



(11) **EP 1 856 332 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
18.04.2018 Bulletin 2018/16

(21) Numéro de dépôt: **06708388.1**

(22) Date de dépôt: **20.02.2006**

(51) Int Cl.:
E02D 3/12 (2006.01) E01C 21/00 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2006/060106

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2006/089878 (31.08.2006 Gazette 2006/35)

(54) **PROCEDE DE TRAITEMENT DE SOLS, EN PARTICULIER DE SOLS SECS SENSIBLES A L'EAU**
VERFAHREN ZUR BEHANDLUNG VON BÖDEN, INSBESONDERE WASSEREMPFINDLICHEN TROCKENEN BÖDEN.
METHOD FOR TREATING SOILS, IN PARTICULAR WATER-SENSITIVE DRY SOILS

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **22.02.2005 FR 0501769**

(43) Date de publication de la demande:
21.11.2007 Bulletin 2007/47

(73) Titulaire: **S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT**
1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve (BE)

(72) Inventeur: **JOLY, Claude**
F-03800 Biozat (FR)

(74) Mandataire: **Claeys, Pierre et al Gevers**
Intellectual Property House
Holidaystraat 5
1831 Diegem (BE)

(56) Documents cités:
DE-A1- 3 405 770 DE-U1- 9 421 169
FR-A- 2 471 444 FR-A- 2 593 531
GB-A- 2 180 431 US-A- 2 193 065
US-A- 4 337 712

EP 1 856 332 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un procédé de traitement de sols secs sensibles à l'eau.

[0002] D'une manière générale, les sols présentant un déficit hydrique par rapport à la teneur en eau optimale, doivent, pour pouvoir être utilisés dans la construction des ouvrages de travaux publics, dans la partie remblai, plate-forme supérieure de terrassement, arase de terrassement, couches de forme et couches de chaussées, être traités par un procédé de traitement de sols permettant l'amélioration et/ou la stabilisation de ces derniers.

[0003] De nombreux sols naturels contiennent des argiles à des teneurs très variables. Les argiles représentent une famille de minéraux qui deviennent instables en présence d'eau ; le sol passe alors de l'état solide à l'état plastique. Les argiles sont ainsi responsables de l'instabilité dans les ouvrages construits.

[0004] On entend par « traitement des sols », au sens de la présente invention, un procédé consistant à modifier le sol afin qu'il remplisse les fonctions auxquelles on le destine, en particulier l'amélioration et la stabilisation des sols. Un traitement de sol n'inclut donc pas par exemple l'insertion dans le sol d'une couche imperméable, car une telle opération ne modifie pas le sol en soi.

[0005] On entend par « amélioration » des sols, l'insensibilisation à l'eau des sols par floculation des argiles, qui permet une circulation à court terme, voire immédiate des engins de chantiers et une modification à long terme, rendant les sols traités insensibles à l'eau.

[0006] "L'insensibilité" à l'eau signifie que le sol n'évoque plus vers l'état plastique, lors d'apport ultérieur d'eau, soit par capillarité naturelle, soit par les pluies ou les inondations ; on évite ainsi le passage à l'état plastique (pâteux) du sol et la diminution de la portance du sol qui entraîne la destruction de l'ouvrage. L'amélioration concerne surtout les remblais et la préparation des sols en vue de leur stabilisation.

[0007] On entend par "stabilisation" des sols, l'augmentation des performances mécaniques pour une réutilisation dans les couches supérieures de l'ouvrage : plate-forme supérieure de terrassement, arase de terrassement, couches de forme et couches de chaussées. La stabilisation peut être obtenue sur des matériaux ayant subi la phase d'amélioration par augmentation du dosage en chaux, qui entraîne une réaction avec les composés présents dans les sols ou de syntaxie dans les sols calcaires.

[0008] Le terme de "chaux" représente un ensemble de composés qui sont la chaux vive, principalement composée d'oxyde de calcium, la chaux éteinte ou hydratée, principalement composée d'hydroxyde de calcium, ou une suspension aqueuse fabriquée à base de chaux vive ou de chaux hydratée, par exemple du lait de chaux.

[0009] Pour stabiliser et améliorer les sols secs, les procédés connus à ce jour sont des traitements qui s'effectuent classiquement à la chaux vive ou, dans le cas de sols secs fins comme les limons argileux, le traitement

peut s'effectuer au lait de chaux.

[0010] Pour un sol sec traité à la chaux, le procédé de traitement de sol sec nécessite les étapes suivantes :

- 5 1. une préparation du sol, qui consiste en un fractionnement et un ameublissement du sol compact ;
- 10 2. une pré-humidification du sol, généralement par un arrosage ; cette pré-humidification ayant deux objectifs :
 - a) compenser le déficit hydrique du sol pour l'amener à sa densité optimale ;
 - 15 b) apporter l'eau nécessaire à l'extinction de la chaux et/ou au développement des réactions pouzzolaniques ;
- 20 3. un malaxage du sol afin de répartir l'eau d'apport ; dans de nombreux cas, cette opération est réalisée la veille du traitement à la chaux ;
- 25 4. un épandage de la chaux sur le sol pré-humidifié ;
5. un malaxage du sol avec la chaux ;
- 30 6. un épandage d'eau, afin d'ajuster la teneur à l'optimum pour le type de sol traité ;
7. un malaxage de finition.

[0011] En présence de sols fins, sensibles à l'eau, par exemple les limons argileux, le traitement peut s'effectuer au lait de chaux. Ce type de traitement est par exemple très répandu aux Etats-Unis. Le traitement comprend alors les étapes suivantes :

- 35 1. une préparation du sol, qui consiste en un ameublissement du sol compact ;
- 40 2. une pré-humidification du sol, par arrosage, afin de compenser en partie le déficit hydrique ;
- 45 3. un malaxage du sol, afin de répartir l'eau d'apport ;
4. un épandage du lait de chaux sur le sol pré-humidifié ;
5. un malaxage du sol traité au lait de chaux ;
- 50 6. un épandage d'eau éventuel, afin d'ajuster la teneur à l'optimum pour le type de sol traité ;
7. un malaxage de finition.

[0012] Malheureusement ces deux procédés de traitement respectivement à la chaux ou au lait de chaux présentent de multiples inconvénients, parmi lesquels un

nombre élevé de passages des différents engins, ce qui augmente les coûts et le délai de réalisation et entraîne une forte consommation énergétique.

[0013] Dans les chantiers où les sols sont traités à la chaux vive, la qualité du mélange obtenu est en outre pénalisée par un surdosage d'eau lors de la pré-humidification. Ce surdosage fait passer le sol à l'état plastique, ce qui perturbe la circulation des engins de terrassement et entraîne la formation de grumeaux de chaux, qui ne sont pas répartis dans le sol traité, lors du malaxage du sol. Par ailleurs, l'épandage de chaux pulvérulente peut être générateur de poussières, en cas de vent trop important, et nécessiter l'arrêt du chantier.

[0014] L'apport d'eau par épandage sur le sol provoque aussi des ruissellements sur les sols en pente ainsi que dans les empreintes laissées par le passage des roues des engins d'épandage, entraînant une irrégularité dans les teneurs en eau du sol.

[0015] L'épandage de lait de chaux conduit également à un surdosage d'eau lors de la pré-humidification dans les points où il y a accumulation - dans les ornières des roues des engins, aux bas de pentes... Ce phénomène réduit la portance du sol et perturbe le passage ultérieur des engins de chantier. De surcroît, lors de l'épandage du lait de chaux, le ruissellement sur sol en pente ou dans les ornières des engins conduit également à une irrégularité des teneurs en chaux dans les sols traités.

[0016] De plus, le contrôle de l'épandage est traditionnellement réalisé par le balisage d'une surface sur laquelle doit être épandu le contenu d'un camion citerne. La difficulté d'ajuster le débit à la vitesse de progression du camion conduit fréquemment à ne pas atteindre la balise (surdosage) ou à l'atteindre avant que la citerne ne soit vide (sous-dosage). Cette mauvaise maîtrise du débit épandu pour une surface donnée, entraîne un apport hétérogène de chaux et d'eau sur le sol.

[0017] Il existe aussi dans le domaine de l'agriculture des enfouisseurs d'eau, munis de dents distributrices ou de lames de charruage, également distributrices, et qui permettent un enfouissement de liquides chargés, tels les lisiers, dans les sillons formés dans les sols agricoles. Ces équipements, quant à eux, présentent des limites d'utilisation dans plusieurs domaines. Notamment, ils ne sont pas utilisables sur des sols rocailloux ; en présence de gros blocs (>150 à 200 mm), qui créent une résistance à la pénétration des dents. Un mécanisme incorporé à l'épandeur fait alors sortir les dents du sol et le liquide se retrouve en surface avec tous les problèmes liés au ruissellement. Par ailleurs, leur profondeur d'enfouissement est limitée à environ 15 cm, et l'apport de liquide est limité à 25 à 30 dm³/m².

[0018] Enfin, la distribution transversale du liquide n'est pas régulière sur toute la largeur de passage des engins. Le liquide se retrouve essentiellement au voisinage direct des dents ou lames. Cette hétérogénéité ne sera pas corrigée lors des étapes suivantes du traitement du sol, même pas lors d'un malaxage. En effet, les malaxeurs travaillent le sol dans le sens d'avancement du

matériel et non transversalement.

[0019] Comme équipement de ce type on peut citer celui décrit dans la demande de brevet britannique GB-A-2180431. Dans ce document, le procédé de traitement de sols comprend

- un creusement dans le sol, jusqu'à une profondeur déterminée, de simultanément plusieurs tranchées parallèles, et
- une distribution dans lesdites tranchées d'un liquide de traitement, éventuellement chargé d'une matière en suspension.

Cet équipement présente les mêmes inconvénients que ceux précédemment indiqués.

[0020] Le document DE 94 21 169 U1 divulgue un procédé selon le préambule de la revendication 1. L'invention a pour but de pallier les inconvénients de l'état de la technique en procurant un procédé de traitement de sols secs sensibles à l'eau, qui permette un enfouissement approprié et homogène de liquide de traitement dans le sol, en vue de son amélioration et/ou de sa stabilisation.

[0021] Pour résoudre ce problème, il est prévu suivant l'invention, un procédé comprenant :

un creusement dans le sol, jusqu'à une profondeur déterminée, de simultanément plusieurs tranchées parallèles, chacune desdites tranchées comportant un sillon vertical présentant une première largeur (L₁) et, à ladite profondeur déterminée, un sillon horizontal ayant une deuxième largeur (L₂) supérieure à la première, les sillons horizontaux des tranchées voisines étant au moins latéralement adjacents, et un dépôt dans lesdites tranchées d'une veine continue de liquide, ledit dépôt ayant lieu dans l'ensemble des sillons horizontaux des tranchées sur toute leur largeur,

caractérisé en ce que ledit procédé est un procédé d'amélioration et/ou de stabilisation de sols secs sensibles à l'eau contenant de l'argile, dans lequel ledit dépôt d'une veine continue de liquide est une distribution d'un liquide de traitement, choisi parmi un lait de chaux et une suspension aqueuse à base de chaux,

ledit procédé comprenant en outre un affaissement du sol qui recouvre la veine de liquide de traitement déposée dans les sillons horizontaux avec enfouissement uniforme de celui-ci dans le sol à traiter.

[0022] Par les termes « creusement d'une tranchée ou creusement de tranchées », il faut entendre une formation d'une ou de plusieurs tranchées temporaires, ce qui implique un ameublissement de la terre environnante et a pour conséquence que la tranchée temporaire s'écroule ou s'affaisse rapidement une fois que le liquide de traitement est déposé, cet affaissement permet l'enfouissement uniforme du liquide et il est pratiquement simultané au creusement.

[0023] Par les termes « sillon horizontal ayant une

deuxième largeur L₂ », il faut entendre un tunnel dont la largeur est L₂. Selon l'invention, une veine continue de liquide de traitement est déposée dans le sillon horizontal. Donc dans le tunnel susdit.

[0024] Puis, le procédé comprend un affaissement du sol qui recouvre la veine de liquide de traitement déposée dans le tunnel et celui-ci s'affaisse quasi immédiatement par sa partie supérieure, le liquide de traitement étant enfoui de manière uniforme dans le sol à traiter. Le procédé selon l'invention permet ainsi une dispersion latérale homogène du liquide de traitement puisque les tranchées, dans lesquelles le liquide de traitement est introduit, sont creusées de manière que les sillons horizontaux soient latéralement adjacents ou même se recouvrent éventuellement l'un l'autre et qu'il n'y ait plus d'espace mort non traité ou différemment traité entre deux tranchées voisines.

[0025] Le procédé selon l'invention recourt donc à un système d'enfouissement qui permet d'introduire le liquide de traitement à une profondeur prédéterminée avec une répartition régulière en largeur, ce qui facilite le dosage approprié du liquide de traitement et permet de limiter le nombre de passages d'engins, ce qui réduit considérablement les coûts. Dès lors, en enfouissant le liquide de traitement qui peut être un lait de chaux ou une suspension aqueuse à base de chaux, les risques de surdosage d'eau ou de matière en suspension éventuelle sont éliminés. En effet, l'enfouissement d'un liquide de traitement selon l'invention peut remplacer les étapes d'humidification préalable, de malaxage et d'épandage du lait de chaux, élimine le problème de ruissellement d'eau sur les sols en pente et dans les empreintes des engins et, de cette façon, régularise la teneur en eau du sol.

[0026] Avantagusement, la profondeur prédéterminée d'enfouissement selon l'invention est une profondeur de 20 à 75 cm, de préférence de 35 à 60 cm.

[0027] Dans le domaine de l'amélioration et de la stabilisation de sols secs, par exemple, les couches successives de remblais peuvent atteindre 50 cm de hauteur et une profondeur d'enfouissement, éventuellement supérieure à 50 cm, peut être nécessaire. Dès lors, le procédé selon l'invention prévoit un enfouissement à une profondeur allant de 20 à 75 cm, de préférence de 35 à 60 cm.

[0028] Avantagusement, dans une forme préférée de réalisation selon l'invention, le liquide de traitement présente une teneur en solide allant jusqu'à 1000 g/dm³, de préférence d'environ 400 g/dm³. Comme liquide de traitement, on peut envisager un lait de chaux par exemple.

[0029] Dans d'autres cas de sols, on trouve certains matériaux rocheux compacts, par exemple les pélites qui nécessitent un fractionnement important avant leur traitement pour utilisation en remblai, plate-forme supérieure de terrassement, arase de terrassement, voire couche de forme ou couche de chaussée. A l'état naturel, ces matériaux se présentent sous forme de dalles compac-

tes. Un apport d'eau permet en partie le délitage de ces roches. Cependant, après fractionnement, il subsiste des blocs qui ont une taille allant jusqu'à 600 mm. Cette taille importante rend inadaptés les moyens existants d'apport d'eau. Par ailleurs, un broyage plus fin, nécessaire afin de respecter les spécifications du cahier des charges qui imposent de ne pas dépasser 200 mm pour les arases, est prohibitif en raison du caractère abrasif de ces roches, qui entraîne une usure rapide des équipements.

[0030] Pour cette raison, ces roches doivent, selon l'état antérieur de la technique être évacuées, ce qui nécessite un chargement, un transport et une mise en stock coûteux. Par ailleurs, le matériau rocheux doit être remplacé par un matériau de substitution fin, ce qui complique le traitement du sol et en augmente encore le coût, en raison des nombreux mouvements de matériaux et de l'énergie nécessaire à la réduction granulométrique des roches.

[0031] Afin de résoudre ce problème, le procédé selon l'invention, dans de tels cas de sols, comprend en outre:

- un creusement préalable dans le sol à traiter, jusqu'à une profondeur prédéterminée, de simultanément plusieurs tranchées préalables, comportant un sillon vertical préalable présentant une première largeur et, à ladite profondeur prédéterminée, un sillon horizontal préalable ayant une deuxième largeur supérieure à la première, les tranchées préalables étant creusées parallèlement de façon que les sillons horizontaux préalables soient au moins latéralement adjacents,
- Une distribution d'eau dans l'ensemble des sillons horizontaux préalables sur toute leur largeur, par dépôt dans ceux-ci d'une veine continue d'eau, et
- Un affaissement du sol qui recouvre la veine d'eau déposée dans les sillons horizontaux préalables avec un enfouissement uniforme de l'eau dans le sol à traiter.

[0032] Dès lors, le procédé de traitement selon l'invention permet également de traiter à l'eau ces roches ou ces pélites décrites ci-dessus, directement au départ de roches ayant une taille pouvant atteindre 600 mm. Le procédé permet leur délitage avec de l'eau, évite leur évacuation et leur remplacement par un matériau de substitution. Ce sol pourra ultérieurement être traité au liquide de traitement avec le même système d'enfouissement.

[0033] Pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, on peut prévoir un dispositif, qui ne fait pas partie de l'objet revendiqué, qui comprend :

- un châssis véhiculable,
- au moins deux dents distributrices creuses, et
- un réservoir de liquide de traitement, prévu pour distribuer ledit liquide de traitement à un canal de distribution logé dans chacune des dites dents distributrices. Ce dispositif est caractérisé en ce que

lesdites dents distributrices comprenant chacune:

une partie de support verticale qui relie la dent distributrice au châssis, présente ladite première largeur et comporte ledit canal de distribution, une partie de soc horizontale, comprenant une pointe avant de pénétration dans le sol, et un distributeur arrière qui est pourvu d'un orifice de sortie présentant ladite deuxième largeur supérieure à ladite première largeur et qui communique avec ledit canal de distribution de ladite partie de support, lesdites parties de soc horizontales de dents voisines étant capables de former dans le sol des sillons horizontaux au moins latéralement adjacents et lesdits orifices de sortie étant prévus pour déposer dans les sillons horizontaux une veine continue de liquide de traitement.

[0034] Le dispositif, doté de dents distributrices creuses, incorpore en profondeur le liquide de traitement.

[0035] Le type de dent a dès lors été conçu pour permettre à la partie de soc de rester à la profondeur prédéterminée, même en présence de roches d'une taille supérieure à 600 mm, en particulier en présence de pétilites et d'y distribuer sans débordement en surface, les quantités suffisantes de liquide de traitement, comme par exemple un lait de chaux, jusqu'à des teneurs en solide de 400 g/dm³ voire 1000 g/dm³, lorsque ces suspensions contiennent des agents fluidifiants. Le dispositif sert pour des débits à partir de 20 à 30 dm³/m², mais le débit peut aussi atteindre facilement 90 dm³/m², voire même jusqu'à 300 dm³/m². Ce résultat est obtenu sans risque de bouchage de l'alimentation en liquide de traitement, ni par le solide de la suspension ni par les particules de sols.

[0036] De plus, la conception unique de la partie de soc permet premièrement de remonter les roches de grande taille à la surface du sol fractionné, grâce à sa pointe de pénétration du sol de type soc de charrue, ceci permet ensuite leur délitage et deuxièmement, elle permet une distribution équivalente de liquide de traitement dans chacune des dents au départ du réservoir grâce au distributeur arrière qui présente un orifice de sortie présentant ladite deuxième largeur supérieure à ladite première largeur et qui communique avec ledit canal de distribution de ladite partie de support. Cela nécessite notamment un bon équilibre des pressions entre les alimentations des différentes dents, au départ du réservoir.

[0037] Par "véhiculable", on entend que le châssis peut être poussé ou tracté ou bien encore même être automobile.

[0038] Avantagement, le dispositif comprend un élément de renforcement reliant ladite partie de support et la partie de soc, ce qui permet de résister à un éventuel choc avec des roches d'une taille supérieure à 600 mm, en particulier avec des pétilites, comme décrit ci-dessus.

[0039] Dans une forme de réalisation, le châssis présente une largeur de châssis et les orifices de sorties

desdites dents distributrices reliées audit châssis sont, dans une vue arrière, directement adjacents l'un à l'autre, lesdits orifices de sortie occupant de préférence une largeur au moins équivalente à ladite largeur de châssis.

[0040] Dès lors, les dents sont alignées de telle façon que la largeur couverte par chaque dent soit complémentaire des autres et couvre ainsi sans zone morte, toute la largeur du châssis. On évite ainsi la variation transversale de liquide de traitement enfoui, rencontrée lors du traitement avec des équipements classiques qui n'est traditionnellement pas rectifiée par un passage transversal. Il est prévu que dans une vue en plan, les dents distributrices reliées audit châssis soient placées en quinconce, de manière alignée en au moins deux rangées parallèles. Ceci permet une répartition homogène du liquide de traitement. Il est clair que les orifices de sortie des dents ne peuvent être parfaitement adjacents étant donné l'épaisseur de leur paroi et que dès lors placer les dents en quinconce permet le creusement de sillons parfaitement adjacents. Lorsque des pétilites sont présentes et qu'elles rencontrent une dent distributrice, la roche est déviée latéralement et ne rencontre pas une autre dent puisque les dents sont placées en quinconce. De plus, les dents alignées sur deux rangées resteront bien mieux enfoncées dans le sol lors de l'avancée du châssis véhiculable. Cette disposition réduit le soulèvement éventuel du châssis lors de la progression du dispositif selon l'invention dans un sol à traiter. Pour cette même raison d'équilibrage de la résistance lors de la progression, les dents seront avantageusement au nombre de 5.

[0041] Dans une forme de réalisation, les dents ont une longueur permettant d'enfouir le liquide de traitement à une profondeur de 20 à 75 cm, de préférence de 35 à 60 cm.

[0042] Dès lors, l'enfouissement à la profondeur prédéterminée selon l'invention et la forme des sillons creusés ne posent pas de problème en cas de rencontre de roches d'une taille inférieure à environ 600 mm. Les roches passent entre les sillons verticaux et, puisque les dents ne remontent pas, les sillons horizontaux adjacents restent adjacents et l'épandage reste uniforme. L'enfouissement du liquide de traitement selon l'invention n'est pas dévié de sa trajectoire par des blocs. Le type de sillon permet de rester à la profondeur voulue et d'y distribuer sans débordement en surface, les quantités suffisantes de liquide de traitement.

[0043] Avantagement, chaque canal de distribution est pourvu d'un élément régulateur de débit. L'élément régulateur de débit peut être un diaphragme capable d'ajuster la section de passage de liquide dans le canal de distribution. On obtient ainsi une répartition homogène du débit dans tous les canaux de distribution.

[0044] D'autres formes de réalisation du procédé sont indiquées dans les revendications annexées.

[0045] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront de la description donnée ci-après, à titre non limitatif et en faisant référence aux des-

sins annexés.

[0046] Sur les figures, les éléments identiques ou analogues portent les mêmes références.

[0047] La figure 1 est une vue arrière d'une forme de réalisation préférentielle du dispositif, qui ne fait pas partie de l'objet revendiqué, dans laquelle le châssis comprend cinq dents creuses distributrices enfoncées dans le sol.

[0048] La figure 2 est une vue en élévation de la forme de réalisation illustrée à la figure 1.

[0049] La figure 3 est une vue de profil de la forme de réalisation illustrée à la figure 1.

[0050] Comme on peut le voir à la figure 1, des dents 1 sont fixées sur le châssis 2. Chaque dent comprend une partie de support verticale 3 et une partie de soc horizontale 4. La partie de soc 4 comprend une pointe avant 5 (figure 3) de pénétration dans le sol et un distributeur arrière 6 qui présente un orifice de sortie 6a. Comme susdit, la partie de support 3 de chaque dent 1 comprend un canal de distribution 7 et elle présente une largeur L_1 qui est inférieure à la largeur L_2 des orifices de sortie de la partie de soc de ladite dent. La largeur L_2 est telle que dans une vue arrière (figure 1), les orifices de sortie 6a de liquide de traitement des distributeurs 6 soient directement adjacents l'un à l'autre. Dès lors, sur la largeur de châssis, les orifices de sortie 6a des distributeurs 6 se rejoignent pour permettre le dépôt d'une veine continue de liquide de traitement.

[0051] La partie de support 3 de chaque dent 1 comprend donc un canal de distribution 7 qui communique avec un réservoir (non illustré) de liquide de traitement par l'intermédiaire d'une nourrice de répartition 8 qui permet que le dosage du liquide de traitement soit identique dans chaque dent 1.

[0052] La nourrice de répartition 8 est équipée, dans la forme de réalisation préférentielle illustrée, de cinq sorties 9 raccordées à un tuyau flexible 10 qui vient alimenter le canal de distribution 7 de chaque partie de support 3 de chaque dent creuse distributrice 1.

[0053] Le liquide de traitement, provenant du réservoir arrive dans la nourrice 8 qui le répartit entre les canaux de distribution 7 de chaque dent 1, il s'écoule et pénètre dans la partie de soc horizontale 4 de chaque dent 1, plus précisément dans le distributeur 6, et il est ensuite amené au niveau de l'orifice de sortie 6a de celui-ci. C'est seulement après le passage de l'orifice de sortie 6a dans le sillon horizontal creusé à l'avant par la partie de soc 4 de la dent 1 que le terrain naturel s'affaisse grâce à l'ameublissement de la terre environnante et qu'il vient recouvrir la veine de liquide de traitement déposée. La séquence de creusement de la tranchée, de dépôt de liquide dans les sillons horizontaux adjacents et d'affaissement du sol s'effectue dans cet ordre au fur et à mesure de l'avancement de l'équipement. Néanmoins, en raison de la vitesse d'avancement, on peut dire que ces 3 phases sont presque simultanées.

[0054] Lorsque le débit du liquide de traitement, par exemple de lait de chaux, est inférieur à $100 \text{ dm}^3/\text{m}^2$,

une réduction de la section de passage dans le canal de distribution par un diaphragme 11 peut être intercalée à l'entrée du canal de distribution 7 pour équilibrer le débit sur chaque dent 1. Des diaphragmes interchangeables peuvent être prévus ou encore des diaphragmes à sections ajustables par commande à distance.

[0055] La hauteur de la partie de support peut atteindre 75 cm, de préférence 60 cm, et la hauteur du châssis par rapport au sol permet le passage de blocs de 600 mm (60 cm). Les blocs de 600 mm peuvent dès lors également passer entre les dents.

[0056] Comme on peut le voir à la figure 2, le châssis 2 comprend cinq dents creuses distributrices 1 alignées en deux rangées, en quinconce. Dans cette forme de réalisation, le châssis est supporté par des roues 12.

[0057] La rangée avant comprend deux dents 1 et la rangée arrière en comprend trois. Cette disposition permet une meilleure répartition de l'effort de traction sur le châssis et de maintenir en permanence les dents 1 dans le sol. Eventuellement, on peut ajouter un dispositif de contrepoids latéraux simplement accrochés au châssis pour le maintenir appuyé et pour bien maintenir les dents enfoncées dans le sol.

[0058] A la figure 3, on peut voir plus en détail le profil des dents creuses distributrices 1. La partie de support 3 comprend une plaque de support 14 et une pièce de renforcement 13 attachée par des moyens de fixation 15 appropriés, comme par exemple, des boulons, des vis, des écrous et analogues. Ces moyens de fixations sont situés sur la plaque support 14. Cette pièce de renforcement 13, la rigidité du châssis 2 et les moyens de fixation des dents sur celui-ci permettent de maintenir en permanence les dents dans le sol et renforce le dispositif dans le but de lui conférer une résistance suffisante contre les efforts dus aux roches et aux pélites qu'il pourrait éventuellement rencontrer. Comme on l'a déjà dit ci-avant, la partie de soc 4 est équipée d'une pointe soudée 5 à l'avant qui assure la pénétration dans le sol. Cette pointe de pénétration de sol 5 est remplaçable en cas d'usure.

[0059] L'invention va maintenant être décrite plus en détail au moyen d'exemples non limitatifs qui sont insérés ici uniquement à des fins illustratives.

Exemple comparatif 1

[0060] Un chantier d'autoroute traversant des argiles à silex, sèches, compactes et sensibles à l'eau, nécessite l'enfouissement de lait de chaux à $400 \text{ g}/\text{dm}^3$ pour apporter 30 g d'eau et 20 g de chaux vive par kg de sol, soit 12 kg de chaux au m^2 et 22 dm^3 d'eau au m^2 .

[0061] La procédure classique suivante de traitement du sol a été adoptée.

1. Fractionnement et ameublissement du sol par trois passages successifs d'un fractionneur d'une profondeur de 40 cm, assurant une mouture de 500 à 600 mm.
2. Réduction par broyage de la mouture en surface,

à moins de 150 à 200 mm sur une profondeur de 15 à 20 cm.

3. Enfouissement de lait de chaux par citerne agricole, équipée d'un enfouisseur classique à disque combiné et patte d'oie, à raison de 25 dm³/m², soit 17 g de chaux et 25 g d'eau par kg de sol.

4. Malaxage à 40 cm de profondeur avec une mouture à moins de 30 mm en un passage.

[0062] A l'issue du traitement, des prélèvements de sols ont été effectués afin d'évaluer en laboratoire la qualité du traitement.

[0063] Ce procédé de traitement par équipement traditionnel d'enfouissement a nécessité l'étape 2 de réduction complémentaire de la mouture à moins de 200 mm, afin d'éviter les pertes de lait de chaux, consécutive au soulèvement fréquent des dents de l'enfouisseur.

[0064] Par ailleurs, les essais de laboratoire montrent que la teneur en eau dans le sol est très hétérogène et parfois inférieure au seuil d'alerte, qui est de 95% de la teneur en eau à la densité optimale, voire même du seuil de refus (90% de la teneur en eau à la densité optimale). En effet, la teneur cible en eau est comprise entre 144 g et 177 g par kg de sol. Après un passage de l'enfouisseur traditionnel, la teneur en eau variait entre 119 g et 177 g/kg de sol, montrant des déficits certains par endroit. Par contre, un second passage de l'enfouisseur conduit à des teneurs trop élevées, comprises entre 193 g et 219 g/kg de sol.

[0065] Un seul passage d'enfouisseur ne permet donc pas d'atteindre la teneur en eau recherchée. Certaines valeurs sont trop faibles et ne permettent pas de réceptionner la plate-forme. Le travail doit être repris. Il faudrait donc pouvoir augmenter la quantité enfouie à chaque passage.

[0066] Par ailleurs, on relève la présence de ruissellement en surface au droit des sillons d'enfouissement. La profondeur de pénétration est trop faible ; il faudrait l'augmenter afin de supprimer le ruissellement.

[0067] Enfin, on constate que la dispersion des valeurs de teneur en eau est trop grande, jusqu'à plus de 30% de la valeur ciblée : près de 60 g d'écart par kg de sol (119 g/kg à 177 g/kg) entre les valeurs extrêmes, lors d'un seul passage. La répartition du liquide de traitement dans le sol n'est pas assez régulière.

Exemple comparatif 2

[0068] Un chantier d'autoroute traversant des matériaux évolutifs, du type pélites, roches très compactes qui se délitent toutefois en présence d'eau, nécessite un enfouissement de 50 dm³ d'eau au m², avant traitement à la chaux.

[0069] Pour la réalisation d'une arase de terrassement, la procédure classique suivante de traitement du sol a été adoptée.

1. Fractionnement et ameublissement du sol par un

passage d'un fractionneur d'une profondeur de 40 cm, assurant une mouture à moins de 600 mm.

2. Chargement, évacuation et mise en stock des pélites.

3. Apport du matériau de substitution.

4. Humidification du matériau d'apport par enfouisseur traditionnel.

5. Apport de chaux vive.

6. Malaxage du sol.

7. Ajustement de la teneur en eau.

8. Malaxage du sol.

[0070] Ce procédé de traitement par équipement traditionnel d'enfouissement a nécessité les étapes 2 et 3 d'évacuation des pélites et d'apport d'un matériau de substitution.

[0071] En effet, les équipements traditionnels d'ajout d'eau ne permettent pas de traiter directement la fraction granulométrique allant jusqu'à 600 mm de ces roches (soulèvement des dents...). Par ailleurs, le nombre de passages nécessaires des engins de fractionnement (bulldozers ou compacteurs équipés de dents de fractionnement) pour réduire la taille des roches à moins de 200 mm serait prohibitif. De plus, des roches de grande taille restent enfouies dans les matériaux, rendant impropre le sol à l'usage recherché, exigeant une granulométrie inférieure à 200 mm. Les pélites sont donc évacuées et remplacées par un matériau fin de substitution, ce qui retarde le chantier et augmente considérablement les coûts.

[0072] Il faudrait donc un équipement qui permette d'enfouir l'eau suffisamment profondément dans le sol afin d'entraîner le délitage des pélites dans la masse du sol travaillé. Ce matériel devra permettre de travailler en présence de blocs de taille jusqu'à 600 mm.

Exemple conforme à l'invention 3

[0073] On traite un sol pour la réalisation de l'arase de terrassement d'un chantier d'autoroute, similaire à celui de l'exemple comparatif 2 et comprenant des matériaux du type pélites, très compactes mais se délitant en présence d'eau. On prévoit un enfouissement d'eau avant traitement à la chaux.

[0074] Une procédure de traitement du sol selon l'invention a été adoptée.

1. Fractionnement et ameublissement du sol par un passage d'un fractionneur d'une profondeur de 40 cm, assurant une mouture à moins de 600 mm.

2. Passage d'un compacteur, équipé de dents de fractionnement.

3. Passage d'un équipement, d'enfouissement, qui participe au décompactage du sol et ajoute 20 dm³ d'eau par m². Lors de cette même opération d'enfouissement, les blocs de grande taille sont remontés en surface.

4. Passage d'un compacteur, équipé de dents de

fractionnement ou enlèvement de gros blocs.

5. Enfouissement de lait de chaux avec un équipement, afin d'effectuer un ajout complémentaire de 30 dm³ d'eau par m² et un apport de chaux correspondant à un dosage de 1,5% par rapport à la matière sèche du sol.

6. Malaxage du sol.

[0075] A l'issue du traitement, des prélèvements de sols ont été effectués afin d'évaluer en laboratoire la qualité du traitement.

[0076] Ce procédé de traitement selon l'invention évite tout d'abord les étapes 2 et 3 de l'exemple comparatif 2 d'évacuation des pérites et d'apport d'un matériau de substitution. L'ensemble des étapes 2 à 4 de l'exemple comparatif 2 sont remplacées par une humidification directe des roches grossières au moyen de l'équipement, encadrées par deux opérations de compactage. Le procédé selon l'invention s'avère donc plus simple, plus rapide et moins coûteux, pour les étapes 2 à 4 du procédé.

[0077] Par ailleurs, dans le procédé selon l'invention, l'apport d'eau peut facilement être limité à l'étape 3, en évitant tout risque de ruissellement tout en apportant assez d'eau pour le délitage des roches. En effet, le complément d'eau est apporté en réutilisant l'équipement d'enfouissement pour ajouter un lait de chaux plutôt qu'une chaux vive, comme à l'exemple comparatif 2. En effet, l'équipement d'enfouissement permet d'injecter à la profondeur suffisante (35 à 55 cm) un lait de chaux sans risque de ruissellement, présent à l'exemple comparatif 1, avec un équipement traditionnel. Il n'y a pas de correction hydrique nécessaire après l'étape 6, comme c'est le cas dans la solution traditionnelle, aux étapes 7 et 8 de l'exemple comparatif 2.

[0078] Le procédé de traitement des sols selon l'invention permet donc la valorisation sur place de pérites qui se présentent initialement sous forme de roches compactes, traditionnellement non réutilisées.

[0079] De même, contrairement au traitement traditionnel de l'exemple comparatif 1, le procédé selon l'invention permet de respecter scrupuleusement les teneurs en eau recherchées sur TOUTE la largeur de l'équipement, sans zone morte (zone non traitée). Il n'y a donc pas de dispersion importante des valeurs des teneurs en eau selon l'invention, comme c'était le cas avec l'équipement traditionnel de l'exemple comparatif 1. En effet, la teneur en eau du sol variait à peine de ± 2 g/kg sol, pour une cible de 175 g/kg

[0080] L'équipement d'enfouissement remplit donc plusieurs rôles :

- l'aide au fractionnement du sol ;
- l'apport d'eau dans un sol rocailleux, avec une répartition constante dans le sol ;
- l'enfouissement de la quantité de chaux, nécessaire au traitement du sol.

[0081] Pour un apport d'eau limité à 50 dm³/m², le pro-

céde selon l'invention économise un passage d'enfouisseur (en comparaison avec l'exemple comparatif 1). Par ailleurs, le procédé selon l'invention permet d'éviter l'épandage avec la chaux pulvérulente (en comparaison avec l'exemple comparatif 2) ; il évite également la correction hydrique finale et un passage de malaxage. L'équipement augmente les performances de malaxage, en participant à la réduction de la taille des blocs dans le sol, évite l'usure prématurée ou la rupture des rotors, en permettant l'extraction des blocs de taille importante.

[0082] Il est bien entendu que la présente invention n'est en aucune façon limitée aux formes de réalisations décrites ci-dessus et que bien des modifications peuvent y être apportées sans sortir du cadre des revendications annexées.

Revendications

1. Procédé comprenant :

un creusement dans le sol, jusqu'à une profondeur déterminée, de simultanément plusieurs tranchées parallèles, chacune desdites tranchées comportant un sillon vertical présentant une première largeur (L_1) et, à ladite profondeur déterminée, un sillon horizontal ayant une deuxième largeur (L_2) supérieure à la première, les sillons horizontaux des tranchées voisines étant au moins latéralement adjacents, et un dépôt dans lesdites tranchées d'une veine continue de liquide, ledit dépôt ayant lieu dans l'ensemble des sillons horizontaux des tranchées sur toute leur largeur, ledit procédé est un procédé d'amélioration et/ou de stabilisation de sols secs sensibles à l'eau contenant de l'argile, ledit procédé comprenant en outre un affaissement du sol qui recouvre la veine de liquide de traitement déposée dans les sillons horizontaux avec enfouissement uniforme de celui-ci dans le sol à traiter,

caractérisé en ce que ledit dépôt d'une veine continue de liquide est une distribution d'un liquide de traitement, choisi parmi un lait de chaux et une suspension aqueuse à base de chaux.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la profondeur prédéterminée est une profondeur de 20 à 75 cm, de préférence de 35 à 60 cm.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel le liquide de traitement présente une teneur en solide allant jusque 1000 g/dm³, de préférence d'environ 400 g/dm³.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ladite distribution fournit un débit de 20 dm³/m² à 300 dm³/m² de liquide de traite-

ment.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant, avant ledit creusement, un creusement préalable dans le sol à traiter, jusqu'à une profondeur prédéterminée, de simultanément plusieurs tranchées préalables, comportant un sillon vertical préalable présentant une première largeur (L_1) et, à ladite profondeur prédéterminée, un sillon horizontal préalable ayant une deuxième largeur (L_2) supérieure à la première (L_1), les tranchées préalables étant creusées parallèlement de façon que les sillons horizontaux préalables soient au moins latéralement adjacents, une distribution d'eau dans l'ensemble des sillons horizontaux préalables sur toute leur largeur, par dépôt dans ceux-ci d'une veine continue d'eau, et un affaissement du sol qui recouvre la veine d'eau déposée dans les sillons horizontaux préalables avec enfouissement uniforme de l'eau dans le sol à traiter.

Patentansprüche

1. Verfahren, welches Folgendes umfasst:

ein Graben im Boden, bis zu einer festgelegten Tiefe, von mehreren parallelen Gräben gleichzeitig, wobei jeder der erwähnten Gräben eine vertikale Furche mit einer ersten Breite (L_1) und, auf der erwähnten festgelegten Tiefe, eine horizontale Furche mit einer zweiten Breite (L_2), größer als die Erste, aufweist, wobei die horizontalen Furchen der nebeneinander liegenden Gräben zumindest seitlich aneinander angrenzen, und

ein Ablegen in den erwähnten Gräben einer kontinuierlichen Flüssigkeitsader, wobei das erwähnte Ablegen in alle horizontalen Furchen der Gräben über deren gesamte Breite stattfindet, wobei das erwähnte Verfahren ein Verfahren zur Verbesserung und/oder Stabilisierung von wasserempfindlichen trockenen Böden, welche Lehm enthalten, ist, wobei das erwähnte Verfahren ferner ein Absetzen des Bodens umfasst, welcher die Ader der Behandlungsflüssigkeit, welche in den horizontalen Furchen abgelegt wurde, bedeckt, mit deren gleichförmigem Eingraben im zu behandelnden Boden,

dadurch gekennzeichnet, dass das erwähnte Ablegen einer kontinuierlichen Flüssigkeitsader eine Verteilung einer Behandlungsflüssigkeit ist, ausgewählt aus einer Kalkmilch und einer wässrigen Suspension auf Grundlage von Kalk.

2. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die vorab fest-

gelegte Tiefe eine Tiefe von 20 bis 75 cm ist, bevorzugt von 35 bis 60 cm.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, in dem die Behandlungsflüssigkeit einen Gehalt an Feststoffen von bis zu 1.000 g/dm^3 aufweist, bevorzugt von ungefähr 400 g/dm^3 .

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erwähnte Verteilung eine Abflussmenge von $20 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ bis $300 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ Behandlungsflüssigkeit liefert.

5. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, welches, vor dem erwähnten Graben, Folgendes umfasst:

ein vorangehendes Graben im zu behandelnden Boden, bis zu einer vorab festgelegten Tiefe, von mehreren vorangehenden Gräben gleichzeitig, welche eine vorangehende vertikale Furche mit einer ersten Breite (L_1) und, auf der erwähnten vorab festgelegten Tiefe, eine vorangehende horizontale Furche mit einer zweiten Breite (L_2), größer als die Erste, aufweisen, wobei die vorangehenden Gräben so parallelgegraben werden, dass die vorangehenden horizontalen Furchen zumindest seitlich aneinander angrenzend sind,

eine Verteilung von Wasser in allen vorangehenden horizontalen Furchen über deren gesamte Breite, durch Ablegen einer kontinuierlichen Wasserader in diesen, und

ein Absetzen des Bodens, welcher die Wasserader, welche in den vorangehenden horizontalen Furchen abgelegt wurde, bedeckt, mit gleichförmigem Eingraben des Wassers im zu behandelnden Boden.

Claims

1. Method comprising:

digging in the ground, up to a predetermined depth, of simultaneously a plurality of parallel trenches, each of said trenches comprising a vertical furrow having a first width (L_1) and, at said predetermined depth, a horizontal furrow having a second width (L_2) greater than the first, the horizontal furrows of the neighbouring trenches being at least laterally adjacent, and deposition, in said trenches, of a continuous stream of liquid, said deposition taking place in all of the horizontal furrows of the trenches over their entire width,

said method is a method for improving and/or stabilising dry ground sensitive to water contain-

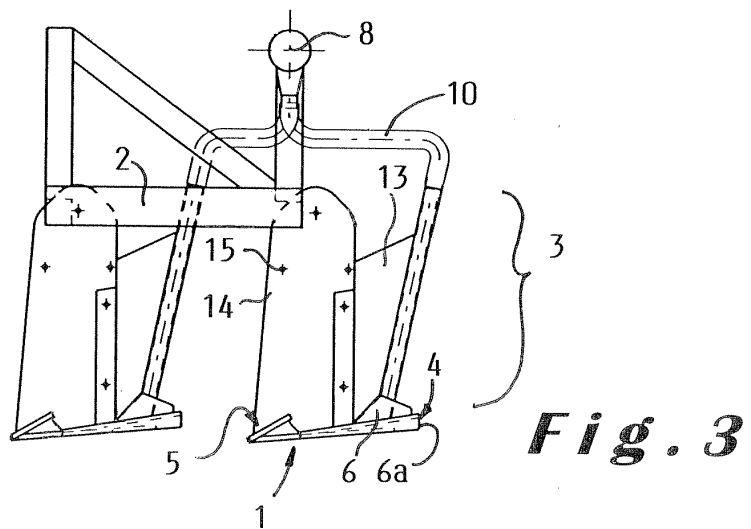
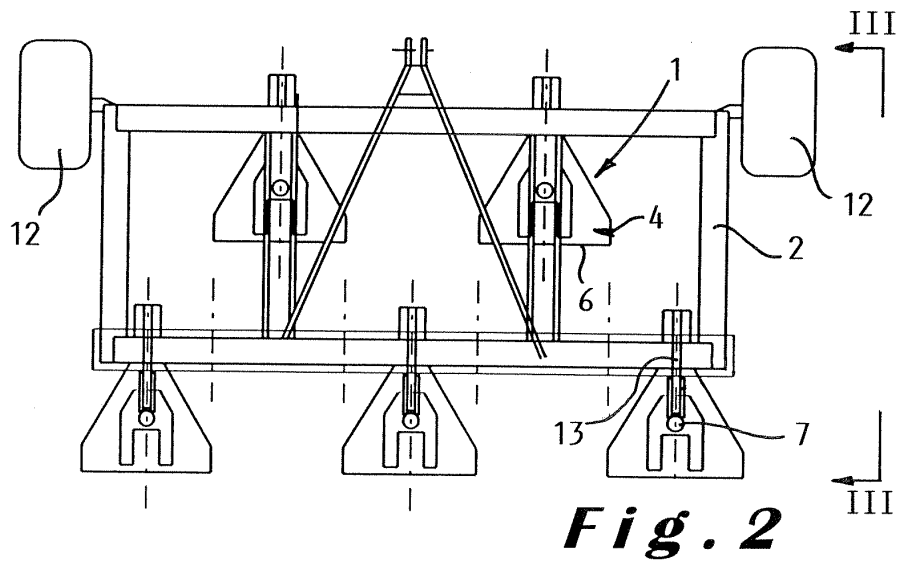
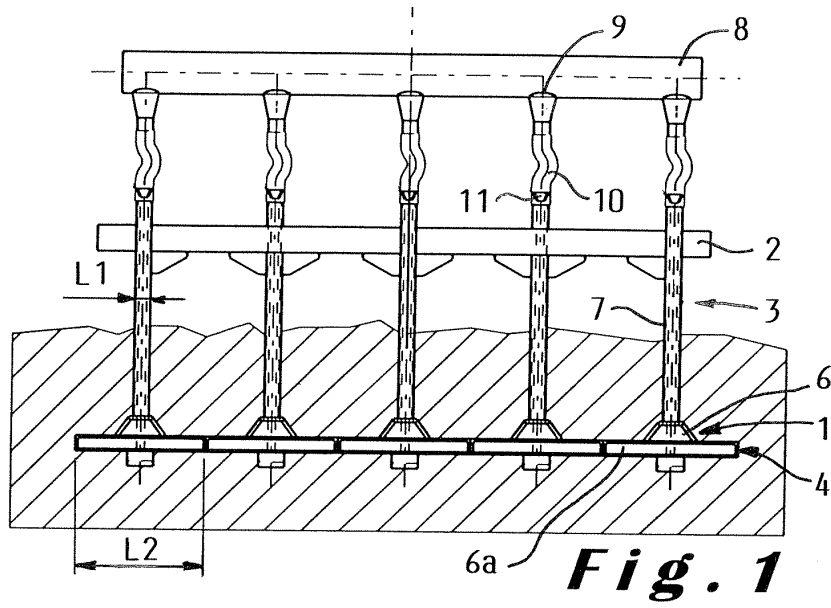
- ing clay,
 said method further comprising collapse of the
 ground that covers the stream of treatment liquid
 deposited in the horizontal furrows with uniform
 burial of the latter in the ground to be treated, 5
characterised in that said deposition of a con-
 tinuous stream of liquid is a distribution of a treat-
 ment liquid, chosen from a milk of lime and an
 aqueous suspension containing lime. 10
2. Method according to claim 1, wherein the predeter-
 mined depth is a depth of 20 to 75 cm, preferably 35
 to 60 cm.
3. Method according to one of claims 1 and 2, wherein 15
 the treatment liquid has a solid content of up to 1000
 g/dm³, preferably of approximately 400 g/dm³.
4. Method according to one of claims 1 to 3, **charac-** 20
terised in that said distribution provides a flow rate
 from 20 dm³/m² to 300 dm³/m² of treatment liquid.
5. Method according to any one of claims 1 to 4, com-
 prising, before said digging, 25
 prior digging in the ground to be treated, up to a pre-
 determined depth, of simultaneously a plurality of
 prior trenches, comprising a prior vertical furrow hav-
 ing a first width (L_1) and, at said predetermined
 depth, a horizontal furrow having a second width (L_2)
 greater than the first (L_1), the prior furrows being dug 30
 in parallel in such a way that the prior horizontal fur-
 rows are at least laterally adjacent,
 distribution of water into all of the prior horizontal
 furrows over their entire width, via deposition of a
 continuous stream of water into said prior horizontal 35
 furrows, and
 collapse of the ground that covers the stream of wa-
 ter deposited in the prior horizontal furrows with uni-
 form burial of the water in the ground to be treated. 40

40

45

50

55



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- GB 2180431 A [0019]
- DE 9421169 U1 [0020]