economie

BREVET D'INVENTION

ROYAUME DE BELGIQUE

SPF ECONOMIE, P.M.E.,
CLASSES MOYENNES & ENERGIE

Office de la Propriété intellectuelle

NUMERO DE PUBLICATION : 1019865A3

NUMERO DE DEPOT : 2011/0622

Classif. Internat. : B09C

Date de délivrance le : 08 Janvier 2013

Le Ministre de l'Economie,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété intellectuelle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l' arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 24 Octobre 2011 à 18H45 à l 'Office de la Propriété Intellectuelle

ARRETE:

Article unique.-Il est délivré à : TPS TECHNOLOGIES
Steenvelstraat 15, B-1180 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : BRANTS Johan P E, BRANTSANDPATENTS, Guldensporenpark 75 - B 9820 MERELBEKE.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : DISPOSITIFS ET PROCEDES D'ASSAINISSEMENT DE SOLS.

INVENTEUR(S) : Haemers Jan, Zandbeekstraat 163, B-1180 Brussels (BE)

PRIORITE(S) 25.10.10 EPEPA104470273 25.10.10 EPEPA104470281

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Pour expédition certifiée conforme

Bruxelles, le 08 Janvier 2013
PAR DELEGATION SPECIALE :

S. DRISQUE
Conseiller

DRISQUE S.
Conseiller

.be

DISPOSITIFS ET PROCÉDÉS D'ASSAINISSEMENT DE SOLS

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne le domaine du traitement et du recyclage des déchets solides, en particulier l'assainissement des sols. L'invention concerne des procédés et des dispositifs de nettoyage de sols contenant des contaminants, plus particulièrement des procédés et des dispositifs pour volatiliser des contaminants dans le sol par conduction thermique et efficacement en utilisant les dispositifs. Les procédés et dispositifs sont en particulier caractérisés en ce que le recyclage est visé, en particulier dans le domaine de la construction, notamment dans le domaine de l'énergie géothermique.

CONTEXTE

La contamination des sols de surface et près de la surface est devenue un sujet de grande préoccupation dans de nombreux endroits. Le sol peut devenir contaminé avec des produits chimiques, biologiques et/ou des contaminants radioactifs. Les déversements de matières, les fuites des cuves de stockage, et le suintement d'enfouissement de matériaux mal éliminés ne sont que quelques exemples des nombreuses façons dont le sol peut devenir contaminé. S'ils restent en place, un certain nombre de ces contaminants se retrouveront dans les aquifères, l'air ou dans la chaîne alimentaire, et pourraient devenir des dangers pour la santé publique.

De nombreux procédés ont été proposés pour l'élimination des contaminants de surface, tels que l'excavation suivie de l'incinération, la vitrification in situ, le traitement biologique, les additifs chimiques pour la désactivation, le chauffage par radiofréquence, etc. Bien qu'ils offrent de bons résultats dans certaines applications, ces procédés peuvent s'avérer très coûteux et ne sont pas pratiques si plusieurs tonnes de terre doivent être traitées.

Un procédé qui peut être utilisé pour retirer les contaminants du sol de subsurface est un procédé d'extraction de vapeur du sol. Dans un tel procédé, un vide est appliqué au sol pour aspirer l'air et la vapeur à travers le sol de subsurface. Le vide peut être

appliqué au niveau d'une interface sol/air, ou le vide peut être appliqué par des puits à vide placés dans le sol. L'air et la vapeur peuvent entraîner et transporter des contaminants volatils vers la source du vide. L'effluent gazeux retiré du sol par le vide, qui contient des contaminants qui étaient dans le sol, est ensuite transporté vers une installation de traitement où il est traité pour éliminer, ou réduire les contaminants à des niveaux acceptables. L'inconvénient de ce procédé est qu'il est limité à l'extraction des contaminants présents sous forme de vapeur.

La désorption thermique in situ peut être utilisée pour augmenter l'efficacité d'un processus d'extraction de vapeur du sol, la vaporisation des contaminants du sol peut être effectuée par désorption thermique. La désorption thermique in situ implique le chauffage in situ du sol afin d'élever la température du sol tout en retirant simultanément les effluents gazeux du sol. La chaleur ajoutée à un sol contaminé peut augmenter la température du sol au-dessus des températures de vaporisation des contaminants dans le sol et amener les contaminants à se vaporiser. Un vide appliqué au sol permet d'aspirer les contaminants vaporisés du sol.

Un procédé de chauffage d'un sol comprenant des contaminants comprenant l'injection d'un fluide chauffé dans le sol est décrit, par exemple, dans le document EP 1604749. Le procédé ici décrit consiste à introduire un système de colonnes perforées dans le sol. Un courant d'air chaud est envoyé à travers les colonnes. L'air chaud est injecté dans le sol à travers des perforations dans les colonnes au niveau des perforations de conduites. Une vapeur de contaminants est formée dans le sol, laquelle peut être extraite du sol à travers les perforations dans les colonnes et éliminée dans une unité de traitement des effluents gazeux.

Un inconvénient majeur de ce procédé est que de grandes quantités d'énergie sont nécessaires pour le processus de chauffage, dont une grande partie est perdue lors du transport vers ou à partir du sol. Les contaminants vaporisés parcourent de longues distances à travers un matériau conducteur de la chaleur non isolé avant d'atteindre une installation de traitement. Le combustible nécessaire pour le processus de chauffage coûte cher. D'un point de vue énergétique, ce procédé est coûteux et n'est pas écologique. En outre, les colonnes perforées coûtent cher. La majeure partie du coût est due à la perforation des colonnes. Bien que les colonnes puissent être réutilisées un nombre limité de fois dans la même application, leur recyclage est limité

à un même type de sol et/ou de contamination. Le stockage de ces colonnes avant leur ré-employabilité coûte cher.

Par conséquent, il subsiste un besoin dans l'art de réduire encore davantage le coût du procédé et de réduire son empreinte carbone. La présente invention vise à fournir une solution à au moins l'un des problèmes mentionnés ci-dessus en proposant des procédés et des dispositifs de nettoyage d'un sol comprenant des contaminants, qui permettent de réaliser des économies d'énergie, qui soit moins chers, qui soient faciles à installer, faciles à utiliser et qui soient appropriés pour une utilisation dans des applications de nouvelle génération. En particulier, la présente invention vise à fournir des procédés et des systèmes d'assainissement des sols dans lesquels les pertes de chaleur sont réduites, tandis que le transport de fluides chauffés est maintenu au minimum. Par ailleurs, la présente invention vise à fournir un procédé et un système d'assainissement des sols dans lesquels les colonnes perforées qui ont été enfoncées dans le sol pour le nettoyage n'ont pas besoin d'être retirées après que le sol a été assaini, mais peuvent être réutilisées à d'autres fins.

RÉSUME DE L'INVENTION

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de nettoyage d'un sol comprenant des contaminants. Les procédés et les systèmes décrits ici sont destinés à débarrasser le sol de contaminants à la fois volatils et semi-volatils. Les procédés et les systèmes selon l'invention sont appliqués au nettoyage d'un sol contaminé, in situ ou après l'excavation du sol contaminé. L'invention est caractérisée en ce que le lumen des colonnes du système de nettoyage du sol contaminé peut être utilisée pour le recyclage du dispositif, en particulier en pieu géothermique et/ou en pieu gravitaire.

Dans un premier aspect, l'invention fournit un procédé d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, comprenant les étapes consistant à :

- introduire dans ledit sol au moins une colonne perforée pour l'extraction des contaminants d'une région contaminée dudit sol,
- à proximité immédiate de ladite au moins une colonne perforée, introduire au moins une colonne non perforée pour fournir de la chaleur à ladite région contaminée dudit sol,

- fournir de la chaleur à ladite au moins une colonne non perforée (18), chauffant ainsi ladite région contaminée dudit sol à une température suffisante pour provoquer la vaporisation desdits contaminants du sol et obtenir une vapeur de contaminants,
- extraire ladite vapeur de contaminants contenant lesdits contaminants du sol de ladite région contaminée dudit sol dans ladite au moins une colonne perforée,
- retirer ladite vapeur de contaminants de ladite au moins une colonne perforée, fournissant ainsi un sol assaini,

dans lequel au moins une colonne perforée et ladite au moins une colonne non perforée peuvent être reliées à au moins un dispositif situé en surface comprenant une unité de combustion, de chauffage et de commande pour chauffer et ainsi nettoyer ledit sol.

Dans un autre mode de réalisation, la présente invention fournit un procédé d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, comprenant les étapes consistant à :

- introduire et/ou créer dans ledit sol au moins un passage de vapeur pour l'extraction des contaminants d'une région contaminée dudit sol,
- à proximité immédiate ou dans ledit au moins un passage de vapeur, introduire au moins une colonne non perforée pour fournir de la chaleur à ladite région contaminée dudit sol,
- fournir de la chaleur à ladite au moins une colonne non perforée, chauffant ainsi ladite région contaminée dudit sol à une température suffisante pour provoquer la vaporisation desdits contaminants du sol et obtenir une vapeur de contaminants,
- extraire ladite vapeur de contaminants contenant lesdits contaminants du sol de ladite région contaminée dudit sol dans ledit au moins un passage de vapeur,
- retirer ladite vapeur de contaminants dudit au moins un passage de vapeur, fournissant ainsi un sol assaini,

dans lequel ledit au moins un passage de vapeur et ladite au moins une colonne non perforée peuvent être reliés à au moins un dispositif situé en surface comprenant une unité de combustion, de chauffage et de commande pour chauffer et ainsi nettoyer ledit sol.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention fournit un procédé comprenant en outre les étapes consistant à :

- munir ladite colonne non perforée de moyens de guidage de fluide sur au moins une partie substantielle de sa longueur, et

- coupler lesdits moyens de guidage de fluide à un réseau de conduites reliées audit un dispositif situé en surface.

Dans un mode de réalisation préféré, l'invention fournit un procédé d'assainissement des sols, dans lequel une pression négative est fournie pour l'extraction de ladite vapeur de contaminants de ladite région contaminée dudit sol.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention fournit un procédé dans lequel de la chaleur est fournie à ladite colonne non perforée à un rythme intermittent régulier.

Dans un autre aspect, l'invention fournit un dispositif ou un système d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, ledit dispositif comprenant au moins une colonne perforée et au moins une colonne non perforée, dans lequel la au moins une colonne perforée peut être reliée à un moyen de fourniture de vide pour l'extraction d'une vapeur de contaminants dudit sol, et dans lequel la colonne non perforée possède un tuyau fabriqué à partir d'un matériau conducteur de la chaleur, letuyau possède un lumen s'étendant dans une direction axiale, à une extrémité, le lumen est fermée en permanence, à l'extrémité opposée, le lumen peut être reliée à une source de chaleur pour la vaporisation desdits contaminants du sol.

Dans un autre mode de réalisation, la présente invention fournit un dispositif ou un système d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, ledit dispositif comprenant au moins un passage de vapeur et au moins une colonne non perforée, dans lequel le au moins un passage de vapeur peut être relié à un moyen de fourniture de vide pour l'extraction d'une vapeur de contaminants dudit sol, et dans lequel la colonne non perforée possède un tuyau fabriqué à partir d'un matériau conducteur de la chaleur, le tuyau possède un lumen s'étendant dans une direction axiale, à une extrémité, le lumen est permanente, à l'extrémité opposée, le lumen peut être reliée à une source de chaleur pour la vaporisation desdits contaminants du sol.

Dans un mode de réalisation préféré, le passage de vapeur du dispositif ou du système selon la présente invention, est une section de sol excavé.

Dans un mode de réalisation préféré supplémentaire, la section de sol excavé du dispositif ou du système selon la présente invention est munie d'un matériau perméable à la vapeur.

Dans un autre mode de réalisation préféré supplémentaire, la taille moyenne des particules du matériau perméable à la vapeur est comprise entre 2 et 8 mm, de préférence entre 3 et 7 mm, plus préférentiellement entre 4 et 6 mm.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention fournit un dispositif, dans lequel ledit lumen est fournie sur une partie substantielle de la longueur de la au moins une colonne non perforée. La présence du lumen guidera la circulation de fluide. Ceci est avantageux pour une fourniture de chaleur améliorée.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention fournit un dispositif, dans lequel une section du lumen est munie d'un matériau de rétention de la chaleur.

Dans un mode de réalisation préféré supplémentaire, la présente invention prévoit un dispositif, dans lequel le matériau de rétention de chaleur est amovible.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention fournit un dispositif, dans lequel ledit matériau conducteur de la chaleur est de l'acier, de préférence de l'acier inoxydable.

Dans un autre aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention, pour l'assainissement d'un sol contaminé et pour fournir de l'énergie géothermique à une construction, ladite construction étant de préférence un bâtiment. Un dispositif d'assainissement des sols selon un mode de réalisation de l'invention peut être avantageusement recyclé et utilisé comme dispositif de géothermie.

Dans un autre aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention, pour l'assainissement d'un sol contaminé et pour fournir une fondation de caissons pour une construction. Un dispositif d'assainissement des sols selon un mode de réalisation de l'invention peut être avantageusement recyclé et utilisé dans un moyen de stabilisation pour une construction érigée par-dessus le sol qui est doté du moyen de stabilisation, ou à proximité immédiate de celui-ci.

Le procédé, le dispositif et les utilisations prévus par l'invention sont avantageux en ce qu'un système multi-usage qui intègre différentes fonctionnalités est fourni, réduisant ainsi le temps de construction et permettant à des matériaux d'être réutilisés. Le procédé proposé par l'invention permet de réduire les déchets, d'économiser de l'énergie étant donné que les pertes de chaleur sont réduites, de réduire les coûts, et est facile à modifier et simple d'utilisation.

DESCRIPTION DES FIGURES

La **Figure 1** est un schéma représentant une vue de dessus d'une colonne conductrice de la chaleur (B) munie d'une conduite concentrique (A) pour transporter un fluide chauffé dans ladite colonne. À proximité immédiate de la colonne conductrice de la chaleur, une colonne perforée (C) est fournie.

La **Figure 2** est une illustration d'un mode de réalisation d'un système d'assainissement des sols selon la présente invention. Une colonne perforée est fournie en tant que parement autour de la colonne conductrice de la chaleur.

La **Figure 3** est une illustration d'un autre mode de réalisation d'un système d'assainissement des sols selon la présente invention. Une colonne perforée est fournie à proximité immédiate d'une colonne conductrice de la chaleur.

La **Figure 4** représente une vue en trois dimensions d'un module de chauffage.

La **Figure 5** est un schéma du module de chauffage représenté sur la Figure 4. On montre respectivement une vue de côté (Fig. 5A), une vue de dessus (Fig. 5b), et vue de face (Fig. 5c).

La **Figure 6** est une illustration d'un autre mode de réalisation d'un système d'assainissement des sols selon la présente invention. Une section de sol excavé est fournie à proximité immédiate d'une colonne conductrice de la chaleur.

La **Figure 7** est une illustration d'un autre mode de réalisation d'un système d'assainissement des sols selon la présente invention. Une colonne conductrice de la chaleur est placée dans la section de sol excavé.

La **Figure 8** est un schéma représentant un système d'assainissement des sols comprenant un tas de sol enfermé dans trois parois de profilés en béton empilables et muni d'une paroi de dispositifs d'assainissement des sols selon un mode de réalisation de l'invention.

La **Figure 9** est une représentation schématique en trois dimensions d'un mode de réalisation d'un dispositif d'assainissement des sols selon la présente invention.

Les **Figures 10a et 10b** sont une illustration du rythme de fonctionnement intermittent régulier avec des cycles d'intervalles de fourniture de chaleur suivis d'intervalles d'interruption de fourniture de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention.

La **Figure 11** est un graphique montrant les cycles de température du matériau de rétention de la chaleur pendant les intervalles de fourniture de chaleur et les intervalles d'interruption de fourniture de chaleur du rythme de fonctionnement intermittent régulier selon un mode de réalisation de l'invention. L'axe des y représente la température en °C du matériau de rétention de la chaleur et l'axe des x représente le temps en minutes.

La **Figure 12** est un graphique montrant un autre mode de réalisation d'un dispositif adapté pour une utilisation dans l'assainissement des sols selon un procédé de l'invention.

Bien que l'invention soit sujette à diverses modifications et formes alternatives, des modes de réalisation spécifiques de celle-ci sont représentés à titre d'exemple dans les dessins et seront décrits en détail ici. Les dessins peuvent ne pas être à l'échelle. Il faut comprendre, toutefois, que le dessin et sa description détaillée ne sont pas destinés à limiter l'invention à la forme particulière décrite, mais, au contraire, l'intention est de couvrir tous les modifications, équivalents et alternatives relevant de l'esprit et de la portée de la présente invention, telle que définie par les revendications annexées.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

Sauf indication contraire, tous les termes utilisés dans la divulgation de l'invention, y compris les termes techniques et scientifiques, ont le sens communément compris par l'homme de l'art auquel appartient cette invention. Par souci de précision, les définitions des termes sont fournies afin de mieux apprécier l'enseignement de la présente invention.

Tel qu'utilisés ici, les termes suivants ont la signification suivante :

« Un », « une », et « le » et « la », tel qu'utilisés ici, font référence à des référents à la fois singuliers et pluriels, sauf si le contexte indique clairement le contraire. À titre d'exemple, un « compartiment » fait référence à un ou plusieurs compartiments.

« Environ », tel qu'utilisé ici, faisant référence à une valeur mesurable telle qu'un paramètre, une quantité, une durée temporelle, et ainsi de suite, est destiné à englober des variations de +/- 20 % ou moins, de préférence +/- 10 % ou moins, plus préférentiellement +/-5 % ou moins, encore plus préférentiellement +/-1 % ou moins, et toujours plus préférentiellement +/- 0,1 % ou moins de la valeur spécifiée et par rapport à celle-ci, dans la mesure où de telles variations peuvent être appliquées à l'invention décrite. Cependant, il est entendu que la valeur à laquelle le modificateur « environ » fait référence est elle-même également spécifiquement divulguée.

Les termes « comprendre », « comprenant », et « comprend » et « composé(s) de » tels qu'utilisés ici sont synonymes de « comporter », « comportant », « comporte » ou de « contenir », « contenant », « contient » et sont des termes inclusifs ou ouverts qui spécifient la présence de ce qui suit, par exemple des composants, et n'excluent ou n'écartent pas la présence de composants, de caractéristiques, d'éléments, d'organes ou d'étapes supplémentaires non mentionnés, connus dans l'art ou divulgués à cet égard.

La désignation de plages numériques par des points limites inclut tous les nombres et les fractions subsumées dans cette plage, ainsi que les points limites indiqués.

En particulier, la présente invention prévoit un dispositif pour l'assainissement d'un sol contaminé, également appelé « dispositif d'assainissement des sols ».

La présente invention fournit un procédé pour assainir un sol comprenant des contaminants.

Par les termes « assainir » ou « assainissement » tel qu'utilisés ici, on entend un procédé visant à réduire la charge de contaminants. Le terme « nettoyage » peut être considéré comme un synonyme.

Dans le contexte de cette description, le terme « sol » inclut, mais n'est pas limité à du sable, du limon, de l'argile, de la tourbe, de la matière organique et leurs mélanges.

Les termes « sols contenant des contaminants » et « sols contaminés » sont utilisés ici comme des synonymes et doivent être compris comme incluant tous les types de sols qui peuvent être contaminés par des contaminants chimiques, biologiques et/ou radioactifs, y compris mais non limités aux sols gelés , aux sols très humides, aux sols à forte teneur en argile, aux sols contenant des résidus de charbon, aux sédiments, aux boues, aux dépôts, aux déchets contaminés, aux gâteaux ou autres.

Le terme « contaminants » inclut mais n'est pas limité aux composés organiques, en particulier les hydrocarbures, notamment les hydrocarbures aromatiques polycycliques abrégés par HAP, les BTEX et autres hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques dans la gamme C10 à C70, les solvants chlorés, les polychlorobiphényles abrégés PCB, les pesticides, le MTBE et autres produits organiques présents dans le sol et les eaux souterraines, ainsi que des composés inorganiques tels que les cyanures, le mercure ou d'autres composés semi-volatils.

Le terme « BTEX » tel qu'utilisé ici, doit être compris comme signifiant le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et le xylène. Ce sont des composés aromatiques monocycliques volatils présents dans le goudron de houille et les produits pétroliers. Les BTEX sont les plus solubles des principaux composés d'essence et peuvent être un signe de contamination à l'essence.

Le terme « MTBE » tel qu'utilisé ici, doit être compris comme signifiant le méthyl-tert-butyl-éther, également appelé éther méthyltertiobutylique, abrégé par MTBE. Le MTBE est un composé chimique avec la formule moléculaire $C_5H_{12}O$. Le MTBE est un liquide volatil, inflammable et incolore. Le MTBE est un additif de l'essence.

En particulier, la présente invention fournit un procédé pour assainir un sol comprenant des contaminants, comprenant l'étape consistant à : introduire un dispositif d'échange de chaleur dans ledit sol.

Par le terme « dispositif d'échange de chaleur » utilisé ici, on entend un dispositif capable d'échanger de la chaleur. Le dispositif d'échange de chaleur de la présente invention comprend de préférence un, plus préférentiellement au moins deux colonnes ou plus.

Les au moins deux colonnes comprennent une colonne perforée et une colonne non perforée. Les deux colonnes sont munies d'un lumen s'étendant dans la direction axiale. Par le terme « lumen » utilisé ici, on entend que les colonnes sont creuses. Ou en d'autres termes, un espace vertical clos est fourni. À une extrémité, le lumen peut être reliée à une source de chaleur ; à l'extrémité opposée, le lumen est fermée. Le lumen peut être munie à l'extrémité fermée d'un embout en forme de cône. Ceci est avantageux pour l'insertion de la colonne dans le sol.

Les termes « colonnes », « conduites » et « tubes » sont utilisés ici comme des synonymes et doivent être compris comme incluant des matériaux conducteurs de la chaleur qui peuvent fournir une structure colonnaire comprenant un lumen. Par le terme « matériaux conducteurs de la chaleur » utilisé ici, on entend des matériaux capables de conduire la chaleur, tels que, mais non limités à l'acier, l'acier inoxydable, le métal ou la céramique.

La colonne non perforée possède un tuyau fabriqué à partir d'un matériau conducteur de la chaleur. Dans un mode de réalisation préféré, ladite colonne est faite d'acier, de préférence d'acier inoxydable.

La colonne perforée possède un tuyau en acier inoxydable ou en acier au carbone.

Par souci de clarté, la description suivante portera sur un système comprenant au moins deux colonnes, en particulier un ensemble constitué d'une colonne perforée et d'une colonne non perforée, dans lequel la colonne non perforée est destinée au chauffage du sol contaminé, et la colonne perforée est destinée à l'extraction des vapeurs de contaminants provenant du sol chauffé à proximité immédiate de la

colonne perforée. Il sera clair pour la personne versée dans l'art que le nombre de colonnes pourra varier en fonction de leurs dimensions et de la quantité et de l'état du sol devant être débarrassé des contaminants.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention prévoit un dispositif qui peut être utilisé pour l'assainissement in situ d'un sol contaminé ou pour l'assainissement d'un sol excavé. Comme synonyme du mot « dispositif », le mot « système » peut être utilisé.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention prévoit un dispositif comprenant au moins une colonne non perforée **18** et un passage de vapeur **16, 19, 35, 38**. Dans un autre mode de réalisation préféré, la présente invention prévoit un dispositif d'assainissement des sols comprenant un ensemble constitué d'une colonne non perforée **18** et d'un passage de vapeur **16, 19, 35, 38**. La colonne non perforée **18** est utilisée pour chauffer le sol contaminé. Le passage de vapeur peut être une colonne perforée **16, 19** ou une section de sol excavé **35, 38**. Le passage de vapeur est utilisé pour extraire les vapeurs de contaminants provenant du sol chauffé à proximité du passage de vapeur. Il sera clair pour la personne versée dans l'art que le nombre de colonnes et de passages de vapeur pourra varier en fonction de leurs dimensions et de la quantité et de l'état du sol devant être débarrassé des contaminants.

Les colonnes aptes à être utilisées dans l'invention comprennent un lumen. Par le terme « lumen » utilisée ici, on entend que les colonnes sont creuses. Ou en d'autres termes, un espace clos est fourni. La fourniture d'un lumen offre un espace pour l'insertion d'un tube, par exemple, à l'intérieur de la colonne. Dans un mode de réalisation préféré, la colonne non perforée **18** comprend une conduite concentrique d'introduction de fluide **17**.

Les colonnes peuvent avoir n'importe quelle forme transversale souhaitée, y compris, mais sans s'y limiter, triangulaire, rectangulaire, carrée, hexagonale, ellipsoïdale, ronde, ou ovale. De préférence, les conduites ont une forme transversale sensiblement ellipsoïdale, ronde, ou ovale. Dans un mode de réalisation préféré, les colonnes ont une forme transversale sensiblement ronde.

Dans un mode de réalisation préféré, les colonnes ne sont pas filetées. De préférence, ledit dispositif d'assainissement des sols comprend une ou plusieurs colonnes conductrices de la chaleur non filetées. Plus préférentiellement, le dispositif d'assainissement des sols comprend un, de préférence au moins deux ou plus, colonnes conductrices de la chaleur non filetées et non perforées.

Assainissement des sols in situ

La **Figure 1** illustre une vue de dessus d'un mode de réalisation du dispositif d'assainissement des sols, où une colonne non perforée (B) est munie d'une conduite concentrique (A) pour transporter un fluide chauffé dans ladite colonne. À proximité immédiate de la colonne conductrice de la chaleur une colonne perforée (C) est fournie.

L'introduction de ce dispositif d'assainissement des sols est réalisée de préférence en insérant lesdites colonnes dans ledit sol par pression. Le fait de pousser les colonnes dans le sol par pression est avantageux, car cela permet d'optimiser le contact entre les colonnes et le sol. Cela stabilise le sol entourant ledit dispositif.

Un ou plusieurs desdits passages de vapeur sont introduits et/ou créés dans ledit sol. La **Figure 2** et la **Figure 3** illustrent un mode de réalisation du dispositif d'assainissement des sols où une ou plusieurs desdites colonnes perforées **16, 19**, utilisées comme passages de vapeur, sont introduites sensiblement verticalement dans ledit sol contaminé. Lesdites colonnes perforées **16, 19** sont positionnées à une orientation comprise entre 80° (sensiblement verticalement) et 90° (verticalement) par rapport à la surface du sol. Les colonnes sont placées de préférence dans le sol en position droite.

La **Figure 6** et la **Figure 7** illustrent un mode de réalisation de la présente invention où des sections de sol excavé **35, 38**, utilisées comme passages de vapeur, sont créées sensiblement verticalement dans ledit sol contaminé. Lesdites sections de sol excavé sont positionnées à une orientation comprise entre 80° (sensiblement verticalement) et 90° (verticalement) par rapport à la surface du sol. Les sections de sol excavé sont de préférence créées dans le sol en position droite.

La colonne perforée possède un tuyau en acier inoxydable ou en acier au carbone.

La section de sol excavé peut être remplie avec un matériau perméable à la vapeur tel que, mais sans s'y limiter, du gravier ou du sable ; de préférence du sable grossier. La taille moyenne des particules du matériau perméable à la vapeur est comprise entre 2 et 8 mm, de préférence entre 3 et 7 mm, plus préférentiellement entre 4 et 6 mm.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un procédé comprenant le chauffage dudit sol par conduction thermique à une température suffisante pour provoquer la vaporisation desdits contaminants du sol. De préférence, le sol est chauffé par conduction thermique en faisant circuler un fluide chauffé à travers ledit sol. En plus de permettre une plus grande élimination des contaminants du sol, la chaleur accrue du sol peut entraîner la destruction de contaminants in situ, par exemple, des contaminants tels que des contaminants d'hydrocarbures et/ou des contaminants d'hydrocarbures chlorés.

Le chauffage par conduction a lieu lorsque deux milieux matériels ou deux objets sont en contact direct, et que la température de l'un est supérieure à la température de l'autre. La conduction thermique consiste en un transfert d'énergie cinétique du milieu le plus chaud au milieu le plus froid. Le terme « conduction » tel qu'utilisé ici est donc destiné à faire référence à tous les types de transfert de chaleur dans lesquels la chaleur est déplacée d'un objet (le plus chaud) à un autre objet (plus froid) par contact direct. Il doit être entendu que dans la présente invention, lorsqu'on fait référence à transfert de chaleur par conduction, une très faible quantité de chaleur est généralement aussi transférée au sol par rayonnement.

La température requise pour vaporiser les contaminants du sol est fournie par ledit dispositif d'échange de chaleur. Le chauffage du sol peut être obtenu au moyen de conduites qui sont faites d'un matériau conducteur de la chaleur, et qui sont en communication avec une source de chaleur. La source de chaleur peut fournir un fluide chauffé pour circuler dans les conduites. La régulation de la température de la source de chaleur à une température désirée se traduit alors par une augmentation de température dans les conduites et la chaleur est conduite, à partir des conduites, dans le sol dans lequel elles sont enfoncées. L'élévation de température du sol entourant les colonnes à une température suffisante pour provoquer la vaporisation des contaminants du sol permet d'obtenir des contaminants de sol vaporisés.

Les conduites sont chauffées en envoyant et en faisant circuler un fluide chauffé, tel que de l'air et/ou du gaz à haute température à travers les conduites. De préférence, l'air/le gaz à haute température est chauffé à une température comprise entre 300 °C et 850 °C, plus préférentiellement comprise entre 300 °C et 800 °C, encore plus préférentiellement comprise entre 500 °C et 750 °C, et idéalement comprise entre 550 °C et 750 °C. Une température extrêmement élevée peut également être employée essentiellement en fonction des limitations de température des colonnes perforées. Ainsi, dans les cas où les colonnes perforées utilisées peuvent résister à des températures extrêmement élevées, à savoir de 1000 jusqu'à 1500 °C, une fourniture d'air/de gaz à température extrêmement élevée correspondante peut être employée. La chaleur est transférée au sol par conduction thermique et élève progressivement la température du sol. Une petite quantité de chaleur sera également transférée au sol par rayonnement. La température élevée du sol amène les contaminants situés dans le sol contaminé à se volatiliser, produisant ainsi une vapeur contaminée.

Selon la présente invention, le sol est chauffé par un chauffage conducteur, ce qui est particulièrement avantageux étant donné que les températures pouvant être obtenues par ce chauffage ne sont pas limitées par la quantité d'eau présente dans le sol et ne sont quasiment pas influencées par l'hétérogénéité du sol. Des températures du sol nettement au-dessus du point d'ébullition de l'eau peuvent être obtenues en utilisant un chauffage par conduction thermique. Des températures du sol d'au moins environ 100 °C, 125 °C, 150 °C, 200 °C, 350 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C ou supérieures peuvent être obtenues en utilisant un chauffage par conduction thermique.

La vapeur de contaminants est retirée du sol en extrayant la vapeur de contaminants dudit sol, par l'intermédiaire d'un ou plusieurs passages de vapeur.

Dans un mode de réalisation préféré, la vapeur de contaminants est retirée du sol en extrayant la vapeur de contaminants dudit sol dans ledit dispositif d'échange de chaleur. Ceci peut être obtenu en munissant les colonnes du dispositif d'échange de chaleur de perforations. Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un procédé, dans lequel lesdites une ou plusieurs colonnes perforées verticales sont perforées. Les colonnes peuvent être perforées en creusant, en poinçonnant ou en perçant des perforations dans les parois longitudinales des colonnes.

Les perforations dans les colonnes perforées peuvent être, mais ne sont pas limitées à, des trous et/ou des fentes. De préférence, entre 5 % et 50 % de la surface d'une colonne est munie de trous et/ou de fentes. Il est particulièrement préféré qu'une grande quantité de petites perforations soient fournies sur la colonne. Les colonnes peuvent avoir plusieurs zones perforées à différentes positions le long d'une longueur de la conduite. Lorsque les colonnes sont insérées dans le sol, les zones perforées peuvent être situées de manière adjacente à des couches de sol contaminé. En variante, les perforations peuvent être fournies sur toute la longueur des colonnes. Dans un mode de réalisation préféré, la zone de perforations correspond à la moitié supérieure de la longueur dutuyau.

De préférence, ledit dispositif d'échange de chaleur comprend une ou plusieurs colonnes conductrices de la chaleur perforées et non filetées.

De préférence, ledit dispositif d'échange de chaleur comprend au moins deux colonnes conductrices de chaleur perforées et non filetées.

Dans un mode de réalisation préféré, les colonnes ont un diamètre qui est compris entre 5 et 40 cm, de préférence entre 8 et 25 cm, plus préférentiellement entre 10 et 20 cm. Dans un mode de réalisation préféré, les colonnes ont une forme transversale sensiblement ronde. Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, les colonnes ont une forme transversale sensiblement ronde et ont un diamètre qui est compris entre 5 et 40 cm, de préférence entre 8 et 25 cm, plus préférentiellement entre 10 et 20 cm.

Les colonnes ont une longueur comprise, de préférence, entre 1 et 50 m, plus préférentiellement entre 4 et 30 m, idéalement entre 6 et 20 m.

Dans un autre mode de réalisation préféré de l'invention, la vapeur de contaminants est retirée du sol en extrayant la vapeur de contaminants dudit sol par l'intermédiaire d'un ou plusieurs passages de vapeur. Ceci peut être obtenu en créant une section de sol excavé **35** à proximité immédiate de la colonne conductrice de la chaleur non perforée **(Fig. 6)**. La profondeur de la section de sol excavé correspond au moins à la moitié supérieure de la longueur de la colonne conductrice de la chaleur non perforée. La section de sol excavé peut être remplie avec un matériau perméable à la vapeur tel

que, mais sans s'y limiter, du gravier ou du sable ; de préférence du sable grossier. Ceci est avantageux étant donné que le gravier peut être laissé dans le passage de vapeur créé pour une utilisation ultérieure du sol assaini, réduisant ainsi la charge de travail.

Dans un autre mode de réalisation préféré de l'invention, la vapeur de contaminants est retirée du sol en extrayant la vapeur de contaminants dudit sol par l'intermédiaire d'un ou plusieurs passages de vapeur. Ceci peut être obtenu en créant une section de sol excavé **38** dans laquelle la colonne conductrice de la chaleur non perforée sera mise en place **(Fig. 7)**. La profondeur de la section de sol excavé est égale à la longueur de la colonne conductrice de la chaleur non perforée. La section de sol excavé peut être remplie avec un matériau perméable à la vapeur tel que, mais sans s'y limiter, du gravier ou du sable ; de préférence du sable grossier.

La vapeur de contaminants est aspirée dans les colonnes perforées. L'entraînement des contaminants du sol vaporisés à partir du sol dans les colonnes perforées peut être obtenu en imposant une pression négative sur les colonnes perforées, par exemple en reliant les colonnes à un système de vide. Le système de vide pourrait être en mesure de produire un vide dans une fourchette comprise entre 50 Pa et 5000 Pa. Le système de vide pourrait aussi être en mesure de produire un vide dans une fourchette comprise entre 100 Pa et 1500 Pa. Le système de vide pourrait être un ventilateur ou une pompe à joint hydraulique.

La vapeur de contaminants est aspirée dans les sections de sol excavé. L'entraînement des contaminants du sol vaporisés à partir du sol dans les sections de sol excavé peut être obtenu en imposant une pression négative sur les sections de sol excavé, par exemple en reliant la section de sol excavé à un système de vide. Le système de vide pourrait être en mesure de produire un vide dans une fourchette comprise entre 50 Pa et 5000 Pa. Le système de vide pourrait aussi être en mesure de produire un vide dans une fourchette comprise entre100 Pa et 1500 Pa. Le système de vide pourrait être un ventilateur ou une pompe à joint hydraulique.

Les contaminants du sol retirés du sol sont transportés à l'écart, laissant derrière un sol dans lequel les contaminants ont été retirés. Le sol est sensiblement débarrassé desdits contaminants. Le procédé de nettoyage décrit fournit un sol assaini.

Les contaminants du sol vaporisés peuvent être retirés du sol pour un traitement ultérieur. Il est avantageux que la quasi-totalité de la vapeur des contaminants volatilisés soit empêchée de s'échapper dans l'environnement. De préférence, un système quasiment en boucle fermée est utilisé. De préférence, la vapeur de contaminants est traitée dans une unité de traitement des effluents gazeux, qui est de préférence une unité d'oxydation catalytique ou thermique. Les contaminants sont oxydés catalytiquement. La vapeur de contaminants est ainsi substantiellement transformée en un liquide comprenant du dioxyde de carbone et de l'eau. L'oxydation catalytique génère du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau sans émission de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote (NO et/ou NO2) et d'hydrocarbures imbrûlés.

Dans un procédé selon l'état de l'art, les colonnes seraient retirées du sol au terme du processus de nettoyage du sol. Bien que ces colonnes puissent être réutilisées pour la même application un certain nombre de fois, elles sont finalement mises au rebut.

L'inventeur s'est rendu compte que le lumen des colonnes offre un espace qui pourrait être adapté à d'autres fins. En particulier, un procédé est proposé, par lequel ledit lumen de ce dispositif d'échange de chaleur est convertie en un dispositif de géothermie ou en un moyen de fourniture de stabilité.

Un procédé est proposé comprenant l'étape consistant à : convertir la colonne non perforée en un moyen de fourniture de stabilité pour ledit le sol assaini et/ou une structure érigeable sur ledit sol assaini. La conversion comprend les étapes suivantes :

- sélectionner des colonnes non perforées d'une longueur, d'un diamètre et d'une épaisseur permettant d'assurer la stabilité dudit sol et/ou d'une structure devant être construite sur ledit sol,
- introduire une ou plusieurs colonnes non perforées dans le sol contaminé, fournissant ainsi un sol contaminé stabilisé,
- retirer les colonnes perforées de ladite région précédemment contaminée du sol après le nettoyage, et
- relier lesdites une ou plusieurs colonnes non perforées à une structure, offrant ainsi une structure stabilisée.

Par le terme « dispositif géothermique » tel qu'utilisé ici, on entend un dispositif de conservation d'énergie qui utilise l'énergie d'une source de chaleur ou de froid naturelle à l'intérieur de la terre. Un dispositif géothermique peut être utilisé pour chauffer ou

refroidir une structure, pour fournir de l'eau chauffée pour une utilisation dans la structure, ou pour produire de l'électricité pour une utilisation dans la structure.

Pendant la journée, la surface de la Terre se réchauffe par le soleil et se refroidit à nouveau la nuit. La durée pendant laquelle cela se produit dépendant également de la saison. Ces changements de température résultant de l'alternance du jour et de la nuit et de l'influence des saisons ont un effet sur le sol jusqu'à une profondeur spécifique. À partir d'une certaine profondeur, calculée approximativement à partir de 2 mètres de profondeur, la température du sol est plus ou moins constante. En plaçant au-dessous de cette profondeur un échangeur de chaleur sous la forme d'une pile géothermique, il est possible, en fonction de la température du sol à la surface, d'accomplir un chauffage ou un refroidissement.

Après le nettoyage, une partie du dispositif, en particulier les parties situées en surface pour le chauffage sont remplacées.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un procédé comprenant l'étape de remplacement d'une conduite d'introduction de fluide placée à l'intérieur de ladite conduite non perforée par un tube de transport de liquide.

Les colonnes dans le sol sont déconnectées de l'unité de combustion, de chauffage et de commande sur la surface. À la place, les colonnes sont reliées à un réseau de conduites de surface, de préférence des conduites en plastique, plus préférentiellement des conduites en polyéthylène haute densité ou en polychlorure de vinyle, elles-mêmes reliées à une pompe à chaleur.

À l'issue de la phase d'assainissement dans laquelle le sol est nettoyé, la conduite intérieure en acier inoxydable est de préférence remplacée par une conduite intérieure en plastique, en polychlorure de vinyle (PVC) ou en polyéthylène haute densité (PEHD) par exemple. Une conduite intérieure en acier inoxydable est utilisée pendant la phase d'assainissement.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un procédé comprenant l'étape de raccordement de ledit lumen à un réseau de conduites reliées à une pompe à chaleur.

L'activation de la fonction géothermique peut être effectuée à n'importe quel moment souhaité ; plus particulièrement, aussi bien après l'achèvement de toutes les activités de nettoyage qu'après qu'une structure, comme une maison, a été utilisée pendant une durée plus ou moins longue.

En faisant circuler un fluide à travers le lumen de ces colonnes au moyen d'une installation de pompe à chaleur, les colonnes jouent le rôle d'échangeur de chaleur entre le fluide et le sol entourant les colonnes introduites dans le sol nettoyé.

Dans un mode de réalisation préféré du procédé de l'invention, lesdites colonnes sont fermées en utilisant une pièce de raccordement avec une embase de raccordement à terminaison latérale. En utilisant ladite pièce de raccordement, la connexion entre les colonnes extérieures et une pompe à chaleur peut être établie à tout moment désiré. Jusque-là, les colonnes peuvent être fermées de manière à ne pas perturber les activités avant et après l'érection d'une structure, comme par exemple une maison, sur le sol nettoyé. Ceci est avantageux, car cela signifie que l'installation du système peut être mise en service à tout moment voulu, et donc également longtemps après que l'ensemble des activités de construction ont été achevées. Cette possibilité est particulièrement attrayante d'un point de vue économique, étant donné que les colonnes peuvent, ultérieurement, et sans frais supplémentaires, être rendues aptes à être utilisées comme système d'énergie géothermique. Compte tenu des coûts en constante augmentation de l'énergie et de la sensibilisation croissante à l'environnement, cela peut représenter une option très utile. De plus, le fait de rester accessible lors de l'utilisation après l'installation comporte des avantages, notamment en matière d'inspection, de réparation, d'entretien et de remplacement.

Il peut être avantageux, en plus de réutiliser les colonnes non perforées, de réutiliser également les colonnes perforées. De préférence, les colonnes perforées sont d'abord converties en colonnes non perforées. Les perforations peuvent par exemple être fermées en installant un tube ou un revêtement intérieur à l'intérieur des colonnes perforées, permettant ainsi d'obtenir un lumen non perforée. La colonne perforée munie d'un tube ou d'un revêtement intérieur peut alors être équipée dans son lumen, par exemple, d'un tube en U pour le transport de liquide. Le liquide peut être transporté vers le bas dans le tube en U et ensuite remonter à nouveau. Pendant le transport, le liquide peut absorber la chaleur du sol ou transmettre la chaleur au sol. La colonne revêtue pourvue d'un moyen de transport de liquide peut ainsi être utilisée

comme partie d'un système d'alimentation en énergie géothermique. Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un procédé comprenant l'étape de fermeture desdites perforations, fournissant ainsi des colonnes étanches aux liquides.

Une technique appropriée pour fermer lesdites perforations est fournie par la technologie de tuyauterie polymérisée sur place (CPPI). Une colonne cible est inspectée et, si nécessaire, nettoyée. Un tube souple imprégné d'une résine est installé à l'intérieur de ladite colonne cible. Le tube peut être installé par inversion. Une fois que la résine a durci, un tube interne est formé. Il peut servir de doublure à la conduite conductrice de la chaleur. La doublure recouvre de préférence au moins les régions de la colonne avec des perforations. L'utilisation de la technologie de polymérisation sur place pour fermer lesdites perforations est avantageuse, car elle évite la nécessité d'utiliser un tube préfabriqué. L'espace requis est réduit. Le tube souple est ajustable pour répondre aux différentes exigences de longueur, de diamètre et de pression. Cela rend cette technologie souple d'utilisation.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un procédé comprenant l'étape d'inversion et de polymérisation d'un tube souple imprégné de résine à l'intérieur desdites une ou plusieurs colonnes verticales perforées.

On peut faire adhérer le tube souple à la paroi intérieure desdites une ou plusieurs colonnes verticales perforées. Ceci est avantageux, car les cliquetis d'un tube à l'intérieur d'une colonne peuvent ainsi être évités. Les niveaux de bruit sont réduits. Le nouveau lumen ainsi formée peut avoir un diamètre plus grand par rapport à un tube que l'on ne fait pas adhérer.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un procédé comprenant l'étape d'adhérence dudit tube auxdites une ou plusieurs colonnes verticales perforées.

L'invention propose en outre un dispositif d'échange de chaleur comprenant une ou plusieurs colonnes perforées conductrices de la chaleur intégrables dans le sol. Ledit système d'échange de chaleur est adapté pour une utilisation dans un procédé selon un mode de réalisation de l'invention. En particulier, l'invention propose un dispositif d'échange de chaleur thermique pour l'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, comprenant une ou plusieurs colonnes conçues sous forme detuyau

perforé, fabriquées à partir d'un matériau conducteur de la chaleur, munies d'un lumen s'étendant dans la direction axiale, fermée de façon permanente à une extrémité par un embout en forme de cône pour introduire lesdites une ou plusieurs colonnes dans ledit sol contaminé, et disposant, à l'extrémité opposée, d'un moyen de raccordement fermant le lumen, lequel moyen de raccordement servant à raccorder une conduite d'introduction de fluide qui est en communication avec une source de chaleur pour la volatilisation des contaminants dans ledit sol, caractérisé en ce que, ledit lumen est adaptée pour créer une circulation de fluide dans le lumen à travers des moyens de séparation, tels que des conduites ou des tuyaux, qui doivent être prévus sur au moins une partie de la longueur et qui peuvent être couplés à un circuit de circulation de fluide situé à l'extérieur de la colonne, constituant ainsi un dispositif géothermique.

Les moyens de séparation peuvent être composés d'un tuyau qui est inséré, via une embase de raccordement, dans la colonne jusqu'à un point proche de l'extrémité inférieure du lumen. Les moyens de séparation peuvent également être formés par une conduite rigide plutôt que par un tuyau flexible.

Le circuit de circulation du fluide peut comprendre un système de tuyauterie alimenté par un fluide provenant d'une chaudière ou d'une installation similaire, telle qu'une pompe à chaleur, pour influencer la température du fluide.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un dispositif, dans lequel une ou plusieurs desdites colonnes perforées conductrices de la chaleur sont munies le long de leur axe d'une zone de perforations, de telle sorte que lorsque ledit dispositif est positionné dans ledit sol pour le nettoyage, ladite zone de perforations correspond à une couche dudit sol comprenant des contaminants.

Les perforations sont conçues pour permettre un flux d'air continu pour l'extraction du sol à n'importe quelle profondeur. Par conséquent, la taille et le diamètre/la forme des perforations sont essentiels pour une extraction en douceur des vapeurs, combinés à un contrôle précis du flux d'air par la vanne (**élément 10 – Fig. 2**). Dans un mode de réalisation préféré, les colonnes possèdent des perforations de forme ronde, ovale, carrée ou longitudinale, qui occupent entre 1 et 20 % de la surface totale, de préférence entre 2 et 25 %, plus préférentiellement entre 3 et 10 %.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un dispositif, dans lequel ladite longueur, ledit diamètre et ladite épaisseur sont choisis de telle sorte que lesdites une ou plusieurs colonnes perforées conductrices de la chaleur sont des moyens de fourniture d'énergie géothermique. Ceci a pour effet que les colonnes servent de pieux géothermiques.

La longueur de la conduite dépend des paramètres requis pour l'utilisation comme moyen d'échange de chaleur thermique et de fourniture d'énergie géothermique. La longueur de la colonne correspond de préférence à la profondeur de la contamination dans le sol à traiter. Par ailleurs, plus on attend d'économies d'énergie du système géothermique, plus les colonnes doivent être longues.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un dispositif, dans lequel lesdites une ou plusieurs colonnes ont une longueur d'au moins 10 mètres, de préférence d'au moins 15 mètres, généralement autour de 20 mètres. De préférence, la conduite extérieure a une longueur comprise entre 1 et 100 mètres, plus préférentiellement entre 10 et 80 mètres, encore plus préférentiellement entre 15 et 50 mètres, idéalement d'environ 20 mètres. De préférence, la conduite intérieure a une longueur égale à la longueur de la conduite extérieure moins 50 cm.

Dans un mode de réalisation préféré, la conduite intérieure a une longueur égale à la longueur de la conduite extérieure moins 10 à 50 cm selon la longueur du tube extérieur. Pour les conduites extérieures plus petites, la conduite intérieure sera plus courte de 10 cm. Pour les conduites extérieures plus longues, la longueur de la conduite intérieure est jusqu'à 50 cm plus courte que la longueur de la conduite extérieure.

Le diamètre de la colonne dépend de sa longueur. Si une conduite intérieure est utilisée, cela détermine également le diamètre à sélectionner pour la colonne. Plus la colonne et une conduite intérieure sont profondes, plus le diamètre de la colonne doit être important.

De préférence, le diamètre de la conduite intérieure est compris entre 75 et 85 % du diamètre de la colonne extérieure. Plus préférentiellement, le diamètre de la conduite intérieure correspond à environ 80 % du diamètre de la colonne extérieure. Le

diamètre exact est à déterminer par un calcul ad hoc basé sur le débit d'air et le bilan de masse nécessaires pour chauffer la conduite et le sol autour de celle-ci. Cela dépend aussi de la distance entre les colonnes et de la concentration initiale et du type de contaminants dans le sol.

Dans un mode de réalisation préféré d'un dispositif selon l'invention et tel que représenté sur les **Figures 6 et 7**, un matériau de rétention de la chaleur **36** est prévu sur une partie substantielle de l'espace créé entre la conduite extérieure et la conduite intérieure **17**. Ledit matériau de rétention de la chaleur **36** est amovible. Ceci est avantageux en ce que la fourniture de chaleur au dispositif d'échange de chaleur peut être interrompue lorsque le matériau de rétention de la chaleur **36** atteint une certaine température, d'au moins 750 °C. Pendant le temps d'interruption de chaleur, la chaleur sera transférée du matériau de rétention de la chaleur **36** au'tuyau de la colonne et au sol environnant. De la chaleur sera de nouveau fournie aux colonnes d'échange de chaleur lorsque la température du matériau de rétention de la chaleur **36** chutera à une température d'environ 550 °C. Ainsi, un rythme de fonctionnement intermittent régulier, avec des cycles d'intervalles de fourniture de chaleur suivis d'intervalles d'interruption de fourniture de chaleur, qui permet une économie d'énergie considérable, peut être utilisé. Les intervalles de temps de fourniture de chaleur et d'interruption de fourniture de chaleur dépendent de la nature et de la taille des particules du matériau de rétention de la chaleur utilisé, ainsi que des dimensions de l'espace rempli avec ledit matériau de rétention de la chaleur. Un matériau de rétention de la chaleur tel que, mais sans s'y limiter, des billes en céramique d'alumine peut être utilisé, étant donné qu'il est caractérisé par une bonne conductivité thermique, d'excellentes propriétés d'isolation, une résistance mécanique élevée et un faible coût. Le milieu de rétention pourrait également être un métal épais ou tout autre matériau à haute résistance thermique. L'épaisseur du métal est comprise entre 5 et 15 mm, et plus préférentiellement, l'épaisseur du métal est comprise entre 7 et 10 mm.

La **Figure 10a** est une illustration du rythme de fonctionnement intermittent régulier pendant les intervalles de fourniture de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention. De la chaleur **60** est fournie au tube intérieur **17**, ce qui entraîne le chauffage du matériau de rétention de la chaleur (représenté par la zone à damiers) et de la colonne non perforée **18**.

La **Figure 10b** est une illustration du rythme de fonctionnement intermittent régulier pendant les intervalles d'interruption de fourniture de chaleur selon un mode de réalisation de l'invention. De la chaleur **60** retenue par le matériau de rétention de la chaleur (représenté par la zone à damiers) est transférée à travers la colonne non perforée **18** au sol environnant.

La **Figure 11** est un graphique montrant les cycles de température du matériau de rétention de la chaleur selon un mode de réalisation du dispositif d'assainissement des sols. Pendant la phase de chauffe initiale **61**, où de la chaleur est fournie au tube intérieur **17** pour la première fois, la température du matériau de rétention de la chaleur augmente rapidement et atteint 750 °C en environ 10 minutes. À ce stade, l'intervalle d'interruption de fourniture de chaleur commence. La chaleur n'est plus délivrée au tube intérieur **17** et la chaleur est transférée du matériau de rétention de la chaleur au sol environnant, tel que représenté sur la **Figure 10b**. La température du matériau de rétention de la chaleur diminuera progressivement, correspondant à une phase de refroidissement **63**. Lorsque la température du matériau de rétention de la chaleur atteint environ 550 °C (environ 20 minutes plus tard), l'intervalle suivant de fourniture de chaleur **62** commence. Il ressort clairement de cette figure que l'intervalle de fourniture de chaleur est plus court que l'intervalle d'interruption de fourniture de chaleur, environ 10 minutes et 20 minutes respectivement. Cela est avantageux, car il en résultera une économie d'énergie substantielle.

L'épaisseur de la colonne est, de préférence, d'au moins 3 mm. Dans un mode de réalisation préféré d'un dispositif selon l'invention, la colonne a une épaisseur de paroi d'au moins 3 mm, plus préférentiellement d'au moins 5 mm, idéalement d'au moins 10 mm. Cette épaisseur est avantageuse pour pousser la colonne dans le sol au lieu de la tourner dans le sol. En poussant la colonne dans le sol plutôt qu'en la faisant tourner, un contact optimal est obtenu entre le tube extérieur et le sol environnant. Ceci a pour effet que la colonne sert de moyen de renforcement de la stabilité pour le sol environnant. Le contact amélioré avec le sol améliore le transfert de chaleur dans l'exploitation géothermique du dispositif.

Dans un mode de réalisation préféré d'un dispositif selon l'invention, le dispositif comprend une colonne à deux tuyaux, comprenant une colonne extérieure munie d'une colonne intérieure. Dans un mode de réalisation préféré d'un dispositif selon l'invention, la colonne non perforée possède deux tuyaux, comprenant une colonne

extérieure munie d'une colonne intérieure. Dans un mode plus préférentiel, ladite colonne extérieure est munie sur une partie substantielle de sa longueur d'une conduite d'introduction de liquide. De préférence, ladite colonne extérieure est en acier, plus préférentiellement en acier inoxydable. Ladite colonne intérieure est remplaçable. De préférence, pour la phase d'assainissement, la colonne intérieure, adaptée en tant que conduite d'introduction de fluide, est également en acier inoxydable. De préférence, pour la phase dans laquelle la colonne sert à la fourniture d'énergie géothermique, la colonne intérieure est en chlorure de polyvinyle, abrégé par PVC ou en polyéthylène haute densité, abrégé par PEHD. De préférence, l'épaisseur de la conduite intérieure est d'au moins 1,5 mm, plus préférentiellement d'au moins 2 mm, idéalement d'au moins 3 mm.

De préférence, la longueur de la conduite intérieure est définie par la profondeur de la contamination dans le sol à traiter et par la profondeur du sol qui est suffisante pour refroidir/réchauffer le liquide transporté dans le lumen dudit dispositif à une température désirée.

La surface extérieure dutuyau est formée d'une manière qui améliore le coefficient de frottement de la conduite elle-même envers le sol environnant et augmente par conséquent le coefficient de portance structurelle de la conduite.

Par le terme « coefficient de portance structurelle » utilisé ici, on entend la capacité de la conduite de supporter une certaine quantité de poids, sur la base de la force de frottement exercée par ladite conduite avec le sol environnant. Cette force de frottement est le coefficient de portance qui permet à un poids structurel d'être placé sur celle-ci (comme un bâtiment).

Un coefficient de portance d'une conduite adaptée pour une utilisation dans la présente invention dépend du poids de l'édifice qu'elle est censée supporter. Une fois que les poids sont connus, un test sur site devra être effectué afin de déterminer la profondeur à laquelle la conduite doit être placée en vue de fournir un coefficient de portance suffisant pour la construction envisagée. Un test de ce genre est bien connu d'une personne versée dans l'art.

Les colonnes du dispositif d'assainissement de l'invention ont une longueur qui les rend aptes à des fins géothermiques et/ou de stabilité. Dans le même temps, grâce au

frottement amélioré, la longueur nécessaire pour atteindre le coefficient de portance requis par conduite est réduite.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention concerne un dispositif dans lequel ledit tuyau possède une surface lisse et n'est pas doté de structures telles que des filetages.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, lesdites colonnes en acier inoxydable à deux tuyaux sont reliées à une unité d'oxydation comprenant un échangeur de chaleur et un dispositif d'oxydation.

L'échangeur de chaleur peut être utilisé comme moyen de chauffage pour fournir un fluide chauffé, de préférence un flux d'air, auxdites colonnes en acier inoxydable à deux tuyaux afin que letuyau extérieur soit chauffé, et que la chaleur soit échangée avec le sol environnant, volatilisant ainsi les contaminants présents dans ledit sol.

Dans un mode de réalisation préféré, ledit échangeur de chaleur est muni d'une conduite pour transférer la chaleur.

Le dispositif d'oxydation peut avoir différentes conceptions, en fonction des disponibilités et des limitations sur le site. Des conceptions appropriées pour un mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention peuvent être les suivantes.

Dans un mode de réalisation préféré, ledit dispositif d'oxydation comprend un moyen de préchauffage électrique, tel qu'une résistance électrique. Dans un mode de réalisation préféré, ledit moyen de préchauffage est une résistance électrique. Un mélange air/combustible peut être introduit dans ledit dispositif de préchauffage et chauffé à une température d'au moins 350 °C. Le mélange chauffé peut être transféré à un dispositif d'oxydation catalytique où le mélange chauffé air/combustible est chauffé davantage pour atteindre des températures comprises entre 650 et 750 °C. Le mélange d'air chaud d'une température comprise entre 650 et 750 °C est utilisé comme source de chaleur principale pour le procédé d'assainissement.

Dans un autre mode de réalisation préféré, ledit dispositif d'oxydation comprend un moyen de chauffage électrique, tel qu'une résistance électrique. Dans un mode de réalisation préféré, ledit moyen de chauffage est une résistance électrique. Un mélange

air/combustible peut être chauffé à un minimum de 650 °C, de préférence au moins 750 °C. Cette température est nécessaire pour une oxydation complète et efficace du mélange air/combustible et un transfert d'énergie suffisant dans le flux d'air chaud. Ledit flux d'air chaud peut servir de source de chaleur principale pour le procédé d'assainissement.

Dans un autre mode de réalisation préféré, ledit dispositif d'oxydation comprend une unité traditionnelle de combustion à flamme. Dans ladite unité, un mélange air/combustible est oxydé à une température d'au moins 750 °C. Cette température est nécessaire pour une oxydation complète et efficace du mélange air/combustible. Cela permet de transférer une énergie suffisante dans le flux d'air chaud afin qu'il puisse servir de source de chaleur principale pour le procédé d'assainissement.

Dans un mode de réalisation préféré d'un dispositif selon l'invention, ledit dispositif comprend au moins une ou plusieurs colonnes en acier inoxydable à deux tuyaux (Unité D) enfoncées dans le sol contaminé, reliées à un dispositif situé en surface comprenant une unité de combustion, de chauffage et de commande (Unité E) pour chauffer et ainsi nettoyer ledit sol.

Dans un mode de réalisation préféré d'un dispositif selon l'invention, ledit dispositif comprend au moins une ou plusieurs colonnes en acier inoxydable à deux tuyaux (Unité D) enfoncées dans le sol contaminé, reliées à un dispositif situé en surface contenant une unité de combustion, de chauffage et de commande (Unité E) pour chauffer et ainsi nettoyer ledit sol. Après le nettoyage dudit sol, l'unité E est de préférence déconnectée de l'unité D et retirée. Le tube intérieur est, de préférence, retiré, en même temps que l'unité E, de l'unité D, comprenant lesdites colonnes en acier inoxydable à deux tuyaux. La colonne extérieure restante de l'unité D, améliore la stabilité du sol et offre une grande stabilité pendant et après le nettoyage. Les au moins une ou plusieurs colonnes extérieures sont utilisées comme substitut à des pieux ou à des piliers.

Dans un mode de réalisation préféré, ladite unité E comprend en outre un ventilateur de recirculation. Ce ventilateur de recirculation permet de réguler les flux d'air. L'utilisation d'un ventilateur de recirculation est avantageuse pour fournir un transfert de chaleur correct dans le sol. Le ventilateur de recirculation peut aussi servir de

dispositif d'extraction pour retirer une vapeur de contaminants desdites colonnes en acier inoxydable à deux tuyaux.

Dans un mode de réalisation préféré, ladite unité F comprend en outre un moyen d'injection de combustible. Par le terme « combustible », on entend ici un liquide ou un gaz. Le dispositif d'injection de combustible peut être utilisé pour injecter une quantité de combustible dans un flux d'air froid. Le flux d'air comprenant le combustible est conduit dans l'unité d'oxydation pour l'oxydation. De préférence, l'oxydation a lieu aussi proche que possible de la stoechiométrie. Lorsque l'équilibre chimique de la réaction de combustion est à la stoechiométrie, aucun excédent de combustible n'est présent. Par conséquent, aucun combustible imbrûlé, qui constituerait une perte, n'est présent. Ceci est avantageux, étant donné que la consommation de combustible est réduite.

Dans un mode de réalisation préféré, ladite unité E comprend en outre un moyen de commande et de régulation. De préférence, ledit moyen de commande et de régulation comprend une vanne de régulation de débit d'extraction de vapeur, une vanne d'entrée d'air frais ainsi qu'un thermocouple.

Ladite vanne de régulation de débit d'extraction de vapeur peut être utilisée pour la régulation de la pression négative appliquée audit sol afin d'extraire les vapeurs générées dans le sol par le chauffage. Ladite vanne est avantageuse pour optimiser le processus de chauffage. De préférence, la vanne est fermée au début du processus de chauffage. Elle est ouverte à mesure que le sol se réchauffe et que des vapeurs commencent à être générées.

Ladite vanne d'entrée d'air frais peut être utilisée pour la régulation de la quantité d'air frais/d'oxygène placée dans l'unité E. Cette quantité est de préférence équilibrée avec la quantité d'oxygène nécessaire pour une combustion complète des contaminants extraits dudit sol. De préférence, la quantité reste équilibrée également avec l'énergie libérée par le système, par exemple en libérant de l'énergie à un point d'échappement.

Ledit thermocouple sert à réguler l'injection de combustible ainsi que les vannes de débit d'air, et comme mesure principale pour une combustion complète.

Dans un mode de réalisation préféré, lesdits composants de l'unité E sont situés dans une boîte de confinement, plus préférentiellement dans une boîte de confinement dans laquelle tous les vides sont isolés, idéalement dans une boîte de confinement calorifugée, utilisée comme dispositif de stockage de combustible. De préférence, ledit dispositif de stockage de combustible stocke un total d'au moins trois jours de combustible de combustion. L'utilisation d'un dispositif de stockage de combustible est avantageuse, car elle permet au système d'assainissement (unité D en combinaison avec l'unité E) de fonctionner sans avoir besoin d'un système d'alimentation en combustible fixe. Cela améliore la souplesse et l'applicabilité du procédé dans des emplacements sur site. Cela améliore la vitesse de mise en œuvre et de démarrage.

Dans un autre aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention, comme dispositif géothermique. Dans un mode de réalisation préféré d'une utilisation selon la présente invention, ledit dispositif géothermique sert à chauffer/refroidir une structure.

Par le terme « structure » tel qu'utilisé ici, on entend des structures de surface, notamment les bâtiments, les routes, les aérodromes, les pistes, les lits de chemin de fer, les clôtures, les piscines, les aires de stationnement, etc. Dans un mode de réalisation préféré, ladite structure est un bâtiment, plus préférentiellement une maison.

L'invention fournit un système de tuyauterie à usages multiples intégrant un lumen conçue pour de multiples fonctionnalités telles qu'un lumen d'un dispositif d'assainissement des sols et de chauffage/refroidissement géothermique. Étant donné que les colonnes extérieures peuvent rester dans le sol après le processus d'assainissement, une partie du dispositif de chauffage/refroidissement géothermique est déjà en place, et par conséquent, cela permet de réduire le temps de construction. La réutilisation des matériaux permet également de réduire les déchets. C'est un procédé de construction respectueux de l'environnement. Le coût total pour l'assainissement suivi de l'installation d'un système géothermique peut être réduit. Le système fourni est facilement modifiable et facile à utiliser.

Assainissement de sols excavés

Dans un autre aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention pour l'assainissement d'un sol excavé. Un dispositif d'échange

de chaleur thermique selon un mode de réalisation de l'invention est caractérisé par la présence d'un panneau qui est directement raccordable à au moins deux colonnes perforées et non perforées. Le panneau est utilisé pour la génération d'un fluide chauffé et pour la réduction des contaminants du sol.

L'épaisseur de la colonne est de préférence d'au moins 1 mm. Dans un mode de réalisation préféré d'un dispositif selon l'invention, la colonne a une épaisseur de paroi d'au moins 1 mm, plus préférentiellement d'au moins 2 mm, idéalement d'au moins 3 mm. Cette épaisseur est avantageuse pour pouvoir pousser la colonne dans le sol au lieu de la tourner dans le sol. En poussant la colonne dans le sol au lieu de la tourner, un contact optimal est obtenu entre la conduite extérieure et le sol environnant. Ceci a pour effet que la colonne agit comme un moyen de renforcement de la stabilité pour le sol environnant. Le contact amélioré avec le sol améliore le transfert de chaleur pendant l'assainissement.

Dans un mode de réalisation préféré, les colonnes ont une forme transversale sensiblement ronde. Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, les colonnes ont une forme transversale sensiblement ronde et ont un diamètre qui est compris entre 1 et 10 cm, de préférence entre 2 et 8 cm, plus préférentiellement entre 3 et 7 cm. Le diamètre des colonnes perforées peut rester relativement faible étant donné que leur seul but est d'extraire les gaz qui sont générés par l'augmentation de la température (volatilisation). Par conséquent, cela ne nécessite qu'une chute de pression très limitée ainsi qu'un faible débit. Le diamètre des colonnes perforées est compris entre 1 et 15 cm, de préférence entre 2 et 10 cm, plus préférentiellement entre 2,5 et 3,5 cm. Lorsque du gravier est utilisé comme milieu perméable, la longueur des colonnes peut être encore réduite.

De préférence, le diamètre de la conduite intérieure est compris entre 30 % et 75 % du diamètre de la colonne extérieure. De préférence, le diamètre de la conduite intérieure correspond à environ 70 % du diamètre de la colonne extérieure. Le diamètre exact est à déterminer par un calcul ad hoc basé sur le débit d'air et de bilan de masse nécessaires pour le chauffage de la conduite et du sol autour de celle-ci. Cela dépend aussi de la distance entre les colonnes et de la concentration initiale et du type de contaminants dans le sol.

La longueur de la conduite dépend des paramètres requis pour une utilisation comme moyen d'échange de chaleur thermique et de fourniture d'énergie géothermique. La longueur de la colonne est de préférence ajustée à la quantité de sol à traiter. Les colonnes ont une longueur comprise de préférence entre 3 et 100 mètres, plus préférentiellement entre 5 et 75 m, idéalement entre 10 et 50 m.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la distance entre les colonnes individuelles est comprise entre 0,5 m et 2 m, de préférence entre 0,8 et 1,8 m, plus préférentiellement entre 1 et 1,6 m, et idéalement autour de 1,5 m.

Le panneau est muni d'une source de chaleur. De préférence, la source de chaleur fournie dans ledit panneau comprend un échangeur de chaleur et un dispositif d'oxydation. L'échangeur de chaleur sert de dispositif de préchauffage pour l'air frais et froid nécessaire à la combustion. L'échangeur de chaleur utilise les gaz d'échappement de combustion, après leur passage à travers les colonnes, comme source chaude dans l'échange. La combustion intervient après l'échangeur de chaleur et est basée sur le chauffage par l'échangeur de chaleur de l'air préchauffé à une température plus élevée, adaptée pour atteindre des températures de traitement dans les colonnes et par conséquent par conduction dans le sol.

La source de chaleur peut être mise en action au moyen de gaz, de propane, de combustibles fossiles liquides, d'autres combustibles liquides ou gazeux ainsi que de l'électricité. À cette fin, le panneau est muni d'un moyen de fourniture d'un combustible et d'un moyen de fourniture d'électricité audit panneau.

Dans un mode de réalisation préféré, ladite source de chaleur est un dispositif de chauffage catalytique. Le dispositif de chauffage comprend une plaque chauffante en matériau résistant à la chaleur, de préférence une céramique. À proximité de la surface de la plaque ou sur celle-ci, un maillage de catalyseur d'oxydation, de préférence un métal, plus préférentiellement un catalyseur d'oxydation à base de platine est fourni. À proximité du maillage de catalyseur d'oxydation, un thermocouple **13** est fourni. Le dispositif de chauffage est en outre muni d'un moyen de fourniture de combustible, tel qu'une entrée de combustible. L'entrée de combustible est positionnée près de la surface du catalyseur d'oxydation. Le dispositif de chauffage est également muni d'un moyen de fourniture d'électricité. Le moyen de

fourniture d'électricité, tel qu'un élément électrique, est positionné à l'extérieur du panneau.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif de chauffage catalytique est logé dans un corps métallique en forme de boîte. La plaque d'un matériau résistant à la chaleur forme une paroi dans le corps métallique en forme de boîte. De préférence, ladite plaque chauffante est une plaque perforée. De préférence, la plaque chauffante est faite d'un matériau résistant à la chaleur. Plus préférentiellement, la plaque chauffante est faite d'un matériau céramique.

La surface horizontale de la plaque est positionnée perpendiculairement à l'axe longitudinal des tubes non perforés et perforés. La surface des catalyseurs d'oxydation fournis sur le dessus de la plaque est tournée vers l'intérieur vers l'extrémité ouverte des colonnes non perforées et perforées. Ainsi, la plaque résistant à la chaleur est dirigée vers l'extérieur. Cette configuration est avantageuse, car le matériau résistant à la chaleur sert d'isolation de la source de chaleur par rapport à l'environnement extérieur. Une paroi de panneaux de cette configuration est avantageuse. Le sol contaminé traité est isolé thermiquement. Les pertes thermiques sont réduites.

Le fait de doter le panneau d'une source de chaleur est avantageux, car cela permet de générer de la chaleur à proximité immédiate des colonnes perforées qui sont adaptées au transport de la chaleur à l'intérieur du sol contaminé. Les pertes de chaleur peuvent ainsi être réduites. Les pertes de chaleur sont réduites encore davantage en reliant également les colonnes perforées à la source de chaleur. Les vapeurs de contaminants extraites du sol peuvent ainsi être transportées avec une quantité minimum de perte de chaleur vers la source de chaleur où elles peuvent être détruites. L'utilisation de tubes souples est évitée.

Dans un mode de réalisation préféré, le panneau catalytique infrarouge est un panneau catalytique infrarouge ventilé.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention prévoit un dispositif d'échange de chaleur thermique dans lequel la au moins une colonne perforée est reliée à un moyen de vide pour l'extraction de la vapeur de contaminants dudit sol. Par moyen de vide, on entend ici un dispositif capable de fournir une pression s'écartant de la pression atmosphérique.

Dans un mode de réalisation plus préféré, la plaque chauffante est faite d'un matériau résistant à la chaleur ayant une pluralité de microperforations orthogonales à la surface plane de la plaque. Ceci est avantageux, car le volume fourni par les microperforations peut servir à relier l'intérieur du corps métallique, où le chauffage a lieu et l'oxygène est nécessaire pour assurer le processus, à l'environnement extérieur. L'espace fourni par les microperforations fournit des conduits pour conduire l'air à l'intérieur de la boîte. Lorsqu'il quitte la plaque résistant à la chaleur, l'air rencontre le gaz, résultant en un mélange air/ gaz pour la combustion.

Le panneau catalytique fonctionne sur la base d'une combustion catalytique. Par le terme « combustion catalytique », on entend ici une réaction d'oxydation chimique activée au moyen d'un catalyseur.

Dans un mode de réalisation préféré, la présente invention prévoit un dispositif d'échange de chaleur thermique dans lequel la au moins une colonne perforée est fournie dans un matériau qui est capable de résister aux températures de la colonne non perforée lorsqu'elle est chauffée, et la au moins une colonne perforée est fournie sur une partie substantielle de la longueur de la au moins une colonne non perforée.

La source de chauffage, de préférence un dispositif d'oxydation catalytique ou un brûleur conventionnel, est située au milieu du triangle formé par les colonnes. Elle est placée parallèlement aux colonnes elles-mêmes et l'air sortant du dispositif d'oxydation est envoyé à travers une conduite en acier inoxydable et bien isolée à l'intérieur du panneau vers l'extrémité ouverte de la conduite intérieure de la conduite non perforée. Ainsi, la chaleur est immédiatement transférée dans ladite conduite intérieure, puis vers l'extrémité fermée de la conduite où elle retourne vers le panneau par l'espace laissé entre les deux colonnes non perforées. Elle quitte ces colonnes pour être envoyée dans un échangeur de chaleur où cet air est refroidi à une température plus basse avant d'être libéré dans l'atmosphère. Le refroidissement dans l'échangeur de chaleur réchauffe l'air extérieur avant qu'il ne pénètre dans le dispositif de combustion, de préférence un dispositif d'oxydation catalytique ou de brûlage conventionnel.

Dans un autre aspect, l'invention fournit un procédé d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, comprenant les étapes consistant à :

- excaver un sol comprenant des contaminants,
- introduire dans ledit sol au moins deux colonnes perforées pour l'extraction des contaminants dudit sol,
- à proximité immédiate desdites au moins deux colonnes perforées, introduire au moins deux colonnes non perforées pour fournir de la chaleur audit sol,
- relier les au moins deux colonnes perforées et non perforées à un panneau unique muni de moyens de chauffage et de moyens d'extraction,
- envoyer un courant électrique audit panneau de manière à préchauffer ledit panneau,
- mélanger de l'air et du gaz pour fournir un mélange air/gaz,
- brûler ledit mélange air/gaz sur ledit panneau préchauffé de manière à obtenir un fluide chauffé,
- transporter ledit fluide chauffé vers lesdites au moins deux colonnes non perforées de manière à chauffer ledit sol à une température suffisante pour provoquer la vaporisation desdits contaminants du sol et à obtenir une vapeur de contaminants,
- extraire ladite vapeur de contaminants du sol dans lesdites au moins deux colonnes perforées,
- retirer ladite vapeur de contaminants desdites au moins deux colonnes perforées, fournissant ainsi un sol assaini,
- conduire ladite vapeur de contaminants à travers ledit panneau préchauffé, détruisant ainsi sensiblement les contaminants contenus dans ladite vapeur de contaminants.

Le procédé d'un mode de réalisation de la présente invention est caractérisé en ce que les moyens de chauffage, de circulation, d'extraction et d'élimination des contaminants sont fournis dans un panneau. Pour le processus d'assainissement, le panneau est relié à au moins deux colonnes non perforées et perforées.

Le procédé de l'invention est caractérisé en ce que le traitement des effluents gazeux a lieu dans le panneau. La vapeur de contaminants quittant les tubes perforés et arrivant dans le panneau, entre en contact avec le catalyseur d'oxydation. Les contaminants sont oxydés catalytiquement. La vapeur de contaminants est ainsi substantiellement transformée en un liquide comprenant du dioxyde de carbone et de l'eau. L'oxydation catalytique génère du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau sans émission de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote (NO et/ou NO2) et d'hydrocarbures imbrûlés.

La phase de démarrage du panneau catalytique est obtenue avec un élément électrique, qui est chauffé pendant un temps très court de préchauffage, généralement limité à quelques minutes. La phase de préchauffage peut être commandée à l'aide d'un thermocouple, placé à l'intérieur du panneau catalytique. Le thermocouple envoie un signal au panneau de commande après avoir atteint les conditions de température nécessaires pour démarrer la combustion catalytique. Dès que la température appropriée est atteinte, une alimentation en gaz est démarrée en vue d'activer la combustion catalytique. Le gaz (combustible) s'écoule à l'intérieur de l'appareil de chauffage et réagit avec l'oxygène de l'atmosphère environnante. Le contact du combustible distribué avec l'oxygène, à travers le panneau catalytique dûment préchauffé, génère une oxydation du gaz avec la production d'énergie thermique. Les combustibles adaptés pour une utilisation dans cette invention sont le propane et le gaz naturel.

L'élément chauffant électrique utilisé pour le préchauffage du dispositif de chauffage est éteint. Le fait que l'alimentation en courant électrique puisse être coupée après une période de temps limitée est avantageux, car les coûts énergétiques peuvent ainsi être réduits.

De l'air est fourni sur la surface du dispositif de chauffage catalytique pour assurer une combustion efficace. Dans un mode de réalisation préféré du procédé de l'invention, le procédé comprend l'étape d'introduction d'air extérieur dans le panneau à travers des canalisations positionnées sur l'arrière des moyens de chauffage. Dans un mode de réalisation préféré, le panneau catalytique infrarouge est muni d'un système de ventilation intégré ou d'un système d'air forcé à travers des canalisations positionnées sur l'arrière de la plaque chauffante, pour la ventilation du panneau catalytique infrarouge.

La réaction est exothermique et génère de la chaleur par rayonnement infrarouge. Différentes températures peuvent être obtenues en modifiant la pression du gaz et, en conséquence, le débit du gaz. Dans un mode de réalisation préféré, la température de surface de la plaque chauffante et par conséquent la longueur d'onde des rayons infrarouges émis, peut être modulée à une température comprise entre 180 °C et 650 °C. Dans un mode de réalisation préféré, la plaque chauffante peut fournir une puissance de chauffage comprise entre 6 kW et 25 kW. Ceci est avantageux en ce que l'on obtient une souplesse d'application maximale.

Une combustion est obtenue en l'absence d'une flamme, étant donné que la réaction catalytique se fait à une température inférieure à la température d'inflammation du gaz. En conséquence, le panneau catalytique peut être utilisé dans des atmosphères potentiellement explosives.

De préférence, au moins deux parois sont construites pour contenir le sol excavé comprenant des contaminants. De préférence, les au moins deux parois comprennent des profilés empilables en béton. Les au moins deux parois sont disposées parallèlement, ce qui permet de construire une paroi de panneaux entre elles. Si nécessaire, au moins deux poteaux d'angle peuvent être insérés pour contenir les panneaux. De préférence, les profilés en béton sont empilés pour fournir une paroi de jusqu'à trois profilés de hauteur et jusqu'à quatre profilés de largeur. De préférence, le sol excavé et le panneau sont contenus entre des profilés empilables en béton formant au moins deux parois.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, les profilés empilables en béton sont fournis sous la forme de blocs Lego ou de briques Lego, qui sont de forme rectangulaire avec des ergots sur le dessus et des trous correspondants sur le dessous de la forme rectangulaire. Ceci a comme avantage de conférer une résistance supplémentaire à la paroi lorsqu'on utilise ce type de profilés empilables. Les profilés sont faciles à empiler et ils résistent mieux à la pression exercée sur la paroi par le sol qui appuie sur celle-ci.

Un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention est particulièrement adapté pour une utilisation dans l'assainissement d'un sol contaminé. La source de chauffage est disposée plus près des colonnes par rapport aux dispositifs actuels. L'utilisation de tubes, en particulier des tubes souples non isolés, est sensiblement réduite. Les pertes de chaleur sont sensiblement réduites. Les économies d'énergie permettent un procédé moins coûteux et respectueux de l'environnement.

L'invention est en outre décrite par les exemples non limitatifs suivants qui illustrent plus en détail l'invention, mais ne sont pas destinés à en limiter la portée, ni ne doivent être interprétés comme limitant celle-ci.

Par exemple, il devrait être clair que les principes de la présente invention peuvent également s'appliquer à d'autres matières solides qui peuvent être traitées thermiquement par analogie avec le sol contaminé. Des déchets solides contaminés par des contaminants volatils, tels que des ferrailles contaminées avec de l'huile par exemple, peuvent également être nettoyés en utilisant un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention. En conséquence, l'invention est utile dans le domaine de l'assainissement et du recyclage des matériaux.

L'invention est en outre décrite par les exemples non limitatifs suivants qui illustrent plus en détail l'invention, mais ne sont pas destinés à en limiter la portée, ni ne doivent être interprétés comme limitant celle-ci.

Le principe général d'un dispositif d'assainissement des sols selon un mode de réalisation de l'invention est décrit sur la Figure 1. La Figure 1 offre une vue de dessus d'une colonne conductrice de la chaleur B munie d'une conduite concentrique A. Un fluide peut être introduit dans le haut de la conduite A, descendre vers le bas de la colonne B, quitter l'extrémité de la conduite A et remonter à nouveau vers le haut, chauffant ainsi letuyau de la conduite A. La conduite A est fabriquée dans un matériau conducteur de la chaleur. Letuyau dégage de la chaleur dans le sol qui l'entoure. À proximité immédiate de la conduite A, une colonne C est prévue. Letuyau de la colonne C est perforé. Les contaminants du sol dans le sol chauffé sont évaporés pour fournir une vapeur de contaminants. La vapeur est aspirée dans la colonne C par une pression négative appliquée sur la colonne C. La vapeur pénètre dans la colonne C à travers les perforations qui sont prévues à cet effet. En variante, à proximité immédiate de la conduite A, une section de sol excavé est créée (non représentée). Ladite section peut être remplie avec un matériel perméable à la vapeur. La vapeur sera aspirée dans ladite section de sol excavé par une pression négative appliquée sur ladite section.

La **Figure 2** représente un mode de réalisation d'un système d'assainissement de sol contaminé in situ selon la présente invention. Dans ce mode de réalisation, le système comprend une unité, D, E, F et G.

L'unité D comprend une conduite extérieure qui a été enfoncée sensiblement verticalement dans le sol. Sa longueur est choisie pour pénétrer à la fois une région du sol comprenant des contaminants **22** et une région pratiquement exempte de contaminants **23**.

Une conduite non perforée **18** est dotée d'une conduite perforée **16** autour d'une partie de son tuyau. La longueur de la conduite perforée **16** est choisie pour correspondre à la profondeur du sol qui nécessite un nettoyage. La zone **19** de la conduite perforée munie de perforations correspond à la couche de sol contaminé **22**.

La conduite est non filetée, ce qui facilite l'introduction de la conduite dans le sol par pression. La conduite non perforée **18** est fermée au niveau de son côté inférieur par un corps sensiblement en forme de cône **20**. Ce corps ou cette extrémité **20** peut être fixé(e) sur la conduite par soudage, brasage ou par filetage. La conduite non perforée **18** s'étend plus profondément dans le sol que la couche de sol contaminé **22**. Elle pénètre également dans une seconde couche de sol, en particulier du sol non contaminé **23**.

L'unité E représentée sur la **Figure 2** comprend un tube intérieur **17** qui est positionné à l'intérieur de la conduite extérieure **18**. Ensemble, ils forment un système de tuyauterie à deux tuyaux. Le tube intérieur est relié à la sortie d'une unité d'oxydation **5** et sert de moyen de guidage pour le fluide **8** quittant l'unité d'oxydation. Le dispositif d'oxydation est précédé d'un élément de (pré)chauffage électrique **7**. L'élément de chauffage **7** est à son tour relié à un échangeur de chaleur **6**. Ce dernier possède deux entrées et sorties. Sur le dessus, l'échangeur de chaleur **6** est relié à un ventilateur de recirculation **21**. Le ventilateur de recirculation **21** est relié à un conduit muni d'une vanne d'air frais **11** pour l'entrée d'air de l'environnement. L'espacement entre le tube intérieur et le tube extérieur est relié à un conduit **2** qui est relié à une entrée de l'échangeur de chaleur **6**. À l'extrémité opposée, l'échangeur de chaleur **6** est relié à un conduit **12** pour transporter un flux d'air refroidi à l'extérieur du système. Un second conduit **14** relie la zone perforée **19** de la conduite perforée **16** à l'entrée du système de vide **21**. Le second conduit **14** est muni d'une vanne de régulation de débit d'extraction de vapeur **10**. L'entrée du tube intérieur 17 est munie d'un thermocouple **13** pour la mesure de la température du flux d'air entrant dans la conduite à deux tuyaux **18, 17**. Le thermocouple **13** est relié à un dispositif d'injection de combustible **9** pour réguler l'injection de combustible dans le conduit reliant le ventilateur à l'échangeur de chaleur **6**. Un combustible approprié pour une utilisation dans l'invention est, par exemple, le propane.

L'unit F est un moyen de raccordement pour relier l'unité E à l'unité D. Au moyen de l'unité F, l'unité D peut être dissociée de l'unité E. La combinaison de l'unité D et de l'unité E constitue un dispositif d'assainissement des sols **1**. Après le processus d'assainissement, il suffit de laisser l'unité D en place dans le sol et de démonter et de retirer l'unité E. L'unité D est ensuite couplée à l'unité G. Dans le cas où les conduites perforées 16 seraient fournies en tant que conduites séparées, tel que représenté sur la **Figure 3**, elles aussi peuvent être retirées.

L'unité G est un réseau de tubes pour le transport de fluide chaud/froid (non représenté). De préférence, ledit fluide est de l'eau. Pour pouvoir transporter ledit fluide dans ledit réseau de tubes, une pompe à chaleur (non représentée) est reliée au réseau. Le raccordement de l'unité D à l'unité E peut être effectué par un moyen de raccordement tel que l'unité F.

L'assainissement du sol est effectué comme suit, en référence à la **Figure 2**. On laisse pénétrer un flux d'air dans le système en boucle quasi fermée **1** par la vanne d'entrée d'air frais **11**. Celui-ci s'écoule vers l'échangeur de chaleur **6**. Avant l'entrée de l'échangeur de chaleur **6**, du combustible est mélangé avec le flux d'air froid **3**, en utilisant la vanne d'injection de combustible **9**, et un mélange air/combustible est obtenu. Le mélange air/combustible est conduit vers le dispositif de (pré)chauffage électrique **7**. Le mélange d'air peut être préchauffé à une température d'au moins 350 °C ou peut être chauffé jusqu'à une température d'au moins 650 °C. Le mélange air/combustible chauffé **4** quittant l'échangeur de chaleur **6** est chauffé encore davantage par le dispositif d'oxydation catalytique **5** à une température requise pour obtenir la volatilisation des contaminants dans la couche de sol contaminé **22**. Le flux d'air chaud est envoyé dans la colonne à deux tuyaux **17, 18**. Il s'écoule vers le bas vers le cône **20**, puis remonte vers le haut. L'air chauffé remonte encore et est évacué par les conduits **2, 12**. L'air chauffé chauffe le tube extérieur **18** et le sol environnant **22**. Les contaminants présents dans le sol chauffé **22** se volatilisent, fournissant ainsi une vapeur de contaminants. Le système de vide peut comprendre une pompe à vide, par exemple un ventilateur **21**, qui est placée au niveau de l'extrémité extérieure du tuyau de collecte **12**. Ce ventilateur permet d'imposer une pression négative sur la conduite perforée **19** de telle sorte que les contaminants vaporisés qui ont été formés dans le sol puissent être aspirés à partir du sol 22 dans la conduite perforée **19** et acheminés vers une unité d'oxydation comprenant un dispositif de (pré)chauffage électrique **7** et un dispositif d'oxydation **5**. La vapeur de contaminants est emportée à

travers le conduit **14** par le biais du ventilateur **21** vers l'entrée de l'échangeur de chaleur **6**. La chaleur restante est au moins en partie réutilisée pour réchauffer un flux d'air nécessaire pour volatiliser plus de contaminants du sol. Le procédé se poursuit jusqu'à ce que la couche de sol contaminé **22** soit sensiblement débarrassée des contaminants.

Après le processus de nettoyage, le système d'assainissement des sols **1** est arrêté. L'unité E, comprenant le tube intérieur **17**, est dissociée de l'unité D, retirée et démontée. La colonne non perforée **18** et la colonne perforée **16** restent dans le sol **22, 23**.

Pour transformer les parties restantes du dispositif d'assainissement des sols en un dispositif géothermique, leur lumen **31** est utilisé comme logement pour un dispositif géothermique.

Les colonnes intérieures en acier inoxydable sont remplacées par des colonnes intérieures, de préférence en plastique, plus préférentiellement en polyéthylène, idéalement en polyéthylène haute densité. En variante, des colonnes en chlorure de polyvinyle sont utilisées pour remplacer les colonnes intérieures.

Les colonnes en plastique sont reliées à un réseau de tubes (non représenté) situé au-dessus de la surface du sol assaini. Les tubes sont adaptés à la conduction de fluide chaud/froid, de préférence de l'eau. De préférence, le réseau est placé horizontalement par rapport à la surface du sol nettoyé. Pour permettre la circulation, le réseau de tuyaux pour contenir le fluide est muni d'une pompe à chaleur (non représentée). Le raccordement à une pompe à chaleur peut permettre la circulation du fluide à l'intérieur du réseau de tuyaux, notamment les colonnes situées dans le sol traité, offrant ainsi un dispositif géothermique.

La **Figure 3** est une illustration d'un autre mode de réalisation d'un système d'assainissement des sols selon la présente invention. La colonne perforée **16**, utilisée comme passage de vapeur, est disposée à proximité immédiate de la colonne conductrice de la chaleur **18**.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la partie du système d'assainissement des sols **1** qui, lors de l'installation du dispositif dans un sol contaminé, doit rester au-dessus de la surface du sol, est fournie dans une boîte **30**. La boîte **30** contient le module de chauffage du dispositif d'assainissement.

En se référant aux **Figures 2, 3, 6 et 7**, le module de chauffage est une boîte métallique **30** comprenant une unité d'oxydation **5** pouvant être reliée à un tube intérieur **17**. Le dispositif d'oxydation **5** est muni d'un élément de (pré)chauffage électrique **7**. L'élément de chauffage **7** est à son tour relié à un échangeur de chaleur **6**. Ce dernier possède deux entrées et sorties. Sur le dessus de la boîte **30**, l'échangeur de chaleur **6** est relié à un ventilateur de recirculation **21**. Le ventilateur de recirculation est relié à un conduit muni d'une vanne d'air frais **11**. L'échangeur de chaleur **6** peut être relié à un conduit **2** pour le transport de fluide chauffé provenant des tubes intérieurs et extérieurs chauffés. À l'extrémité opposée, l'échangeur de chaleur **6** est muni d'un conduit **12** pour transporter un flux d'air refroidi à l'extérieur de la boîte **30**. Un second conduit **14** peut être relié à une colonne perforée. Le raccordement se fait à l'entrée du système de vide **21**. Le système de vide **21** est muni d'une vanne de régulation de débit d'extraction de vapeur **10**. L'entrée du tube intérieur **17** est munie d'un thermocouple **13** pour la mesure de la température du flux d'air entrant dans la conduite à deux tuyaux. Le thermocouple **13** est relié à un dispositif d'injection de combustible **9** pour la régulation de l'injection de combustible dans le conduit reliant le ventilateur **21** à l'échangeur de chaleur **6**.

Une représentation en trois dimensions d'un mode de réalisation de la boîte 30 est fournie sur la **Figure 4**. De plus amples détails sont fournis sur les schémas de la **Figure 5**. En se référant aux **Figures 4 et 5**, la boîte **30** comprend une paroi munie d'un dispositif d'injection de combustible **9**, d'une évacuation d'air pur **39**, d'un ventilateur **32**, d'une unité de commande **33**, et de quatre crochets **34, 34', 34'', 34'''**.

La **Figure 6** est une illustration d'un autre mode de réalisation d'un système d'assainissement des sols selon la présente invention. Le passage de vapeur est une section de sol excavé **35** et est prévu à proximité immédiate de la colonne conductrice de la chaleur **18**. La section de sol excavé **35** est scellée au sommet et est reliée au dispositif d'assainissement des sols **1** par un connecteur **37**. La section de sol excavé

35 peut être remplie avec un matériau perméable à la vapeur (non représenté). Selon un mode de réalisation de l'invention, une partie de l'espace entre la conduite extérieure **18** et la conduite intérieure **17** peut être remplie avec un matériau de rétention de la chaleur **36**.

La **Figure 7** est une illustration d'un autre mode de réalisation d'un système d'assainissement des sols selon la présente invention. Le passage de vapeur est une section de sol excavé **38** dans laquelle la colonne conductrice de la chaleur **18** est introduite. La section de sol excavé **38** est scellée au sommet et est reliée au dispositif d'assainissement des sols **1** par un connecteur **37**. La section de sol excavé **38** peut être remplie avec un matériau perméable à la vapeur (non représenté). Selon un mode de réalisation de l'invention, une partie de l'espace entre la conduite extérieure **18** et la conduite intérieure **17** peut être remplie avec un matériau de rétention de la chaleur **36**.

La **Figure 9** est un dessin représentant schématiquement un dispositif d'assainissement des sols selon un mode de réalisation de l'invention. En se référant à la **Figure 9**, un dispositif d'assainissement des sols est représenté comprenant un panneau **42** relié à trois colonnes non perforées **43, 43', 43''** et à trois colonnes perforées **44, 44', 44''**. Les colonnes non perforées **43, 43', 43''** comprennent un tube extérieur dont le lumen **45, 45', 45''** est munie d'une conduite concentrique d'introduction de fluide **46, 46', 46''**. Les conduites sont reliées à une chambre de chauffage **47** dans le panneau **42**. La chambre de chauffage **47** est munie d'une plaque chauffante (non représentée). Du côté du panneau opposé au côté relié aux colonnes se trouve un ventilateur **48**. Le panneau est muni de moyens pour la fourniture de gaz au panneau **49**. Le panneau est en outre doté de moyens pour la fourniture d'électricité au panneau **50**.

La **Figure 8** est un schéma représentant un système d'assainissement des sols utilisant un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention. En se référant à la **Figure 8**, un tas de sol excavé **51** est représenté enfermé à l'intérieur de trois parois **52, 52', 52''** de profilés en béton empilables **53**. Le sol **51** entassé à l'intérieur des parois **52, 52', 52''** est muni de colonnes non perforées et de colonnes perforées à intervalles réguliers, généralement la distance entre les colonnes individuelles est de 1,5 mètre. Le tas de terre est fermé à l'avant par une paroi de panneaux **55**. Chaque panneau **42** est relié à trois ensembles de colonnes non perforées **43, 43', 43''** et de

colonnes perforées **44, 44', 44''**. Chaque panneau est muni de moyens de fourniture de gaz **49** et de fourniture d'électricité **50**. La paroi de panneaux est reliée à une alimentation en gaz **56** et à une alimentation en électricité **57**.

En se référant aux **Figures 8 et 9**, un procédé selon un mode de réalisation de l'invention est le suivant : des conduites non perforées et perforées sont insérées dans un sol excavé comprenant des contaminants. De préférence, une première couche de sol est étalée sur un site de traitement, une première couche de conduites est placée par-dessus, les conduites sont recouvertes d'une seconde couche de sol, une seconde couche de conduites est placée par-dessus, et ainsi de suite. Des profilés en béton sont placés autour du tas de terre contaminée à mesure que la hauteur du tas augmente. Les profilés en béton sont placés de préférence en U, formant ainsi un piégeage en forme de boîte. Des panneaux sont placés devant le piégeage en forme de boîte pour fermer le piégeage en forme de boîte. Chacun des panneaux est relié à au moins deux, de préférence trois, tel que représenté, conduites non perforées pour le chauffage et deux conduites perforées pour la collecte des vapeurs de contaminants. Chaque panneau est relié à travers les moyens de fourniture de gaz **49** et d'électricité **50** à une alimentation en gaz **56** et à une alimentation en électricité **57**.

La **Figure 12** est un schéma d'un dispositif adapté pour une utilisation dans un procédé d'assainissement des sols selon un mode de réalisation de l'invention.

L'air primaire est aspiré à travers le tube **74**. Il est mélangé dans le tube **73** avec un combustible gazeux (du propane ou du gaz naturel) venant de l'injecteur **72**. La flamme produite à l'extrémité du tube **73** et dans la chambre de combustion (chambre formée par le ciment réfractaire) **77**. À la sortie de la chambre de combustion, les gaz (produits de combustion) sont mélangés avec l'air secondaire du tube **75**. Le réglage du débit d'air secondaire est effectué par la vanne **86**. Ce réglage permet de refroidir les parois des tubes **76** et **78** et d'abaisser la température du gaz à l'entrée du tube intérieur **81** entre 750 et 850 °C. La vanne **85** permet le réglage du débit d'air primaire nécessaire à la combustion du propane (ou du gaz naturel). Le réglage est effectué de manière à avoir une quantité importante de CO à la sortie **82** de la conduite de chauffage 83. La bride **80** permet de relier le dispositif à la conduite de chauffage **83**. L'unité **71** du brûleur possède tous les éléments de commande, de sécurité et de régulation du flux de propane ou de gaz naturel (chauffage électrique). Les vapeurs du sol **84** sont transportées vers la flamme à travers le tube **79**.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, comprenant les étapes consistant à :

-introduire dans ledit sol (22, 23) au moins une colonne perforée (16, 19) pour l'extraction des contaminants d'une région contaminée (22) dudit sol (22,23),

- à proximité immédiate de ladite au moins une colonne perforée (16, 19), introduire au moins une colonne non perforée (18) pour fournir de la chaleur à ladite région contaminée (22) dudit sol (22, 23),

- fournir de la chaleur à ladite au moins une colonne non perforée (18), chauffant ainsi ladite région contaminée (22) dudit sol (22, 23) à une température suffisante pour provoquer la vaporisation desdits contaminants du sol et obtenir une vapeur de contaminants,

- extraire ladite vapeur de contaminants contenant lesdits contaminants du sol de ladite région contaminée (22) dudit sol (22, 23) dans ladite au moins une colonne perforée (16, 19),

- retirer ladite vapeur de contaminants de ladite au moins une colonne perforée (16, 19), fournissant ainsi un sol assaini,

dans lequel au moins une colonne perforée (16, 19) et ladite au moins une colonne non perforée (18) peuvent être reliées à au moins un dispositif situé en surface comprenant une unité de combustion, de chauffage et de commande pour chauffer et ainsi nettoyer ledit sol (22, 23).

2. Procédé d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, comprenant les étapes consistant à :

- introduire et/ou créer dans ledit sol (22, 23) au moins un passage de vapeur (35, 38) pour l'extraction des contaminants d'une région contaminée dudit sol (22,23),

- à proximité immédiate ou dans ledit au moins un passage de vapeur (35, 38), introduire au moins une colonne non perforée (18) pour fournir de la chaleur à ladite région contaminée (22) dudit sol (22, 23),

- fournir de la chaleur à ladite au moins une colonne non perforée (18), chauffant ainsi ladite région contaminée (22) dudit sol (22, 23) à une température suffisante pour provoquer la vaporisation desdits contaminants du sol et obtenir une vapeur de contaminants,

- extraire ladite vapeur de contaminants contenant lesdits contaminants du sol de ladite région contaminée (22) dudit sol (22, 23) dans ledit au moins un passage de vapeur (35, 38),
- retirer ladite vapeur de contaminants dudit au moins un passage de vapeur (35, 38), fournissant ainsi un sol assaini,

dans lequel ledit au moins un passage de vapeur (35, 38) et ladite au moins une colonne non perforée (18) peuvent être reliés à au moins dispositif situé en surface comprenant une unité de combustion, de chauffage et de commande pour chauffer et ainsi nettoyer ledit sol (22, 23).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, comprenant les étapes consistant à :
- munir ladite colonne non perforée (18) de moyens de guidage de fluide (17) sur au moins une partie substantielle de sa longueur, et
- coupler lesdits moyens de guidage de fluide (17) à un réseau de conduits reliées audit un dispositif situé en surface.

4. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel une pression négative est fournie pour l'extraction de ladite vapeur de contaminants de ladite région contaminée (22) dudit sol (22, 23).

5. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel de la chaleur est fournie à ladite colonne non perforée (18) à un rythme intermittent régulier.

6. Dispositif ou système pour l'assainissement d'un sol (22, 23) comprenant des contaminants, ledit dispositif comprenant au moins une colonne perforée (16, 19) et au moins une colonne non perforée (18), dans lequel la au moins une colonne perforée (16 , 19) peut être reliée à un moyen de fourniture d'aspiration (21) pour l'extraction d'une vapeur de contaminants dudit sol (22, 23), et dans lequel la colonne non perforée (18) possède un tuyau fabriqué à partir d'un matériau conducteur de la chaleur, le tuyau est doté d'un lumen (31) s'étendant dans une direction axiale, à une extrémité, le lumen (31) est fermée de façon permanente et, à l'extrémité opposée, le lumen peut être reliée à une source de chaleur (30) pour la vaporisation desdits contaminants du sol.

7. Dispositif ou système d'assainissement d'un sol (22, 23) comprenant des contaminants, ledit dispositif comprenant au moins un passage de vapeur (35, 38)

et au moins une colonne non perforée (18), dans lequel le au moins un passage de vapeur (35, 38) peut être relié à un moyen de fourniture d'aspiration (21) pour l'extraction d'une vapeur de contaminants dudit sol (22, 23), et dans lequel la colonne non perforée (18) possède un tuyau fabriqué à partir d'un matériau conducteur de la chaleur, tle tuyau est doté d'un lumenen (31) s'étendant dans la direction axiale, à une extrémité, le lumen (31) est fermée de façon permanente et, à l'extrémité opposée, le lumen peut être reliée à une source de chaleur (30) pour la vaporisation desdits contaminants du sol.

8. Dispositif ou système selon la revendication 7, dans lequel le passage de la vapeur (35, 38) est une section de sol excavé.

9. Dispositif ou système selon la revendication 7 ou 8, dans lequel la section de sol excavé est munie d'un matériau perméable à la vapeur.

10. Dispositif ou système selon la revendication 9, dans lequel la taille moyenne des particules du matériau perméable à la vapeur est comprise entre 2 et 8 mm, de préférence entre 3 et 7 mm, plus préférentiellement entre 4 et 6 mm.

11. Dispositif ou système selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans lequel ledit lumen (31) est fournie sur une partie substantielle de la longueur de la au moins une colonne non perforée.

12. Dispositif ou système selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, dans lequel une section du lumen (31) est munie d'un matériau de rétention de la chaleur (36).

13. Dispositif ou système selon la revendication 12, dans lequel le matériau de rétention de la chaleur (36) est amovible.

14. Dispositif ou système selon l'une quelconque des revendications 6 à 13, dans lequel ledit matériau conducteur de la chaleur est de l'acier, de préférence de l'acier inoxydable.

15. Utilisation d'un dispositif selon les revendications 6 à 14 pour l'assainissement d'un sol contaminé et/ou pour fournir de l'énergie géothermique pour une construction et/ou pour fournir une fondation pour une construction, ladite construction étant de préférence un bâtiment.

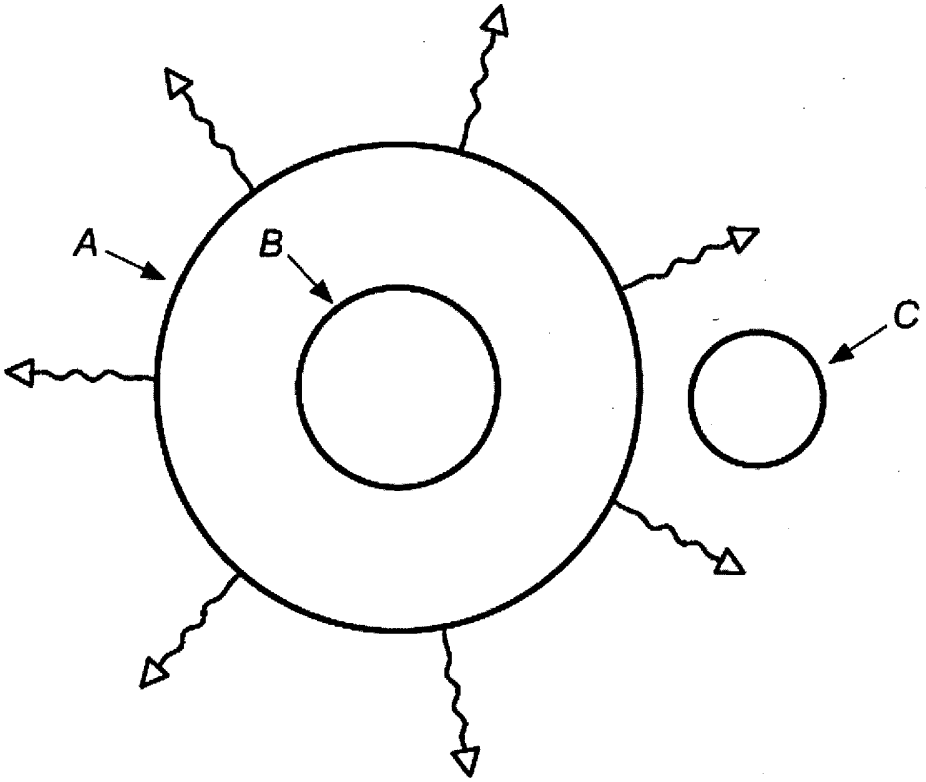

Fig. 1

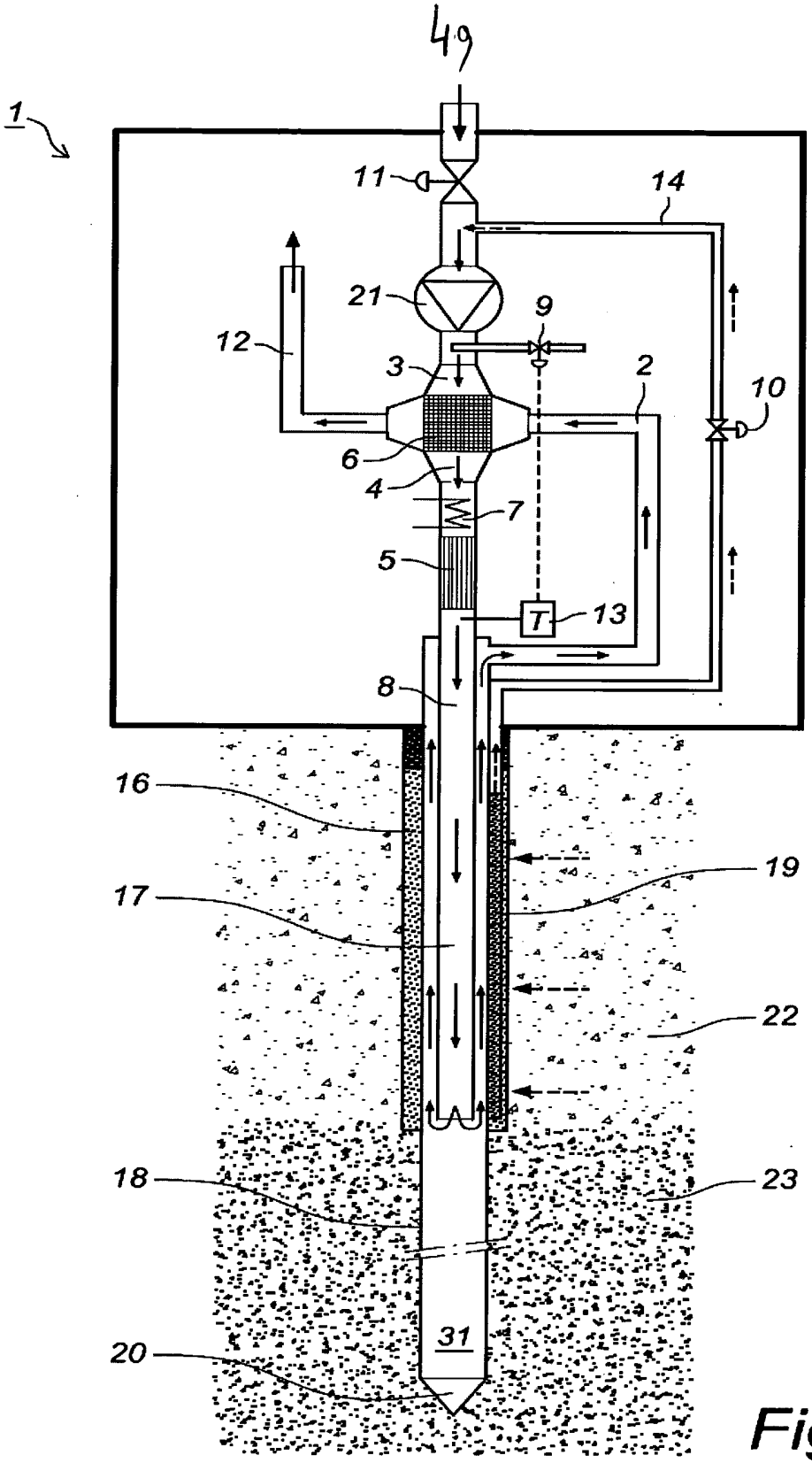

Fig. 2

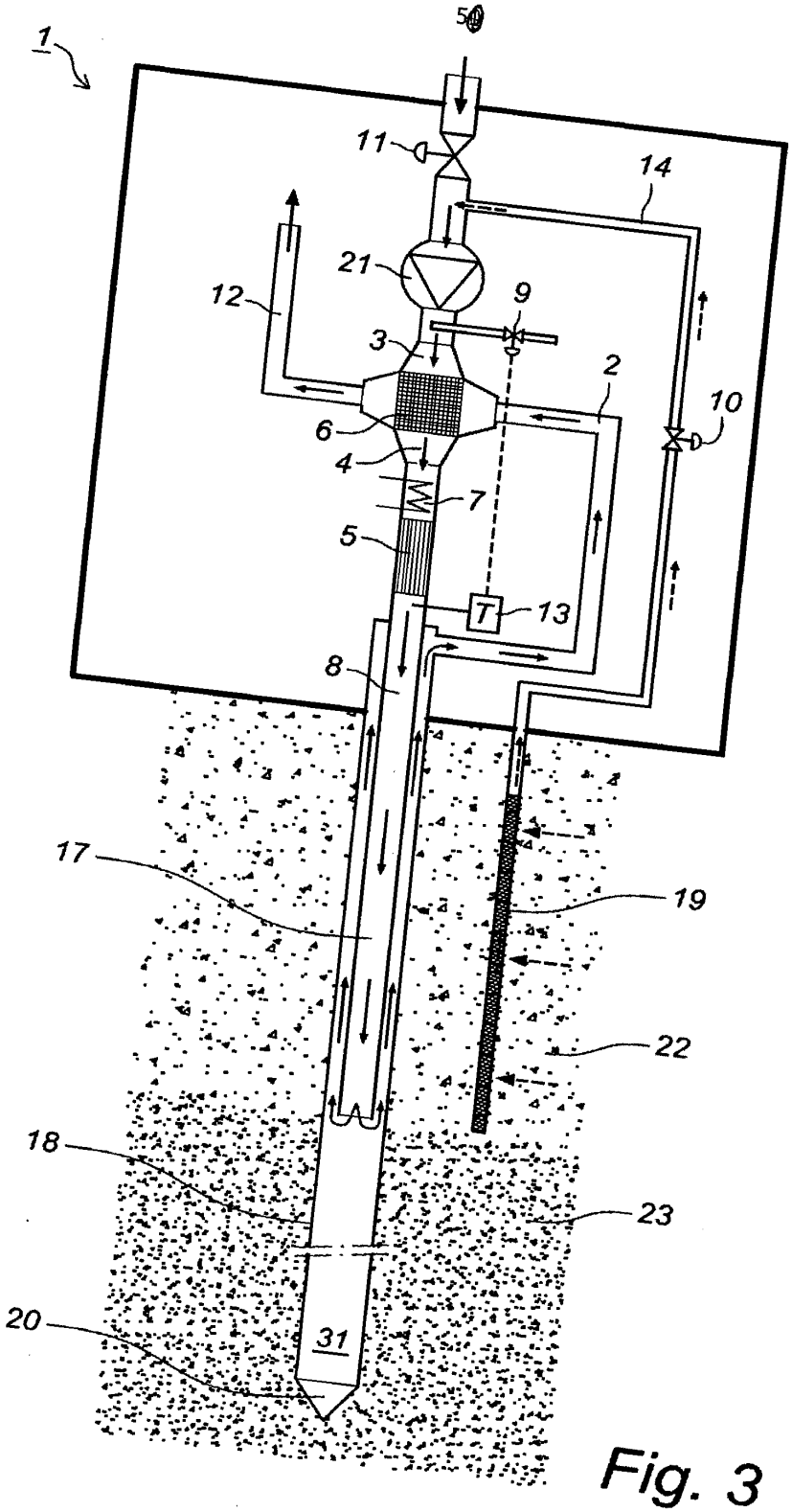

Fig. 3

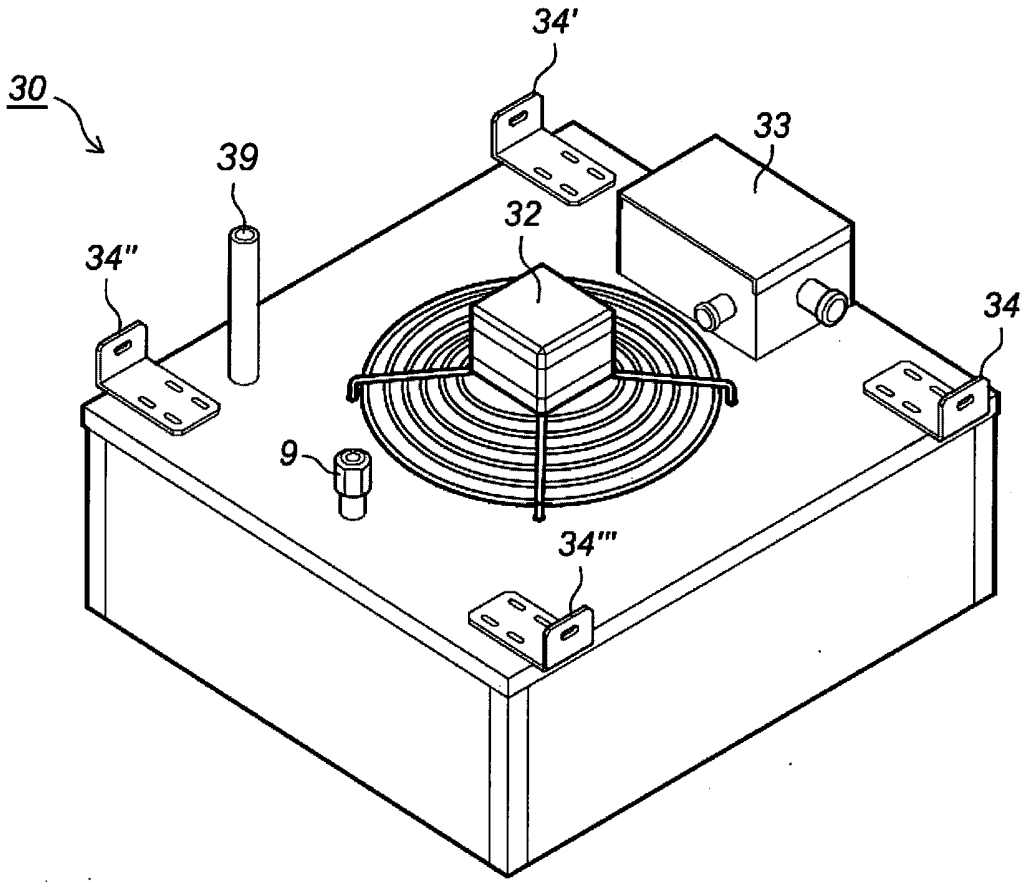

Fig. 4

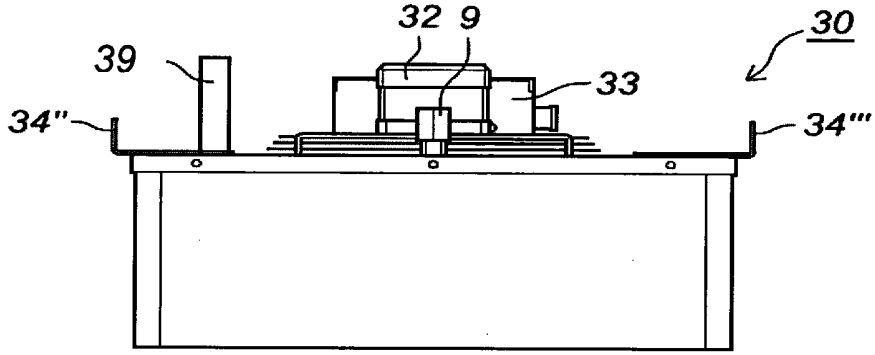

Fig. 5a

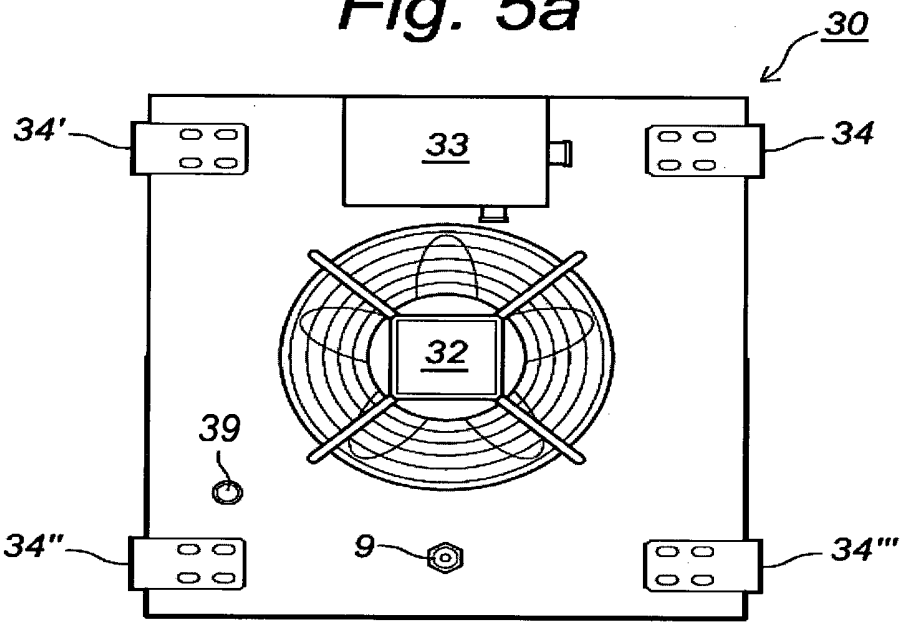

Fig. 5b

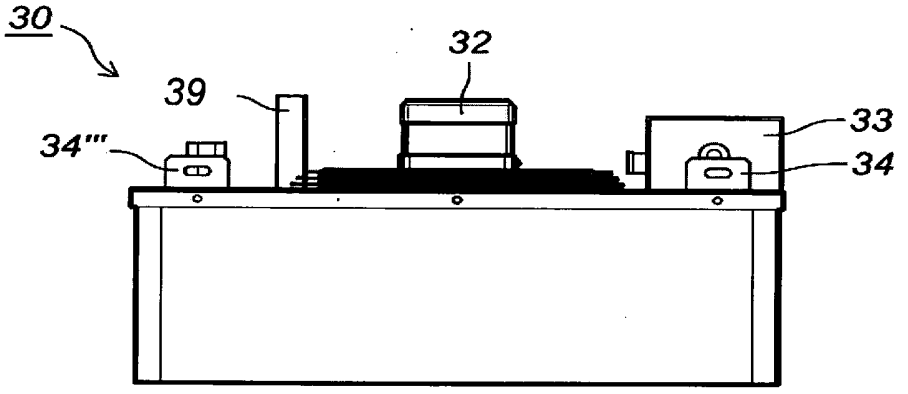

Fig. 5c

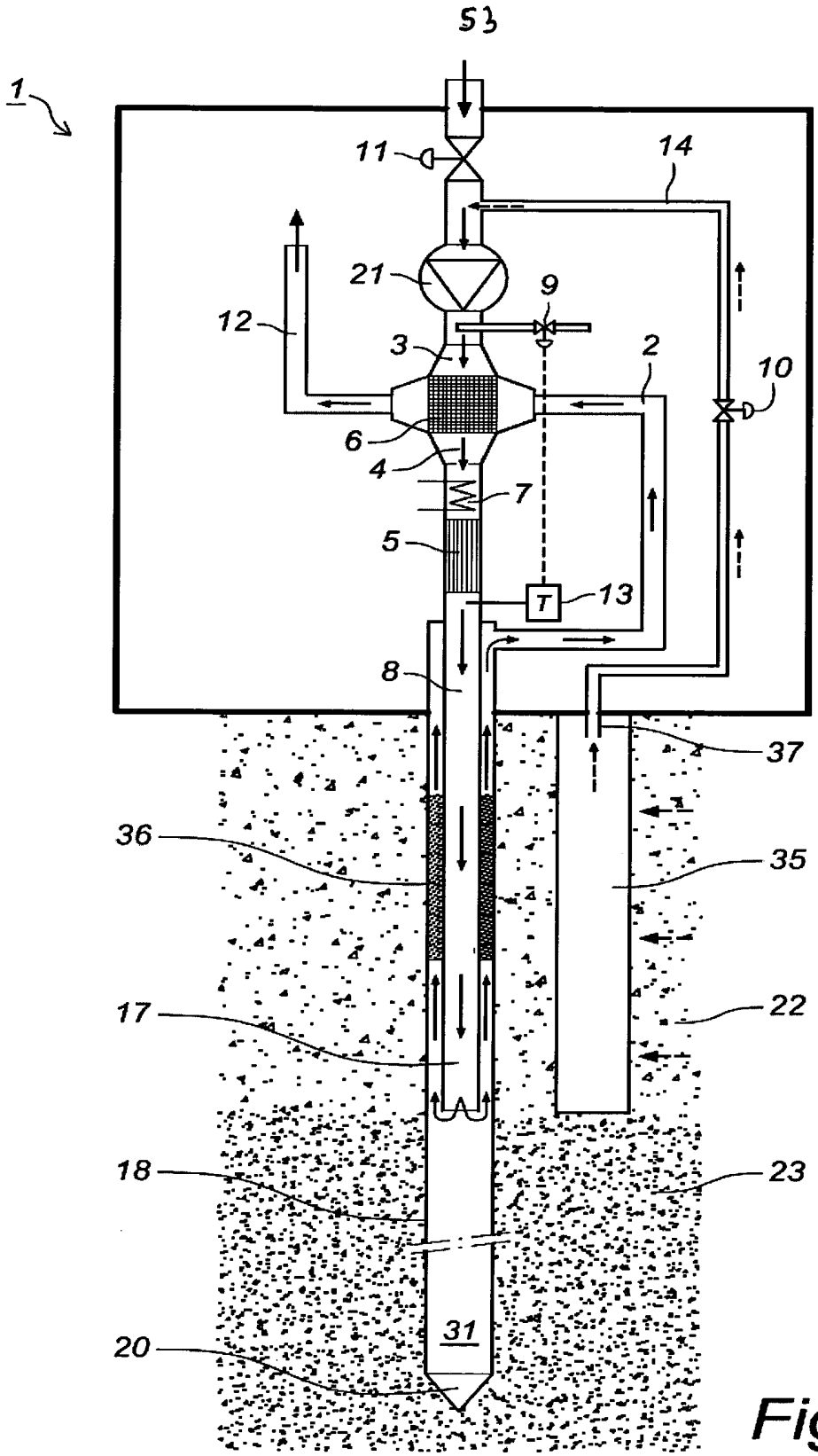

Fig.6

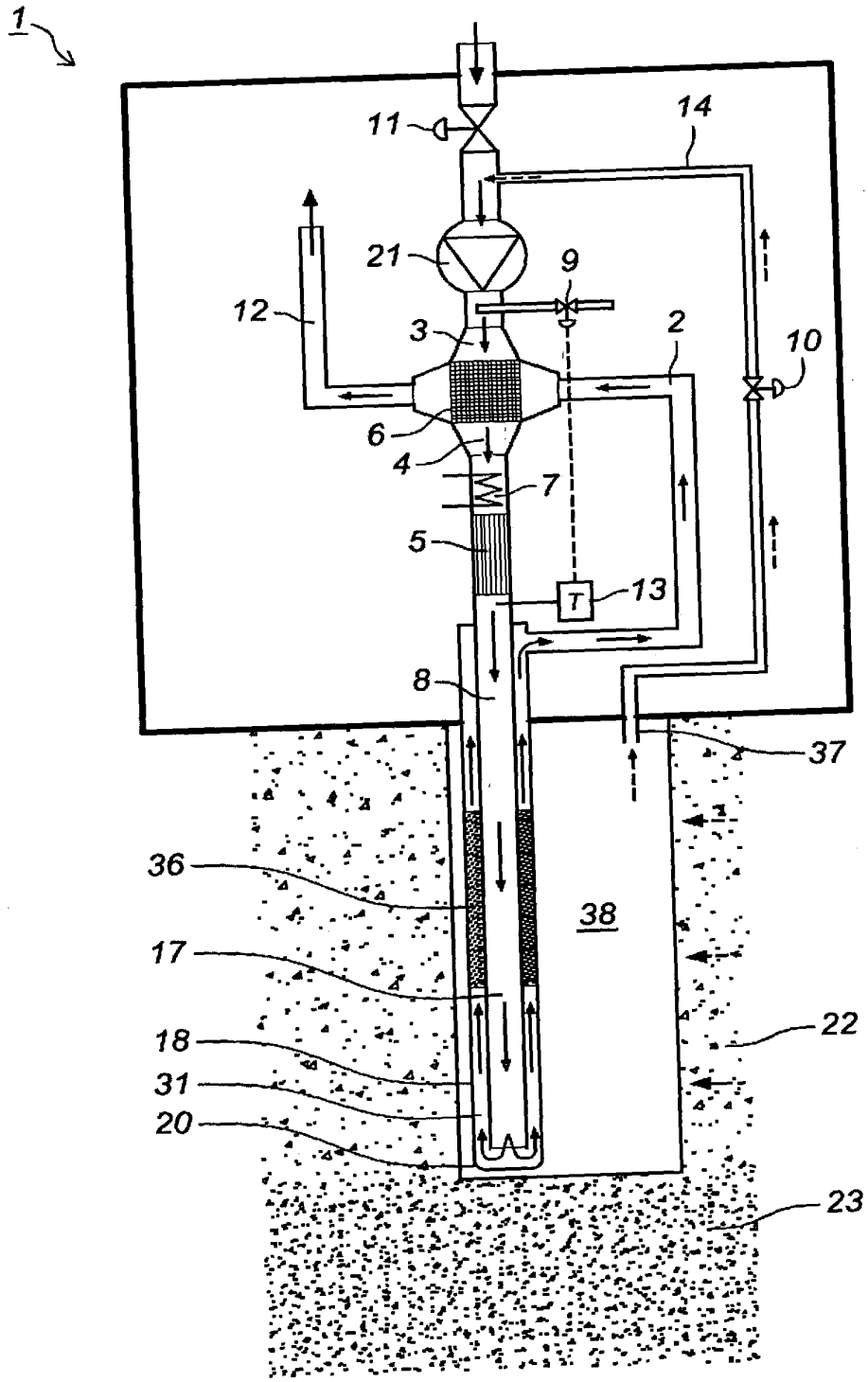

Fig.7

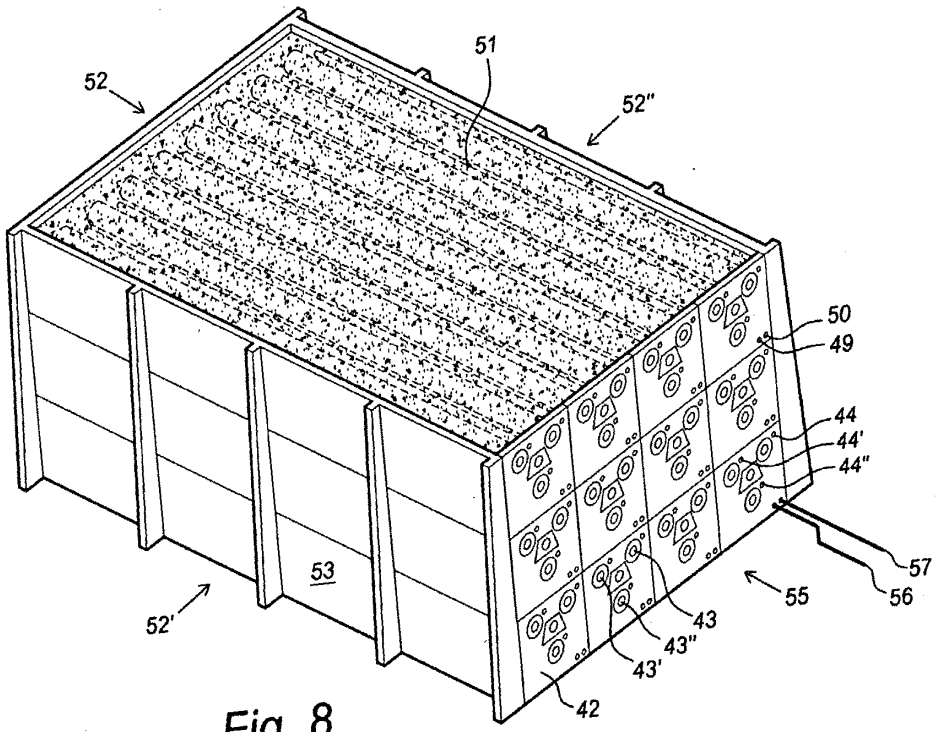

Fig. 8

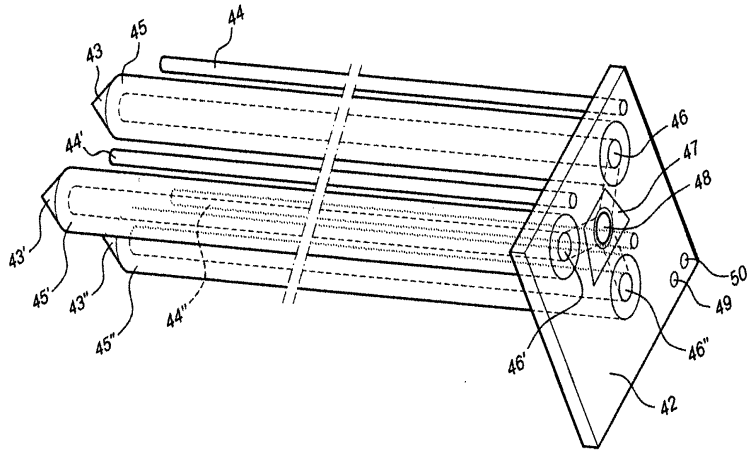

Fig. 9

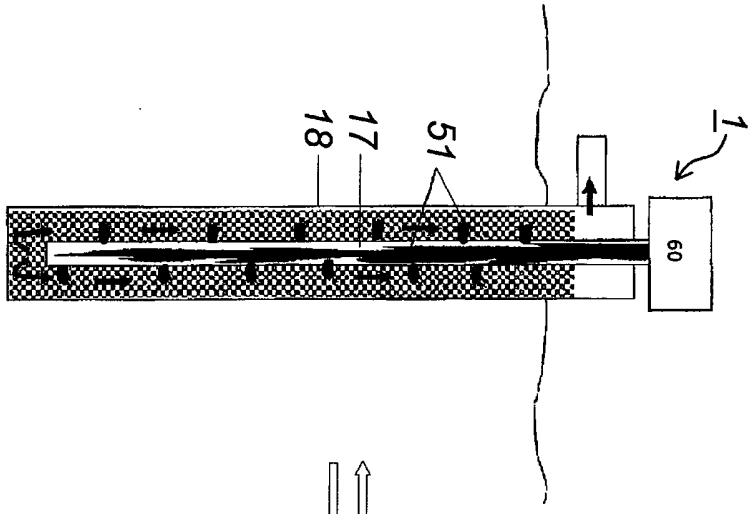

Fig. 10a

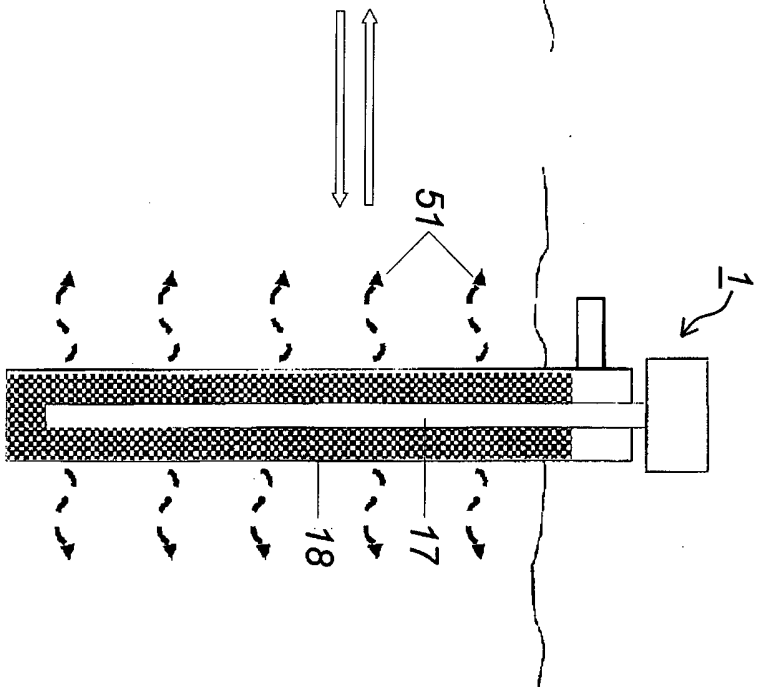

Fig. 10b

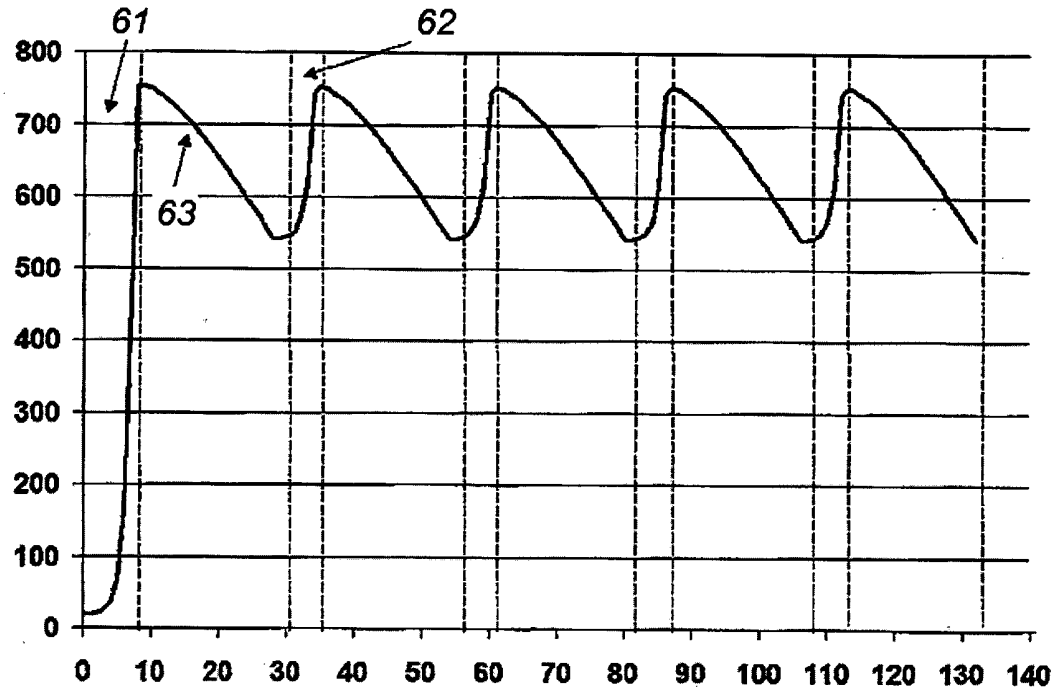
61
62
63
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140

Fig. 11

59

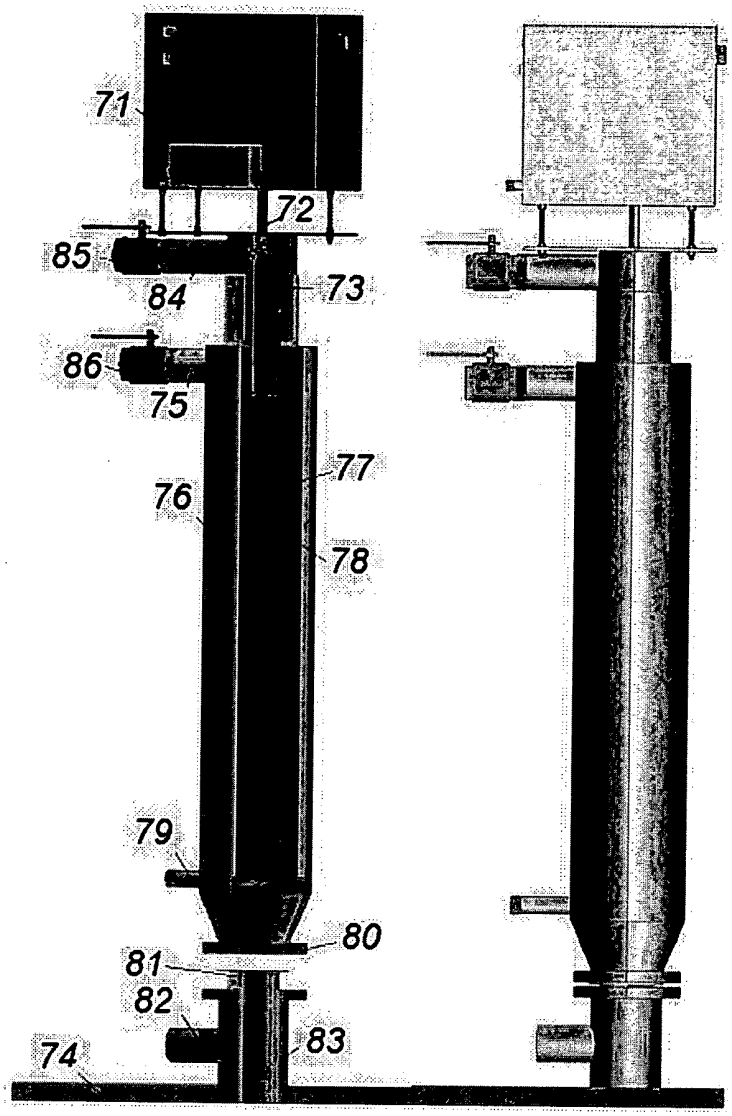

Fig. 12

60

DISPOSITIFS ET PROCÉDÉ D'ASSAINISSEMENT DE SOLS

RÉSUMÉ

La présente invention décrit des dispositifs ou des systèmes et un procédé d'assainissement d'un sol comprenant des contaminants, comprenant les étapes consistant à : introduire dans ledit sol au moins une colonne perforée pour l'extraction des contaminants d'une région contaminée dudit sol ; à proximité immédiate de ladite au moins une colonne perforée, introduire au moins une colonne non perforée pour fournir de la chaleur à ladite région contaminée dudit sol ; fournir de la chaleur à ladite au moins une colonne non perforée ; extraire ladite vapeur de contaminants contenant lesdits contaminants du sol de ladite région contaminée dudit sol dans ladite au moins une colonne perforée ; retirer ladite vapeur de contaminants de ladite au moins une colonne perforée, fournissant ainsi un sol assaini ; dans lequel ladite au moins une colonne perforée et ladite au moins une colonne non perforée peuvent être reliées à au moins un dispositif situé en surface comprenant une unité de combustion, de chauffage et de commande pour chauffer et ainsi nettoyer ledit sol.

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:
Brants, Johan P.E.
BRANTSANDPATENTS BVBA
Guldensporenpark 75
B-9820 Merelbeke
BELGIQUE

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT AND THE WRITTEN OPINION OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY, OR THE DECLARATION

(PCT Rule 44.1)

	Date of mailing *(day/month/year)* 9 August 2012 (09-08-2012)
Applicant's or agent's file reference HAEM-003-WO	**FOR FURTHER ACTION** See paragraphs 1 and 4 below
International application No. PCT/EP2011/068554	International filing date *(day/month/year)* 24 October 2011 (24-10-2011)
Applicant TPS TECHNOLOGIES	

1. [X] The applicant is hereby notified that the international search report and the written opinion of the International Searching Authority have been established and are transmitted herewith.

   Filing of amendments and statement under Article 19:
   The applicant is entitled, if he so wishes, to amend the claims of the International Application (see Rule 46):

   When? The time limit for filing such amendments is normally two months from the date of transmittal of the International Search Report.

   Where? Directly to the International Bureau of WIPO, 34 chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland, Fascimile No.: (41-22) 338.82.70

   For more detailed instructions, see *PCT Applicant's Guide*, International Phase, paragraphs 9.004 - 9.011.

2. [ ] The applicant is hereby notified that no international search report will be established and that the declaration under Article 17(2)(a) to that effect and the written opinion of the International Searching Authority are transmitted herewith.

3. [ ] **With regard to any protest** against payment of (an) additional fee(s) under Rule 40.2, the applicant is notified that:

   [ ] the protest together with the decision thereon has been transmitted to the International Bureau together with the applicant's request to forward the texts of both the protest and the decision thereon to the designated Offices.

   [ ] no decision has been made yet on the protest; the applicant will be notified as soon as a decision is made.

4. **Reminders**

   The applicant may submit comments on an informal basis on the written opinion of the International Searching Authority to the International Bureau. The International Bureau will send a copy of such comments to all designated Offices unless an international preliminary examination report has been or is to be established. Following the expiration of 30 months from the priority date, these comments will also be made available to the public.

   Shortly after the expiration of **18 months** from the priority date, the international application will be published by the International Bureau. If the applicant wishes to avoid or postpone publication, a notice of withdrawal of the international application, or of the priority claim, must reach the International Bureau before completion of the technical preparations for international publication (Rules 90*bis*.1 and 90*bis*.3).

   Within **19 months** from the priority date, but only in respect of some designated Offices, a demand for international preliminary examination must be filed if the applicant wishes to postpone the entry into the national phase **until 30 months** from the priority date (in some Offices even later); otherwise, the applicant must, **within 20 months** from the priority date, perform the prescribed acts for entry into the national phase before those designated Offices.

   In respect of other designated Offices, the time limit of **30 months** (or later) will apply even if no demand is filed within 19 months.

   For details about the applicable time limits, Office by Office, see www.wipo.int/pct/en/texts/time_limits.html and the *PCT Applicant's Guide*, National Chapters.

Name and mailing address of the International Searching Authority	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016	SCHMITZ, Monika Tel: +31 (0)70 340-2793

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference HAEM-003-WO	**FOR FURTHER ACTION**	see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.
International application No. PCT/EP2011/068554	International filing date *(day/month/year)* 24/10/2011	(Earliest) Priority Date *(day/month/year)* 25/10/2010
Applicant TPS TECHNOLOGIES		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 4 sheets.

[X] It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. **Basis of the report**
   a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of:
      [X] the international application in the language in which it was filed
      [ ] a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b))
   b. [ ] This international search report has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6*bis*(a)).
   c. [ ] With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. [ ] **Certain claims were found unsearchable** (See Box No. II)

3. [ ] **Unity of invention is lacking** (see Box No III)

4. With regard to the **title**,
   [X] the text is approved as submitted by the applicant
   [ ] the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,
   [X] the text is approved as submitted by the applicant
   [ ] the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority

6. With regard to the **drawings**,
   a. the figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No. 2
      [ ] as suggested by the applicant
      [X] as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure
      [ ] as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention
   b. [ ] none of the figures is to be published with the abstract

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/068554

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B09C1/00 B09C1/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B09C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/035290 A1 (SHELL OIL CO [US]; SHELL CANADA LTD [CA]) 1 May 2003 (2003-05-01) abstract page 1, line 1 - page 23, line 3; claims 1-87; figures 1-6D	1-15
X	EP 1 604 749 A1 (DEEP GREEN [BE] D2G [BE]) 14 December 2005 (2005-12-14) abstract paragraphs [0001] - [0080]; claims 1-29; figures 1-4	1-15
A	US 5 558 463 A (GEISEL DONALD J [US]) 24 September 1996 (1996-09-24) column 1, line 6 - column 5, line 37; claims 1-38; figures 1-7	1-15

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
2 August 2012	09/08/2012

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Psoch, Christian

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/068554

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 994 341 A (ANDERSON DONALD J ET AL) 30 November 1976 (1976-11-30) line 22 - column 7, line 35; claims 1-11; figures 1-4 -----	1-15

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2011/068554

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03035290 A1	01-05-2003	AT 299403 T	15-07-2005
		BR 0213511 A	19-10-2004
		CA 2462215 A1	01-05-2003
		DE 60205038 D1	18-08-2005
		DE 60205038 T2	20-04-2006
		DK 1467826 T3	14-11-2005
		EP 1467826 A1	20-10-2004
		JP 4509558 B2	21-07-2010
		JP 2005506902 A	10-03-2005
		MX PA04003712 A	30-07-2004
		TW 564192 B	01-12-2003
		US 2004126190 A1	01-07-2004
		WO 03035290 A1	01-05-2003
EP 1604749 A1	14-12-2005	AT 437707 T	15-08-2009
		CA 2569621 A1	22-12-2005
		DK 1604749 T3	23-11-2009
		EP 1604749 A1	14-12-2005
		EP 1786575 A1	23-05-2007
		ES 2330333 T3	09-12-2009
		US 2008069640 A1	20-03-2008
		WO 2005120737 A1	22-12-2005
US 5558463 A	24-09-1996	NONE	
US 3994341 A	30-11-1976	CA 1060339 A1	14-08-1979
		DE 2649487 A1	05-05-1977
		FR 2329840 A1	27-05-1977
		US 3994341 A	30-11-1976

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:

see form PCT/ISA/220

PCT

WRITTEN OPINION OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43*bis*.1)

Date of mailing
(day/month/year) see form PCT/ISA/210 (second sheet)

Applicant's or agent's file reference
see form PCT/ISA/220

FOR FURTHER ACTION
See paragraph 2 below

International application No.	International filing date *(day/month/year)*	Priority date *(day/month/year)*
PCT/EP2011/068554	24.10.2011	25.10.2010

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC
INV. B09C1/00 B09C1/06

Applicant
TPS TECHNOLOGIES

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43*bis*.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step and industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☒ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☒ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. **FURTHER ACTION**

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will usually be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notifed the International Bureau under Rule 66.1*bis*(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA:	Date of completion of this opinion	Authorized Officer
European Patent Office P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk - Pays Bas Tel. +31 70 340 - 2040 Fax: +31 70 340 - 3016	see form PCT/ISA/210	Psoch, Christian Telephone No. +31 70 340-9827

WRITTEN OPINION OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/EP2011/068554

Box No. I Basis of the opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:

   ☒ the international application in the language in which it was filed

   ☐ a translation of the international application into , which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1 (b)).

2. ☐ This opinion has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43bis.1(a))

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of a sequence listing filed or furnished:

   a. (means)

   ☐ on paper

   ☐ in electronic form

   b. (time)

   ☐ in the international application as filed

   ☐ together with the international application in electronic form

   ☐ subsequently to this Authority for the purposes of search

4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.

5. Additional comments:

Box No. V Reasoned statement under Rule 43*bis*.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes:	Claims	5, 13
	No:	Claims	1-4, 6-12, 14, 15
Inventive step (IS)	Yes:	Claims	
	No:	Claims	1-15
Industrial applicability (IA)	Yes:	Claims	1-15
	No:	Claims	

2. Citations and explanations

see separate sheet

Box No. VII Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

see separate sheet

Box No. VIII Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

see separate sheet

Re Item V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1 Reference is made to the following documents:

D1 WO 03/035290 A1 (SHELL OIL CO [US]; SHELL CANADA LTD [CA]) 1 May 2003 (2003-05-01)

D2 EP 1 604 749 A1 (DEEP GREEN [BE] D2G [BE]) 14 December 2005 (2005-12-14)

2 INDEPENDENT CLAIMS 1, 2, 6, 7 and 15

The following is stated under reference to item VIII of this Written Opinion, whereby it is to be noted that unclear features (non compliance with Article 6 PCT) can formally not be employed for assessing novelty or inventive step.

2.1 Claim 2 comprises all the features of claim 1 and is more general than claim 1; hence claim 1 should be dependent on claim 2. In the following claim 1 is treated as a claim dependant on claim 2, cf. Rule 6.4 a-c PCT.

2.2 In view of claim 2 the document D1 discloses (the references in parentheses applying to this document and the *underlined expressions in italics* relating to the unclarities stated under Item VIII):

Method for remediating a soil comprising contaminants (page 1, lines 2-4), comprising the steps of:

-introducing in said soil (104) at least one vapor passage way (109) for contaminant extraction from a contaminated region of said soil (104),
-in close proximity of said at least one vapor passage way (109) introducing at least one non-perforated column (108) for providing heat to said contaminated region of said soil (104),
-providing heat to said at least one non-perforated column (108) thereby heating said contaminated region of said soil (104) to a temperature sufficient to cause vaporization of said soil contaminants and obtaining a contaminant vapor,

-extracting said contaminant vapor containing said soil contaminants out of said contaminated region of said soil (104) into said at least one vapor passage way (109),
-removing said contaminant vapor from said at least one vapor passage way (109), thereby providing remediated soil,
wherein said at least one vapor passage way (109) and said at least one non-perforated column (108) are connectable to at least one surface-located device comprising a combustion (206), a heating and control unit (209) for heating and thereby cleaning said soil (104).

The subject-matter of claim 2 is therefore deprived of novelty and hence, claim 2 does not meet the requirements of Article 33(2) PCT.

2.3 It is to be noted, that the subject-matter of claim 2 is equally known from the document D2, cf. the passages cited in the International Search Report.

2.4 Claim 7 comprises all the features of claim 6 and is more general than claim 6, hence claim 6 should be dependent on claim 7. In the following claim 6 is treated as a claim dependant on claim 7, cf. Rule 6.4 a-c PCT.

2.5 The remarks given in section 2.2 and 2.3 above in view of claim 2 apply to claims 7 and 15 mutatis mutandis. The claim 7 is a device claim using all the corresponding features as claimed in the independent method claim 2. The claim 15 is a use claim using all the features of the claims 6-14. Thus claim 7 and 15 are also not new in view against the disclosure of documents D1 and D2, cf. the passages cited in the International Search Report.

3 Dependent claims 1, 3-6, 8-14

3.1 The additional features of dependent claims 1, 3, 4, 6, 8-12 and 14 are known from at least one of the documents D1/D2 or both, cf. the International Search Report with regards to these documents.

3.2 The additional features of dependent claims 5 and 13 present merely one of several straightforward possibilities from which the skilled person would select, in accordance with circumstances, without the exercise of inventive skill.

4 Claims 1-15 meet the requirement of industrial applicability in the sense of Article 33(4) PCT.

Re Item VII

Certain defects in the international application

The following is to be noted:

Contrary to the requirements of Rule 5.1(a)(ii) PCT, the document D1 has not been identified in the description and its relevant background art has not been briefly discussed.

Re Item VIII

Certain observations on the international application

With regard to Article 6 PCT, the following is remarked:

1 Claim 1 was interpreted as a claim depending on claim 2 and claim 6 was interpreted as a claim depending on claim 7, cf. Rule 6.4 a-c PCT.

2 The expression "Device or system for the remediation . . ." in claim 7 is to be understood as " Device or system suitable for the remediation . . . . . ." cf. the PCT Guidelines 5.23.

3 The expressions "close proximity" in claims 1 and 2; "at least a substantial part of its lengths" in claim 3 and "over a substantial part of the length" in claim 11 are relative terms, are considered vague and leaving the reader in doubt as to the scope of the related features, preventing a clear distinction of those features from the prior art and hence violating the PCT Guidelines, 5.34.

4 The expression "and/or" in claims 2, and 15 cause a lack of clarity, since the reader remains in doubt upon the fact, if the related features are facultative or essential. Thus claims 2, and 15 are not fulfilling the requirements of Article 6 PCT, cf. also to the PCT Guidelines 5.31 and 5.33.

Possible steps after receipt of the international search report (ISR) and written opinion of the International Searching Authority (WO-ISA)

General information	For all international applications filed on or after 01/01/2004 the competent ISA will establish an ISR. It is accompanied by the WO-ISA. Unlike the former written opinion of the IPEA (Rule 66.2 PCT), the WO-ISA is not meant to be responded to, but to be taken into consideration for further procedural steps. This document explains about the possibilities.
Amending claims under Art. 19 PCT	Within 2 months after the date of mailing of the ISR and the WO-ISA the applicant may file amended claims under Art. 19 PCT directly with the International Bureau of WIPO. The PCT reform of 2004 did not change this procedure. For further information please see Rule 46 PCT as well as form PCT/ISA/220 and the corresponding Notes to form PCT/ISA/220.
Filing a demand for international preliminary examination	In principle, the WO-ISA will be considered as the written opinion of the IPEA. This should, in many cases, make it unnecessary to file a demand for international preliminary examination. If the applicant nevertheless wishes to file a demand this must be done before expiry of 3 months after the date of mailing of the ISR/WO-ISA or 22 months after priority date, whichever expires later (Rule 54bis PCT). Amendments under Art. 34 PCT can be filed with the IPEA as before, normally at the same time as filing the demand (Rule 66.1 (b) PCT). If a demand for international preliminary examination is filed and no comments/amendments have been received the WO-ISA will be transformed by the IPEA into an IPRP (International Preliminary Report on Patentability) which would merely reflect the content of the WO-ISA. The demand can still be withdrawn (Art. 37 PCT).
Filing informal comments	After receipt of the ISR/WO-ISA the applicant may file informal comments on the WO-ISA directly with the International Bureau of WIPO. These will be communicated to the designated Offices together with the IPRP (International Preliminary Report on Patentability) at 30 months from the priority date. Please also refer to the next box.
End of the international phase	At the end of the international phase the International Bureau of WIPO will transform the WO-ISA or, if a demand was filed, the written opinion of the IPEA into the IPRP, which will then be transmitted together with possible informal comments to the designated Offices. The IPRP replaces the former IPER (international preliminary examination report).
Relevant PCT Rules and more information	Rule 43 PCT, Rule 43bis PCT, Rule 44 PCT, Rule 44bis PCT, PCT Newsletter 12/2003, OJ 11/2003, OJ 12/2003