



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

①9

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

①1 **CH 683826 A5**

⑤1 Int. Cl.⁵: **B 09 B** 3/00
C 03 C 6/00
B 01 D 47/00
B 01 D 49/00

①2 **FASCICULE DU BREVET** A5

②1 Numéro de la demande: 3473/90

②2 Date de dépôt: 01.11.1990

③0 Priorité(s): 07.11.1989 FR 89 14815

②4 Brevet délivré le: 31.05.1994

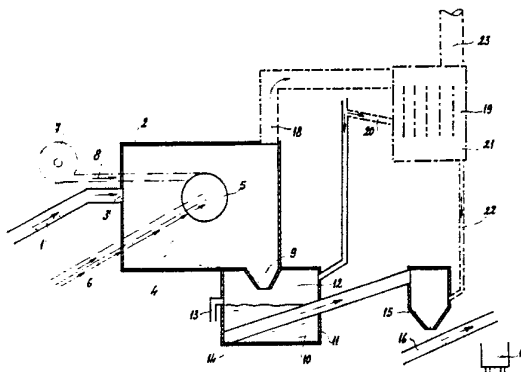
④5 Fascicule du brevet
publié le: 31.05.1994⑦3 Titulaire(s):
Jacques Simond, Mézières-sur-Seine (FR)⑦2 Inventeur(s):
Simond, Jacques, Mézières-sur-Seine (FR)⑦4 Mandataire:
Micheli & Cie, ingénieurs-conseils, Thônex (Genève)⑤4 **Procédé de vitrification de cendres volantes et dispositif pour sa mise en oeuvre.**

⑤7 Le procédé de vitrification de cendres volantes selon l'invention consiste à réaliser:

- le chauffage des cendres volantes quelle que soit leur origine de manière à atteindre leur point de fluidité à des températures comprises entre 1150 °C et 1450 °C;
- la destruction de celles-ci à de très hautes températures (qui peuvent atteindre 2000 °C) permettant de transformer en plasma les produits nocifs;
- le refroidissement brutal du produit liquéfié à la température ambiante pour assurer un éclatement conduisant à une pulvérisation de manière à obtenir des grains dont la granulométrie permet un bon débit de coulée.

Le dispositif pour la mise en oeuvre comporte en combinaison:

- des moyens de cheminement 1 des cendres volantes;
- une chambre de fusion 4, comportant des moyens de chauffage 5 pour atteindre une température supérieure à 1450 °C;
- une chambre de solidification 12 comportant des moyens de refroidissement permettant la précipitation du produit liquéfié;
- des moyens de récupération 14 et d'évacuation 16 des cendres vitrifiées;
- une unité 19 de traitement des gaz de combustion avant leur évacuation dans l'atmosphère.



Description

La présente invention concerne un procédé de vitrification de cendres volantes et un dispositif pour sa mise en œuvre.

5 Il est habituel, pour traiter les déchets industriels et ménagers de les éliminer dans un réseau d'incinération, et d'utiliser la combustion d'un matériau fossile, tel que le charbon, comme énergie dans les centrales thermiques.

De telles solutions présentent l'inconvénient, dans le cas de centrales thermiques et de l'incinération des ordures ménagères, de conduire à deux grands types de résidus solides:

10 – les machefers, ou cendres de foyer qui sont des particules fondues ou ramollies dans le foyer qui s'agglomèrent et qui tombent à la base de la chambre de combustion
– les cendres volantes qui sont des particules très fines, transportées par les fumées et captées avant l'évacuation dans l'atmosphère par divers procédés mécaniques et/ou électrostatiques de filtration.

Les cendres volantes, provenant, en France, de l'incinération de 17 millions de tonnes de déchets ménagers, représentent 250 000 tonnes et sont des produits pulvérulents, constitués par des particules 15 très fines, dont la masse volumique varie de 1900 à 2400 kg/m³ et dont la finesse, mesurée par un perméabilmètre Blaine s'échelonne entre 2200 et 4000 cm³/g.

La dimension de ces particules est comprise entre 0,5 µ et 200 µ avec une répartition en pourcentage, en fonction du type de procédé de captation ou de filtration, du type:

20 – de 50 à 70% ont une taille inférieure à 50 µ
– de 50 à 80% ont une taille comprise entre 50 µ et 80 µ
– de 10 à 25% ont une taille supérieure à 80 µ

La grande finesse de ces particules pose un problème pour leur stockage, et ceci, notamment en raison de la dissipation de ces produits et du très grand risque de leur dispersion.

25 L'étude de la composition chimique de ces cendres, dont l'humidité du produit brut est de 1% à 2%, et la solubilité de 30 à 40% a montré qu'elles comprennent les composants tels que:

	Ca (OH) ₂	:	50%
30	Ca (CO ₃)	:	10%
	Ca Cl ₂	:	10%
	Ca SO ₃	:	0,3%
35	Ca F ₂	:	0,1%
	Carbone	:	traces
	Cl ⁻	:	4 à 6%
	Cd	:	0,04%
40	Cu	:	0,15 à 0,20%
	Fe	:	3 à 8%
	Mn	:	0,2%
45	Ni	:	0,02%
	Pb	:	0,3 à 0,4%
	Zn	:	2 à 3%
50	Hg	:	traces
	Dioxine	:	traces

la présence de ces sels métalliques, très solubles, facilement entraînés par les eaux pluviales, est une source importante de pollution des sols et des nappes phréatiques.

55 Ce risque est d'autant plus grand, que très souvent, ces cendres volantes sont mélangées à des machefers produits par l'incinération, l'ensemble étant alors évacué et stocké sans précautions particulières.

Les cendres volantes, produites par les centrales thermiques brûlant du charbon peuvent être évaluées annuellement à 300 000 tonnes, en France. Leur granulométrie est semblable à celle des cendres volantes provenant de l'incinération des déchets ménagers.

60 L'analyse chimique de ces cendres a permis d'établir qu'elles sont généralement constituées par:

	SiO ₂	:	42 à 45%
	Al ₂ O ₃	:	22 à 32%
5	Fe ₂ O ₃ + TiO ₂	:	4 à 15%
	CaO	:	1 à 8%
	MgO	:	1 à 3%
10	K ₂ O	:	2 à 5%
	Na ₂ O	:	0,5% à 1%
	SO ₃	:	0,2 à 2%
	Carbone	:	2 à 8%
15	Traces de Pb, Mn, B, Mb		

Bien que, une telle composition chimique soit différente de celle des cendres volantes provenant des usines d'incinération des ordures ménagères et de ce fait ne présente pas les mêmes inconvénients de pollution et de toxicité, leur grande finesse les rend comparables à de la poudre de ciment, ce qui pose les mêmes problèmes pour leur manutention et leur stockage que ceux rencontrés par les cendres volantes issues des usines d'incinération.

De plus, l'amélioration des moyens de mesure est susceptible à échéance de mettre en évidence des éléments toxiques présents à faible dose, de même que l'utilisation de combustible provenant d'exploitation de nouveaux gisements, plus ou moins diversifiés, peuvent conduire à l'apparition d'autres composés nocifs dans les résidus de combustion.

Pour remédier à ces inconvénients, étant donné que ces cendres volantes ne sont pas admissibles dans certaines décharges en raison de leur solubilité et de leur teneur en métaux lourds, il est connu de leur faire subir un pré-traitement avant leur dépôt dans celles-ci.

Ce pré-traitement a un double objectif, d'une part de donner de la cohésion à ce matériau pulvérulent, afin de faciliter son transport vers sa mise en décharge, et, d'autre part, de rendre inertes ou d'extraire les métaux souvent toxiques qu'elles contiennent.

Pour ce faire, un procédé suisse vise à solidifier ces cendres par adjonction de ciment et à les inertiser en stabilisant le pH grâce à des adjuvants de type connu jouant le rôle de tampon. Cette solution s'avère économique mais nécessite un lavage préalable des cendres avant le mélange au ciment de manière à éliminer toute trace de chlorure qui empêche sa solidification. Il est alors nécessaire d'effectuer un traitement des eaux résiduaires afin d'écartier toute possibilité de pollution.

Toutefois, étant donné la teneur élevée de ces cendres en métaux lourds, tels que le plomb ou le zinc, qui en raison du pH fortement alcalin se trouvent sous forme d'hydrocomplexes facilement solubles, le risque de pollution de ces substances par migration est très important, et ce même après leur solidification avec du ciment.

Par ailleurs, d'autres procédés visent à conditionner ces cendres par stockage dans des sacs plastiques par ensachage, avant leur élimination dans une alvéole spécifique dans une décharge contrôlée de résidus urbains de ces sacs enrobés de chaux. Quel que soit le mode de traitement choisi, ces résidus doivent être compactés dans une alvéole ou dans une partie bien délimitée de la décharge, afin de former une masse homogène et de faible surface qui ne soit pas en contact avec des substances biodégradables.

En effet, le mélange, avec des ordures ménagères, entraîne des variations de pH tendant à solubiliser les sels métalliques, ce qui facilite la mobilité de substances toxiques telles que la dioxine.

La présente invention vise à remédier à ces inconvénients en fournissant un procédé de vitrification de cendres volantes et un dispositif pour sa mise en œuvre qui permettent une augmentation de la granulométrie des cendres, évitant ainsi la dissipation dans l'atmosphère et la dispersion dans le sol de celles-ci, tout en garantissant l'insolubilité des composants qui restent stables dans le temps, confinés dans les particules vitrifiées, et en allégeant les contraintes de manutention de stockage ou de recyclage de tels composés.

De surcroît, ce procédé favorise la réduction de la quantité des déchets par l'élimination du carbone résiduel et par la combustion et la destruction à haute température des produits toxiques.

A cette fin, le procédé selon l'invention consiste à réaliser:

- le chauffage des cendres volantes quelle que soit leur origine et de manière à atteindre leur point de fluidité à des températures comprises entre 1150°C et 1450°C
- la destruction de celles-ci à de très hautes températures (qui peuvent atteindre 2000°C) permettant de transformer en plasma les produits nocifs
- le refroidissement brutal du produit liquéfié à la température ambiante pour assurer un éclatement conduisant à une pulvérisation de manière à obtenir des grains dont la granulométrie permet un bon débit de coulée.

Suivant une variante d'exécution, la deuxième étape du procédé consiste à traiter les cendres par adjonction de fondant de manière à maintenir et à confiner dans le résidu vitrifié les composants nocifs à la température la plus basse possible (inférieure à 1450°C).

5 Ainsi, ces adjuvants servent d'une part à assurer la cohésion des produits, et d'autre part, joue le rôle de fondant de manière à permettre une liquéfaction à des températures inférieures à la température de fusion du produit «pur» en évitant ainsi le transfert de produits nocifs dans les gaz de combustion.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre du procédé.

Suivant une forme d'exécution simple de l'invention ce dispositif comporte en combinaison:

- des moyens de cheminement des cendres volantes
- 10 – une chambre de fusion, comportant des moyens de chauffage, pour atteindre une température supérieure à 1450°C
- une chambre de solidification comportant des moyens de refroidissement permettant la précipitation du produit liquéfié
- des moyens de récupération et d'évacuation des cendres vitrifiées
- 15 – une unité de traitement des gaz de combustion avant leur évacuation dans l'atmosphère.

Suivant une forme de réalisation de ce dispositif, la fusion s'effectue à l'intérieur de la chambre de fusion dans un foyer permettant d'utiliser, soit un chauffage direct par combustible fossile du type charbon fuel ou gaz, ou encore par arcs électriques ou résistances électriques, soit un chauffage indirect.

20 Avantageusement, l'utilisation du chauffage direct permet aux cendres volantes de subir directement l'opération de liquéfaction.

Selon une autre forme de réalisation du procédé, le chauffage indirect peut être obtenu, soit par l'utilisation de combustible fossile du type charbon ou fuel ou gaz, ou encore par arcs électriques ou résistances électriques, soit par l'utilisation de brûleurs.

25 En l'état actuel de la technique, les arcs électriques ou les résistances électriques permettent d'obtenir, grâce à leur simplicité de mise en œuvre, une plage de température qui assure un bon fonctionnement du dispositif et une qualité optimale des cendres volantes liquéfiées.

Avantageusement les brûleurs utilisés sont du type torche à plasma électrobrûleur ou encore brûleur à gaz classique.

30 Les torches à plasma ne présentent de véritable intérêt que pour des températures supérieures à 2000°C.

Les électrobrûleurs associant généralement un brûleur à gaz ou un dopage de flamme par arc électrique présentent eux un intérêt pour une température stable au dessus de 1600°C.

Enfin, les brûleurs classiques sont généralement suffisant pour ce type de vitrification, dans la mesure où ils fournissent une température stable entre 1450°C et 1500°C.

35 Avantageusement, l'utilisation de tels brûleurs sont d'un réglage facile de la combustion, ce qui permet de minimiser le volume de gaz produit.

Toutefois, l'utilisation d'un procédé de chauffage classique est envisageable à condition de prévoir une adaptation des brûleurs. Dans le cas de charbon pulvérisé, cette adaptation de la poche de fusion est alors constituée par une chaudière du type cyclone.

40 Quelle que soit l'origine de la source de chaleur, celle-ci a pour but de permettre l'obtention de la température nécessaire à la fusion des cendres volantes, avec le réglage adapté au produit et susceptible d'assurer une marge de température permettant de garantir une qualité optimale du produit.

Selon une caractéristique du dispositif, la vitrification se fait à l'intérieur d'une chambre de solidification dans un bac d'un cendrier hydraulique.

45 Selon une autre caractéristique intéressante du dispositif, le bac comprend un orifice ménagé pour recevoir un conduit d'alimentation en eau et un trop plein.

Avantageusement, le trop plein et l'alimentation en eau permettent de maintenir un niveau constant pour compenser l'évaporation ou diverses pertes, ainsi que d'obtenir une température de l'ordre 50°C qui favorise la bonne granulométrie des cendres liquides, sous forme d'un magma, qui subissent un éclatement conduisant à leur pulvérisation dû à leur refroidissement brutal.

50 Selon une variante, le refroidissement du produit liquéfié est effectué après coulée de celui-ci à l'intérieur de moules ou de réceptacles assurant la formation de blocs, tels que pavés, dalles, briquettes, lingots, etc.

55 Selon une caractéristique de l'invention, les grains vitrifiés ainsi obtenus ont une grosseur de quelques millimètres.

Avantageusement, une telle grosseur est obtenue grâce au réglage indépendant ou simultané de la température de la chambre de fusion et du débit de la coulée du produit liquéfié.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les cendres sont amenées par des distributeurs adaptés à des produits pulvérulents du type chaînes à raclette.

60 Ces cendres sont ensuite déversées dans la poche de fusion par l'intermédiaire d'un système d'injection.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le système d'injection est un mécanisme à poussoir. Cela permet de réaliser une parfaite étanchéité de la poche de fusion.

65 La coulée du produit se fait ensuite dans une enceinte revêtue de réfractaire du type bloc électro fondu ou silice.

Selon une forme préférée de réalisation l'installation peut contenir des brûleurs latéraux, dont la technique dépend de la température recherchée.

Selon une caractéristique, l'évacuation, à la sortie de l'extracteur mécanique du cendrier des cendres vitrifiées, peut se faire soit par voie hydraulique ou soit par un transporteur à table vibrante.

5 Ainsi, les cendres sont amenées jusqu'à une installation de stockage ou d'évacuation vers un moyen de transport.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'unité de traitement comprend des moyens d'épuration et de décantation qui permettent d'assurer le nettoyage du gaz de combustion avant sa libération dans l'atmosphère. Cela limite au maximum le rejet de gaz toxique provenant de la combustion des cendres volantes.

10 De toute façon, l'invention sera bien comprise à l'aide de la description qui suit, en référence au dessin schématique annexé, dont la figure unique représente, une forme de réalisation du dispositif pour la mise en œuvre du procédé.

L'unité de vitrification de cendres volantes représentée dessin comprend une chambre de fusion 2, une chambre solidification 12, des moyens de transport 1 des cendres volantes, et des moyens de récupération 14 et d'évacuation 16 des cendres vitrifiées.

15 Les cendres volantes sont acheminées par l'intermédiaire d'un convoyeur 1, adapté au produits pulvérulents, du type chaîne à raclettes, à l'entrée d'une enceinte fermée constituant la chambre de fusion 2.

20 Un injecteur, du type mécanisme à poussoir, non représenté sur la figure, pouvant se déplacer par translation par des moyens connus suivant un axe horizontal, permet leur introduction dans la chambre de combustion 4 par une ouverture adaptée 3 située sur la partie haute de la chambre de combustion. Un brûleur 5, du type connu, inséré dans la chambre de combustion 4 est alimenté par un conduit 6 extérieur d'arrivée en combustible et en alimentation électrique.

25 Un ventilateur 7, situé à l'extérieur de la chambre de fusion 2 par l'intermédiaire d'un circuit auxiliaire 8 à air, refroidit le brûleur. Les cendres volantes emportées par gravitation tombent dans le bas de la chambre de combustion 4. Elles y sont liquéfiées sous forme de magma et par entraînement débouchent dans un puit de coulée 9 de forme tronconique disposé dans le bas de la chambre 4 contre l'une de ces faces internes. Ce magma liquide arrive ensuite dans une cuve substantiellement remplie d'eau, d'un cendrier hydraulique 11 de la chambre de solidification 12.

30 Cette cuve 10 comporte dans sa partie haute une première ouverture 12 ménagée pour recevoir l'arrivée d'un conduit en alimentation en eau et dans sa partie médiane une seconde ouverture 13 destinée à un conduit de trop plein qui débouche sur un circuit d'évacuation en eau non représenté sur la figure.

35 Le magma liquide, au contact de l'eau se refroidit subitement, en se vitrifiant, puis se dépose dans le fond de la cuve 10 sous forme de grains de cendres vitrifiées. Un extracteur mécanique 14 du type connu placé dans le fond de celui-ci convoie ces cendres vitrifiées vers une unité de décantation 15 du type connu. Après leur passage dans celui-ci, ces cendres vitrifiées sont emportées par un convoyeur 16, du type transporteur à table vibrante, jusqu'à des moyens de transport 17.

40 Un conduit extérieur 18 de sortie de gaz de combustion, placé en haut de la chambre de fusion permet l'évacuation des fumées vers une unité d'évacuation et de décantation 19.

Un conduit en eau 20 fournit son alimentation et débouche dans une cuve 21 où les particules se déposent dans le fond par gravitation. A la sortie de celle-ci, les particules sont emmenées par un convoyeur 12 vers l'unité de décantation 15 avant d'être acheminées avec les cendres vitrifiées par des

45 moyens de transport 17. Les fumées, après épuration et filtration, sont évacuées dans l'atmosphère par une cheminée 23 placée à la sortie de l'unité 19.

Le procédé de vitrification des cendres volantes se déroule comme décrit ci-dessous.

50 Les cendres volantes, quelle que soit leur origine, sont amenées dans la chambre de combustion 2 par l'intermédiaire d'un convoyeur 1. Elles sont introduites dans la chambre de fusion 4 par une ouverture ménagée 3 grâce à un système de d'injection.

A l'intérieur de cette chambre de fusion 4, ces cendres sont chauffées par des brûleurs 5 adaptés de manière à atteindre leur point de fluidité à des températures comprises entre 1150°C et 1450°C puis sont transformées à une température de 2000°C en plasma afin de détruire les composés nocifs qu'elles contiennent. Ce plasma est alors refroidi brutalement dans une cuve 10 du cendrier hydraulique 11 au contact de l'eau, ce qui permet un éclatement conduisant à une pulvérisation.

55 Un extracteur 14 convoie ces cendres vitrifiées tombées par gravitation dans le fond de la cuve 10 vers une unité de décantation 15.

Après le passage dans celle-ci elles sont emmenées par un transporteur à table vibrante 10 jusqu'à des moyens de transport 17.

60 Les fumées provenant de la combustion de ces cendres sont captées à la sortie de la chambre de fusion 4 et sont traitées par une unité d'épuration et de décantation 19. Les particules issues, de celle-ci, sont ensuite acheminées vers l'unité de décantation 15 avant d'être convoyées avec les cendres volantes vers des moyens de transport 17.

65

Revendications

1. Procédé de vitrification de cendres volantes caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser:
 - le chauffage des cendres volantes quelle que soit leur origine de manière à atteindre leur point de fluidité à des températures comprises entre 1150°C et 1450°C,
 - la destruction de celles-ci à de très hautes températures pouvant atteindre 2000°C et permettant de transformer en plasma les produits nocifs,
 - le refroidissement brutal du produit liquéfié à la température ambiante pour assurer un éclatement conduisant à une pulvérisation.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la deuxième étape du procédé consiste à traiter les cendres par adjonction de fondant de manière à maintenir et à confiner dans le résidu vitrifié les composants nocifs à une température inférieure à 1450°C.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le refroidissement brutal s'effectue dans une cuve substantiellement remplie d'eau.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le refroidissement est effectué après coulée du produit liquéfié à l'intérieur de moules ou de réceptacles assurant la formation de blocs, tels que pavés, dalles, briquettes et lingots.
5. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte:
 - des moyens de cheminement des cendres volantes (1),
 - une chambre de fusion (4) comportant des moyens de chauffage pour atteindre une température supérieure à 1450°C,
 - une chambre de solidification (12) comportant des moyens de refroidissement permettant à la précipitation du produit liquéfié,
 - des moyens de récupération (14) et d'évacuation (16) des cendres vitrifiées,
 - une unité de traitement des gaz de combustion (19) avant leur évacuation dans l'atmosphère.
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la chambre de fusion (4) comporte un foyer muni de moyens de chauffage direct par combustibles fossiles du type charbon, fuel ou gaz.
7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la chambre de fusion (4) comporte un foyer muni de moyens de chauffage direct par arcs électriques.
8. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la chambre de fusion (4) comporte un foyer muni de moyens de chauffage direct par résistances électriques.
9. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la chambre de fusion (4) comporte un foyer muni de moyens de chauffage indirect.
10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de chauffage sont agencés de façon à permettre l'utilisation de combustible fossile du type charbon, fuel ou gaz.
11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de chauffage sont agencés de façon à permettre l'utilisation d'un arc électrique.
12. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de chauffage sont agencés de façon à permettre l'utilisation d'une résistance électrique.
13. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de chauffage sont agencés de façon à permettre l'utilisation de brûleurs adaptés (5).
14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que les brûleurs (5) sont du type torche à plasma, électrobrûleur ou brûleur à gaz classique.
15. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte une chambre de solidification (12) comprenant une cuve (10) d'un cendrier hydraulique (11) permettant de réaliser la vitrification.
16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que la cuve (10) comprend un orifice ménagé pour recevoir un conduit d'alimentation en eau (12) et un trop plein (13).
17. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les cendres volantes sont amenées par des distributeurs (1), du type chaînes à raclettes, adaptés à des produits pulvérulents.
18. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens d'injection sont un mécanisme à poussoir.
19. Dispositif selon l'une des revendications 5 et 15, caractérisé par des moyens à voie hydraulique pour l'évacuation à la sortie de l'extracteur mécanique (4) du cendrier (11), des cendres vitrifiées.
20. Dispositif selon l'une des revendications 5 et 15, caractérisé par un transporteur à table vibrante (16) pour l'évacuation à la sortie de l'évacuation mécanique du cendrier hydraulique (11) des cendres vitrifiées.
21. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'unité de traitement (19) comprend des moyens d'épuration et de décantation (19) qui permettent d'assurer le nettoyage du gaz de combustion avant sa libération dans l'atmosphère.

