygène au-dessus du bain. 50
9. Four de traitement de déchets, caractérisé en ce qu'il comprend un creuset (11) muni d'un dispositif de chauffage (12), un conduit d'amenée (9) des déchets débouchant dans le bas du creuset 55

(11), un conduit de soutirage (14) d'un bain débouchant dans le creuset (11) à un niveau supérieur à celui de l'embouchure du conduit d'amenée (9) des déchets, le haut du creuset (11) communiquant avec une chambre de combustion (17), laquelle communique, par un passage chicané délimité dans une voûte (15), vers le haut avec une chambre d'évacuation (18), un conduit d'amenée (20) contenant de l'oxygène débouchant dans la chambre de combustion (17).

10. Four suivant la revendication 9, caractérisé en ce que la chambre de combustion (17) est munie d'un dispositif de chauffage (19).

