

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/069478 A1

(43) Date de la publication internationale
15 avril 2021 (15.04.2021)

(51) Classification internationale des brevets :

B09C 1/08 (2006.01) *C04B 28/04* (2006.01)
C04B 28/02 (2006.01) *C04B 28/08* (2006.01)
C04B 28/06 (2006.01) *C04B 111/00* (2006.01)

européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2020/078078

(22) Date de dépôt international :

07 octobre 2020 (07.10.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR1911106 07 octobre 2019 (07.10.2019) FR

(71) Déposant : **HOLCIM TECHNOLOGY LTD** [CH/CH] ;
Grafenauweg 10, 6300 ZUG (CH).

(72) Inventeurs : **HOANG, Le-Chien** ; HOLCIM TECHNOLOGY LTD, Innovation Process and IP Management, Im Schachen, 5113 HOLDERBANK (CH). **TAPSOBA, Nouf-fou** ; HOLCIM TECHNOLOGY LTD, Innovation Process and IP Management, Im Schachen, 5113 HOLDERBANK (CH). **SERCLERAT, Ivan** ; HOLCIM TECHNOLOGY LTD, Innovation Process and IP Management, Im Schachen, 5113 HOLDERBANK (CH).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU** ; 20, rue de Chazelles, 75847 PARIS CEDEX 17 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17(ii))

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

(54) Title: METHOD FOR TREATING SOIL CONTAMINATED WITH HYDROCARBONS, IN PARTICULAR WITH POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS

(54) Titre : PROCÉDÉ DE TRAITEMENT D'UN SOL POLLUÉ PAR DES HYDROCARBURES, NOTAMMENT DES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

(57) Abstract: The present invention relates to a method for treating soil contaminated with hydrocarbons, in particular with polycyclic aromatic hydrocarbons, characterised in that it comprises at least one step of working the soil with, by weight of soil: - from 0.1 to 12% of activated carbon; - from 0.1 to 10% of hydraulic binder, the total content of activated carbon and of hydraulic binder in particular ranging between 0.5 and 15%.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de traitement d'un sol pollué par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une étape de malaxage du sol avec, en poids de sol : - de 0,1 à 12% de charbon actif, - de 0,1 à 10% de liant hydraulique, la teneur totale en charbon actif et en liant hydraulique étant notamment comprise entre 0,5 et 15%.



WO 2021/069478 A1

PROCÉDÉ DE TRAITEMENT D'UN SOL POLLUÉ PAR DES HYDROCARBURES, NOTAMMENT DES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

La présente invention concerne un procédé de traitement de sol pollué par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une étape de malaxage du sol avec du charbon actif et du liant hydraulique, ainsi que le produit susceptible d'être obtenu par ledit procédé. La présente invention concerne également une composition de traitement de sol pollué par des hydrocarbures comprenant du charbon actif et du liant hydraulique, et l'utilisation de ladite composition pour le traitement d'un sol pollué par des hydrocarbures.

La pollution des sols est généralement le fait de l'activité minière, pétrolière ou d'autres activités industrielles comme la sidérurgie, la cokerie, la chimie.

Le recensement des sols pollués et la caractérisation des polluants mettent en évidence leur contamination par des polluants tels que les métaux lourds, les sulfates, les solvants halogénés, et les hydrocarbures.

La dépollution des sols est une demande croissante et s'accompagne d'enjeux forts en termes de santé publique et de protection de l'environnement.

Le relargage des polluants solubles suite à leur contact avec l'eau expose à un risque de pollution potentiel important pour l'environnement lors du stockage court terme ou définitif, ou la réutilisation des sols contaminés.

Pour limiter ce risque, la mise en décharge de sols contaminés nécessite au préalable d'abaisser la classe de dangerosité de ces sols.

Abaisser la classe de dangerosité peut également permettre de réemployer les sols ainsi traités, par exemple dans des sous couches routières ou dans des remblais.

Abaisser la classe de dangerosité de sols contaminés revient à abaisser le taux d'agents polluants lixiviables dans l'eau.

En particulier, lors de travaux de construction, le constructeur est tenu de traiter les sols excavés avant de le mettre en décharge.

Des liants hydrauliques sont déjà utilisés pour le traitement de déchets ou sols contaminés.

Les polluants anioniques, tel que les sulfates, ou les métaux lourds, présents dans le sol contaminé, peuvent être piégés durant le processus d'hydratation d'un liant hydraulique mélangé au sol à traiter et à de l'eau. Ces éléments peuvent être piégés dans des hydrates de type C-S-H (silicate de calcium hydraté) ou sulfoalumineux de type ettringite ou monosulfoaluminates de calcium. Certains éléments peuvent aussi être stabilisés sous forme d'hydroxydes.

Dans la demande de brevet français FR3077998, la société Vicat décrit l'utilisation d'une composition comprenant un clinker sulfoalumineux pour le traitement de sols pollués aux sulfates. En particulier, la composition du clinker sulfoalumineux a été optimisée de sorte à ce que celui-ci ne relargue pas (ou moins) de chrome qu'un clinker sulfoalumineux standard lors du traitement du sol.

Dans la demande de brevet français FR2990363, la société Ciments français décrit l'utilisation d'une composition comprenant un clinker sulfoalumineux dont la composition a été optimisée pour augmenter leur efficacité pour le traitement de sols pollués aux sulfates et/ou aux métaux lourds.

Dans ces liants, les polluants anioniques tels que les sulfates ou les métaux lourds présents dans le sol contaminé sont piégés durant le processus d'hydratation d'un liant hydraulique mélangé au sol à traiter et à de l'eau. Ces éléments peuvent être piégés dans des hydrates de type C-S-H (silicate de calcium hydraté) ou sulfoalumineux de type ettringite ou monosulfoaluminates de calcium. Certains éléments peuvent aussi être stabilisés sous forme d'hydroxydes.

Les sols peuvent également être pollués par des hydrocarbures, en particulier des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

En particulier, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont générés lors de la combustion incomplète de matières organiques. Ils peuvent être produits lors de combustions naturelles comme les incendies de forêt, les feux de brousse ou les éruptions volcaniques ou anthropiques comme les gaz d'échappement des moteurs à explosion et la fumée de cigarette.

Les normes environnementales pour considérer qu'un sol est pollué en hydrocarbures sont de plus en plus strictes. Le tableau suivant rassemble les valeurs limites acceptables en France.

[Table 1]

Réglementations Française : (a) Arrêté du 12-12-2014 (b) Guide BRGM/RP-51216-FR octobre 2001, version 2 « Gestion des sites (potentiellement) et évaluation simplifiée des risques			
HAP	Valeur limite pour déchets inertes (a) (mg/kg de déchet sec)	VCI (Valeur de Constat d'Impact) sol à usage sensible : Résidentiel avec culture d'un jardin potager (b) (mg/kg de sol sec)	VCI (Valeur de Constat d'Impact) sol à usage non sensible : industriel (ou commercial), avec travail en plein air (exemples : travaux de construction etc.), pour la moitié de l'exposition, et industriel avec une activité de type bureau pour l'autre moitié du temps d'exposition (b) (mg/kg de sol sec)
Hydrocarbures (C10-C40)	500	Non spécifié	Non spécifié
Dibenzo(a,h)anthra cène	Non spécifié	13,9	252
Naphthalène	Non spécifié	46	Pas de valeur limite
Anthracène	Non spécifié	Pas de valeur limite	Pas de valeur limite
Fluoranthène	Non spécifié	6100	Pas de valeur limite
Chrysène	Non spécifié	10350	25200
Benzo(a)pyrène	Non spécifié	7	25
Benzo(k)fluoranthè ne	Non spécifié	900	2520
Indeno (1,2,3- c,d)pyrene	Non spécifié	16,1	252

Réglementations Française :			
(a) Arrêté du 12-12-2014			
(b) Guide BRGM/RP-51216-FR octobre 2001, version 2 « Gestion des sites (potentiellement) et évaluation simplifiée des risques			
Total HAPs	50	Non spécifié	Non spécifié

VCI (Valeur de Constat d'Impact) sol à usage sensible : Résidentiel avec culture d'un jardin potager

5 VCI (Valeur de Constat d'Impact) sol à usage non sensible : industriel (ou commercial), avec travail en plein air (exemples : travaux de construction etc.), pour la moitié de l'exposition, et industriel avec une activité de type bureau pour l'autre moitié du temps d'exposition

10 Le but de l'invention est de proposer un procédé de traitement d'un sol pollué par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques, ledit procédé étant efficace, économique, facile à mettre en œuvre sur le site d'excavation des sols (i.e. ne nécessitant pas le transfert des sols sur un autre lieu) ou bien sur le site de décharge, et permettant d'abaisser significativement la teneur en hydrocarbures desdits sols.

15 Un autre but de l'invention est de fournir une composition présentant une bonne réactivité lorsqu'elle est mélangée au sol pollué à un sol pollué aux hydrocarbures, ce qui permet de limiter les coûts de dépollution.

Ces buts sont atteints par l'invention qui va être décrite ci-après.

20 L'invention a pour premier aspect un procédé de traitement d'un sol pollué par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une étape de malaxage du sol avec, en poids de sol :

- de 0,1 à 12%, de préférence de 0,25 à 5%, de charbon actif,
- de 0,1 à 10%, de préférence de 0,25 à 5%, de liant hydraulique,

25 la teneur totale en charbon actif et en liant hydraulique étant notamment comprise entre 0,5 et 15%, avantageusement entre 1 et 12%, de préférence entre 1 et 7%, et de préférence encore entre 2 et 5%.

Le rapport massique liant hydraulique / charbon actif est préférablement compris entre 0,2 et 9, préférentiellement entre 0,5 et 9, préférentiellement encore entre 1 et 4.

30 Le rapport massique peut ainsi être compris entre 1 et 9, préférentiellement entre 0,5 et 4, ou bien entre 0,2 et 4, avantageusement entre 0,2 et 3, avantageusement encore entre 0,2 et 1.

Au sens de la présente invention, un procédé de traitement d'un sol pollué en hydrocarbure est un procédé qui permet d'abaisser la classe de dangerosité en hydrocarbure dudit sol, par conversion des hydrocarbures sous une forme moins mobile, moins toxique.

- 5 Le procédé de traitement permet avantageusement de piéger les hydrocarbures chimiquement et/ou physiquement au sein d'un matériau solide comprenant notamment du sol et un liant hydraulique durci.

Dans la présente invention le terme « sol » désigne un matériau plus ou moins friable constitué en majorité de terre et/ou de sable dans toutes les proportions possibles.

- 10 Avantageusement, le sol contient de 3 à 50%, de préférence 3 à 40%, de préférence 3 à 35%, de préférence de 3 à 20%, de préférence encore 3 à 15% de poids en eau. La teneur pondérale en matière sèche et en eau d'un sol est typiquement mesurée par méthode gravimétrique, conformément à la norme NF ISO 11465 (A) d'août 1994.

- 15 Dans la présente invention, le terme « hydrocarbure » désigne un ou des composé(s) organique(s) constitué(s) d'atomes de carbone et d'hydrogène, de formule brute C_nH_m où n et m sont deux entiers naturels liquides ou solides à température ambiante. Les hydrocarbures peuvent être de n'importe quelle nature et de n'importe quelle origine. Ces hydrocarbures peuvent par exemple provenir de l'activité d'usines telles que des usines de raffinage ou des cokeries, ou bien de fuites de pipeline, d'accidents maritimes de transport de pétrole, d'accidents terrestres de transport de carburants. Les hydrocarbures peuvent notamment être linéaires, de préférence de C_{10} à C_{40} (i.e. $n=10$ à 40), ou bien aromatiques polycycliques.

- Dans la présente invention, l'expression « hydrocarbures aromatiques polycycliques » (HAP) désigne des hydrocarbures constitués de plusieurs cycles benzéniques arrangés notamment de façon linéaire, angulaire ou en amas. On distingue les HAP alternants formés exclusivement de cycles benzéniques et les HAP non alternants composés d'au moins un cycle à 4 carbones ou plus. Les HAP sont constitués exclusivement composés de carbone et d'hydrogène bien que l'oxygène, le soufre et/ou l'azote peuvent se substituer au carbone dans au moins un cycle benzénique pour former des substances aromatiques hétérocycliques, communément regroupées avec les HAP. Les HAP suivants sont bien connus comme polluants de sol : Naphtalène (NAF), Acénaphène (ACE), Acénaphthylène (ACY), fluorène (FLE), Anthracène (ANT), Phénanthrène (FEN), Fluoranthène (FLA), Pyrène (PYR), Beuzo[a]anthracène (BaA), Chrysène (CRY), Beuzo[b]fluoranthène (BbF), Benzo[k]fluoranthène (Bkf), Dibenzo[a,h]anthracène (dBA), Benzo[a]pyrène (BaP), Benzol [g,h,i]pérylène (GHI), Indéno[1.2.3]pyrène (IdP).
- 25
- 30
- 35

Dans la présente invention, l'expression « sol pollué au hydrocarbures » désigne un sol comprenant plus de 50 mg/kg d'hydrocarbures. Les dosages en hydrocarbures linéaires de C10-C40 sont typiquement conformes à la norme NF EN ISO 16703 (A) d'août 2011 et ceux relatifs aux HAP sont typiquement conformes à la norme NF ISO 18287 (A) d'août 2006.

Charbon actif

Dans la présente invention, l'expression « charbon actif » désigne un matériau constitué essentiellement de matière carbonée à structure poreuse, de préférence microporeuse et/ou mésoporeuse présentant une surface spécifique supérieure élevée, typiquement supérieure à 100 m²/g, 250 m²/g, ou encore 400 m²/g.

Le charbon actif utilisé pour la mise en œuvre de la présente invention peut être de n'importe quelle origine, et peut notamment être greffé avec des fonctions chimiques supplémentaires et/ou traité thermiquement. Les charbons actifs obtenus par pyrolyse lente du bois sont cependant préférentiellement exclus du domaine de l'invention.

Le charbon actif utilisé présente avantageusement une surface spécifique supérieure ou égale à 500 m²/g, et est de préférence comprise entre 450 et 1500 m²/g.

La surface spécifique est mesurée par la technique basée sur la théorie Brunauer, Emmett et Teller (BET) conformément à ISO 9277:2010 de Septembre 2010.

Le charbon actif utilisé peut-être sous forme d'une poudre ayant préférentiellement un D50 compris entre 5 et 100 µm, de préférence encore entre 10 et 40 µm.

Dans un mode de réalisation particulier, la densité apparente du charbon actif utile dans l'invention, telle que mesurée conformément à la norme ASTM D2854-09(2019) de septembre 2019, est comprise entre 400 et 600 kg/m³.

Dans un mode de réalisation particulier, la teneur en cendres du charbon actif utile dans l'invention, telle que mesurée conformément à la norme ASTM D2866-11(2018) de novembre 2018, est comprise entre 10 et 20% en poids total de charbon actif.

Liant hydraulique

Au sens de la présente invention, un liant hydraulique est un liant qui se forme et durcit par réaction chimique avec de l'eau. Les formules des oxydes communément rencontrés dans le domaine des liants hydrauliques sont également abrégées avec une seule lettre, comme suit : C représente CaO, A représente Al₂O₃, F représente Fe₂O₃, S représente SiO₂, \$ représente SO₃, M représente MgO, et T représente TiO₂.

L'utilisation d'un liant hydraulique dans le procédé de traitement de la présente invention est avantageuse notamment en ce qu'en cours du traitement, le liant hydraulique absorbe de l'eau puis se durcit, formant ainsi une matrice dans lequel se trouve enchâssé le charbon actif qui renferme lui-même les hydrocarbures adsorbés. Ainsi, l'utilisation d'un liant hydraulique permet d'encapsuler le charbon actif et d'empêcher totalement ou partiellement le relargage d'hydrocarbures par le charbon actif lors du stockage du sol traité.

En outre, ce durcissement permet de consolider le mélange et d'immobiliser le charbon actif. Ainsi, le mélange peut facilement être manipulé et transporté (notamment par voie terrestre) sans que le charbon actif ayant adsorbé les hydrocarbures ne puisse s'envoler et devenir à son tour une source de pollution.

Dans un mode de réalisation de l'invention, le liant hydraulique est un ciment courant tel que défini dans la norme NF EN 197-1 d'avril 2012, de préférence un ciment type CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV ou CEM V tel que défini dans la norme NF EN 197-1 d'avril 2012. Ainsi, dans le cas où le liant utilisé est un ciment CEM I, il est préférable que le sol soit malaxé avec, en poids de sol :

- de 0,1 à 12%, de préférence de 0,25 à 5%, de charbon actif,
- de 0,1 à 10%, de préférence de 0,25 à 5%, de ciment CEM I,

la teneur totale en charbon actif et en ciment CEM I étant notamment comprise entre 0,5 et 15%, avantageusement entre 1 et 12%, de préférence entre 1 et 7%, et de préférence encore entre 2 et 5%.

Avantageusement, le liant hydraulique est un ciment de type CEM III A, B ou C, c'est-à-dire un ciment dit de haut-fourneau obtenu grâce au mélange d'un clinker Portland avec 30 à 90% en poids, de préférence 36 à 95 % en poids de laitier de haut-fourneau. En effet, le laitier de haut-fourneau fixe les hydrocarbures avec une réactivité latente et donc une plus grande stabilité dans le temps.

Dans ce cas, il est préférable que le sol soit malaxé avec, en poids de sol :

- de 1% à 5%, de charbon actif ;
- de 0,25 à 5% de ciment CEM III A, B ou C,

la teneur totale en charbon actif et en ciment CEM I étant comprise entre 2 et 5%.

Le ciment CEM III préféré est le CEM III A ou le CEM III B.

Dans un autre mode de réalisation, le liant hydraulique est un ciment sulfo-alumineux. Il est bien connu dans le domaine des liants hydrauliques qu'il existe différents types de ciments sulfo-alumineux distingués selon leur composition en termes de phases

minéralogiques. Un ciment sulfo-alumineux alitique contient simultanément de la ye'elimite et de l'alite (C3S), mais sans bélite. Un ciment sulfo-alumineux ye'elimitique est constitué d'un mélange de ye'elimite (environ 15-50 % en poids), de sulfosilicate de calcium ou sulfopurrite et d'anhydrite, mais ne contient pas d'alite. Un ciment sulfoalumineux bélite

5 contient majoritairement les phases ye'elimite et de bélite et ne comprennent pas ou une teneur en alite inférieure ou égale à 5 % en masse, ou n'ayant pas d'alite. Ainsi, dans un mode de réalisation particulier, le liant hydraulique de l'invention peut être un clinker sulfo-alumineux comprenant plus de 50% en masse de phase Yeelimite, de 5 à 10% en masse de phase bélite, et de 1 à 5% en masse de chaux libre CaO, tel que celui développé par la

10 société VICAT et décrit dans la demande de brevet français FR3077998, ou bien un clinker sulfo-alumineux comprenant 5 à 60% en masse de sulfoaluminate de calcium éventuellement dopé en fer, 0 à 25% en masse d'aluminoferrite calcique et 20 à 70% en masse de phase bélite, tel que celui développé par la société CEMENTS FRANÇAIS et décrit dans la demande de brevet français FR2990363.

15 Dans le cas où le liant utilisé est un clinker sulfo-alumineux, il est préférable que le sol soit malaxé avec, en poids de sol :

- de 0,1 à 12%, de préférence de 0,25 à 5%, de charbon actif,

- de 0,1 à 10%, de préférence de 0,25 à 5%, de clinker sulfo-alumineux,

la teneur totale en charbon actif et en clinker sulfo-alumineux étant notamment comprise

20 entre 0,5 et 15%, avantageusement entre 1 et 12%, de préférence entre 1 et 7%, et de préférence encore entre 2 et 5%.

Dans un autre mode de réalisation, le liant hydraulique est un ciment d'aluminates de calcium tel que ceux définis dans la norme NF EN 14647 de décembre 2006.

Le principal constituant d'un ciment d'aluminates de calcium est l'aluminate monocalcique

25 ($\text{CaO Al}_2\text{O}_3$). Ses autres constituants sont les aluminoferrites de calcium, le silicate bicalcique et le silico-aluminate de calcium. Par exemple, le ciment alumineux est un ciment alumineux de la gamme TERNAL® commercialisé par la société IMERYS ALUMINATES.

Dans le cas où le liant utilisé est un ciment d'aluminates de calcium, il est préférable que

30 le sol soit malaxé avec, en poids de sol :

- de 0,1 à 12%, de préférence de 0,25 à 5%, de charbon actif,

- de 0,1 à 10%, de préférence de 0,25 à 5%, de ciment d'aluminates de calcium,

la teneur totale en charbon actif et en ciment d'aluminates de calcium étant notamment comprise entre 0,5 et 15%, avantageusement entre 1 et 12%, de préférence entre 1 et 7%,

35 et de préférence encore entre 2 et 5%.

Le liant est avantageusement choisi parmi un ciment CEM I tel que défini dans la norme NF EN 197-1 d'avril 2012, un ciment CEM III A, B ou C comprenant entre 30% et 90% en poids de laitier de haut-fourneau broyé, un ciment sulfo-alumineux ou un ciment d'aluminates de calcium.

5

Ajout du charbon actif et du liant hydraulique

Dans un mode de réalisation, le liant hydraulique et le charbon actif sont ajoutés simultanément au sol, éventuellement sous la forme d'une composition telle que définie dans le troisième aspect de l'invention. Avantageusement, le procédé de traitement selon l'invention comprend au moins les étapes successives suivantes :

10

- a) fournir le sol ;
- b) ajouter concomitamment au sol le liant hydraulique et le charbon actif, éventuellement sous la forme d'une composition telle que définie dans le troisième
- 15 objet de l'invention ;
- c) malaxer le mélange de l'étape b) ;
- d) optionnellement, une étape de durcissement.

15

Dans un autre mode de réalisation, le charbon actif et le liant hydraulique sont ajoutés séparément au sol, une étape de malaxage pouvant optionnellement être intercalée les deux étapes d'ajouts. Le charbon actif est préférentiellement ajouté en premier. Avantageusement, le procédé de traitement selon l'invention comprend au moins les étapes successives suivantes :

20

- a) fournir le sol ;
- 25 b) ajouter séparément le charbon actif et le liant hydraulique au sol, une étape de malaxage pouvant optionnellement être intercalée ces deux ajouts, le charbon actif étant préférentiellement ajouté en premier ;
- c) malaxer le mélange de l'étape b) ;
- d) optionnellement, une étape de durcissement.

25

30

Avantageusement, le sol est traité en utilisant uniquement le charbon actif et le liant hydraulique, et éventuellement de l'eau.

Autrement dit, la mise en œuvre du procédé de l'invention ne nécessite avantageusement pas l'utilisation d'autres produits de cure, qu'ils soient solides ou liquides, organiques ou

35 minéraux.

35

La mise en œuvre des étapes de malaxages et de durcissement sont détaillées ci-après.

Malaxage

- 5 Au sens de la présente invention, l'action de malaxage consiste à mélanger le sol, le charbon actif et le liant hydraulique par rotation dans un contenant qui contient de préférence une vis de malaxage, par exemples une vis d'Archimède, ou au moins une pâle. On peut utiliser tout type de malaxeur, en particulier de malaxeur industriel, notamment un malaxeur fonctionnant en continu ou en discontinu. Le malaxeur peut être ouvert ou fermé.
- 10 Le malaxage peut par exemple être réalisé à l'aide d'un malaxeur à béton (e.g. bétonnière) fixe ou mobile (e.g. camion malaxeur).
- L'étape de malaxage peut durer entre 1 minute et 2 heures, par exemple entre 1 minutes et 30 minutes, ou encore entre 30 et 2 heures, selon le volume de mélange à malaxer. Un temps de repos peut éventuellement être observé à l'issue d'une étape de malaxage.
- 15 Le procédé de l'invention peut également comprendre une étape d'ajout d'eau de sorte ajuster la teneur en eau du sol à traiter avant l'étape de malaxage. Cet ajout peut également être réalisé pendant l'étape de malaxage. Par exemple, la teneur en eau du sol peut être ajustée de sorte à ce que le sol entrant dans l'étape de malaxage contienne de 3 à 50%, de préférence de 3 à 40%, de préférence de 3 à 35%, de préférence de 3 à 20%,
- 20 de préférence encore 3 à 15% de poids en eau.

Phase de durcissement

- Le procédé de l'invention comprend de préférence une étape de durcissement du mélange
- 25 malaxé de liant hydraulique, de charbon actif et de sol.
- Cette phase de durcissement peut par exemple durer de 15 minutes à 30 jours, selon le volume malaxé, et ne nécessite pas d'intervention particulière, comme par exemple l'adjonction d'un produit de cure.
- Cette phase de durcissement peut se dérouler à une température comprise entre 0 et 40°C.
- 30 De manière très avantageuse, cette étape de durcissement peut se dérouler sur le site même où a eu lieu le malaxage ou bien après transport du mélange malaxé sur un site de stockage.

Résultat

- 35 À l'issue du procédé de traitement selon l'invention, le sol traité contient au plus 10 à 4000 mg d'hydrocarbures, en particulier de HAP, par kg de sol sec par exemple au plus

3000 mg, de préférence 2000 mg/kg, de préférence encore 1000 mg/kg d'hydrocarbures par kg de sol traité.

En particulier, la teneur en HAPs totale du sol pollué à l'issue du procédé de l'invention est de préférence comprise entre 50 et 2000 mg/kg de sol sec, de préférence est inférieure à

5 1000 mg/kg, 750 mg/kg, 500 mg/kg de sol sec.

Produit obtenu par le procédé

10 Selon un second aspect, l'invention concerne un produit susceptible d'être obtenu à l'issue du procédé de l'invention, caractérisé en ce qu'il comprend du sol, un liant hydraulique durci et du charbon actif tels que définis ci-dessus.

Composition de traitement de sol

15 Selon un troisième aspect, l'invention concerne une composition pour le traitement de sols pollués par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques, comprenant, en % en poids :

- entre 10 et 80% d'un liant hydraulique, de préférence entre 50 et 80%, d'un liant hydraulique tel que défini dans le premier aspect de l'invention ;

20 - entre 10 et 80% de charbon actif, de préférence entre 10 et 30%, de charbon actif tel que défini dans le premier aspect de l'invention.

La composition comprend avantageusement entre 70 et 80%, de préférence entre 70 et 75% en poids de liant hydraulique et/ou entre 20 et 30%, de préférence entre 25 et 30% en poids de charbon actif.

25 La composition peut également avantageusement comprendre entre 10 et 30%, de préférence entre 20 et 30%, de préférence encore entre 25 et 30% en poids de liant hydraulique et/ou entre 50 et 80%, de préférence entre 70 et 80%, de préférence entre 70 et 75% en poids de charbon actif.

30 Dans un mode de réalisation, ladite composition comprend un ciment Portland tel que défini dans la norme NF EN 197-1 d'avril 2012, un ciment CEM III, de préférence un ciment CEM III A, B ou C comprenant entre 30% et 90% en poids de laitier de haut-fourneau broyé, un ciment sulfo-alumineux ou un ciment d'aluminates de calcium, de préférence un ciment au laitier de type CEM III comprenant entre 340% et 90% en poids de laitier de haut-fourneau
35 broyé.

Selon un quatrième aspect, l'invention concerne l'utilisation de la composition de traitement de sol telle que définie dans le troisième aspect de l'invention pour le traitement d'un sol pollué par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

5

EXEMPLES

Liants utilisés

[Table 2]

Nature du liant	Type de liant	Fournisseur
CEM I 52,5N SPLC	Ciment Portland	LafargeHolcim - Usine de Saint Pierre La Cour
CEM III A LM	Ciment Portland au laitier de haut-fourneau	LafargeHolcim - Usine de La Malle
TERNAL TEP (TEP)	Ciment d'aluminates de calcium (CAC) Ternal	IMERYS

10

Méthodes d'analyses

La teneur en eau et en matière du sol a été déterminée selon la méthode décrite dans la norme NF ISO 11465(A) d'août 1994. L'expression matière sèche de sol est abrégée « MS ».

15 Le dosage des hydrocarbures linéaires de C10 à C40 dans le sol a été réalisé par chromatographie en phase gazeuse selon la méthode décrite dans la norme NF EN ISO 16703 d'août 2011.

Le dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans le sol a été réalisé par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse (CG-SM), selon la méthode décrite dans la norme NF ISO 18287(A) d'août 2006.

20

La surface spécifique BET des différentes poudres est mesurée comme suit. On prélève un échantillon de poudre de masse comprise de 0,3 g à 0,75 g pour une surface BET estimée à plus de 15 m²/g. On utilise une cellule de 9 cm³. On pèse l'ensemble de la cellule de mesure (cellule + tige en verre). Puis on ajoute l'échantillon dans la cellule. On pèse l'ensemble (cellule + tige en verre + échantillon). On met en place la cellule de mesure sur un poste de dégazage et on dégaze l'échantillon. La pression à atteindre est de 25 à

25

30 mTorr. La durée pour atteindre cette pression dépend de la nature de l'échantillon, de la quantité de matière et du nombre de cellules installées sur le poste de dégazage. L'étape de dégazage permet de débarrasser la surface de l'échantillon de toute adsorption (H_2O , CO , CO_2 , ...). La masse de l'échantillon est obtenue par soustraction de la masse de la cellule à la masse de la cellule + échantillon dégazé.

On effectue ensuite l'analyse de l'échantillon après l'avoir mis en place sur le poste de mesure. L'analyseur est le Tristar II 3020, commercialisé par la société Micromeritics. La mesure repose sur l'adsorption d'azote par l'échantillon à une température donnée, ici la température de l'azote liquide soit $-196^\circ C$. L'appareil mesure la pression de la cellule de référence dans laquelle l'adsorbat est à sa pression de vapeur saturante et celle de la cellule de l'échantillon dans laquelle des volumes connus d'adsorbat sont injectés. La courbe résultant de ces mesures est l'isotherme d'adsorption. Dans le processus de mesure, la connaissance du volume mort de la cellule est nécessaire : une mesure de ce volume est donc réalisée avec de l'hélium avant l'analyse.

La masse de l'échantillon calculée précédemment est entrée en tant que paramètre. La surface BET est déterminée par le logiciel par régression linéaire à partir de la courbe expérimentale. Les trois échantillons ci-dessous sont mesurés régulièrement afin de servir de référence pour l'appareil :

[Table 3]

	Moyenne BET (m^2/g)	Ecart type
Alumine BCR $1,05m^2/g$	1,02	0,02
Omyacoat 850	9,38	0,04
Carbone $30,6 \pm 0,75m^2/g$	30,4	0,25

Sols étudiés

Dans le cadre des essais réalisés au laboratoire, différents sols ont été prélevés de divers chantiers de constructions. Leurs caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous. Les sols SN1 et SN2 sont fortement contaminés, alors que le sol SSL l'est peu. Nous pouvons constater que les sols sont effectivement contaminés par des composés organiques et que la teneur en benzo(a)pyrène des échantillons SN2 sont supérieures à la valeur limite donnée dans l'Arrêté du 12-12-2014.

[Table 4]

Paramètre	Unité	Méthode	SN1	SN2	SSL
Matière sèche	% du sol reçu	NF ISO 11465(A)	92,0	96,9	95,9
Hydrocarbures linéaires C10-C40	mg/kg MS	NF EN ISO 16703(A)	1200,0	1400,0	385,0
Hydrocarbures linéaires C10-C12	mg/kg MS	NF EN ISO 16703(A)	<20	<70	<40
Hydrocarbures linéaires C12-C16	mg/kg MS	NF EN ISO 16703(A)	26,5	43,0	<40
Hydrocarbures linéaires C16-C21	mg/kg MS	NF EN ISO 16703(A)	320,0	450,0	125,0
Hydrocarbures linéaires> C21-C35	mg/kg MS	NF EN ISO 16703(A)	820,0	835,0	230,0
Hydrocarbures linéaires C35-C40	mg/kg MS	NF EN ISO 16703(A)	39,0	<70	<40
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	2,6	4,3	1,3
HAP - Acenaphtylène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	0,7	<0,5	<0,5
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	4,1	8,6	2,4

Paramètre	Unité	Méthode	SN1	SN2	SSL
HAP - Fluorène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	3,1	6,9	1,9
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	27,5	59,0	16,5
HAP - Anthracène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	11,0	15,5	4,1
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	85,5	108,5	27,5
HAP - Pyrène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	77,0	82,5	22,0
HAP - Benzo(a) anthracène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	63,5	61,5	17,0
HAP - Chrysène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	74,0	59,5	14,5
HAP - Benzo(b) fluoranthène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	108,0	91,0	22,0
HAP - Benzo(k) fluoranthène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	37,0	31,0	9,0
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	63,5	62,0	17,0
HAP - Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	<12	<12	<3,5
HAP - Indéno(123- cd) pyrène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	38,0	39,5	10,5

Paramètre	Unité	Méthode	SN1	SN2	SSL
HAP - Benzo(ghi) perylène	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	38,5	37,0	9,9
Total HAP	mg/kg MS	NF ISO 18287(A)	633,8	667,0	174,6

MS = matière sèche du sol

HAP = Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Liste des adsorbants étudiés

Différents adsorbants ont été étudiés et leur efficacité à traiter les polluants organiques a été mesurée.

5

[Table 5]

Adsorbant	Fournisseur
Norit SAE/2 SUPER (charbon actif AC1)	Norit
EcoSorb XP15 (charbon actif AC2)	Jacobi CARBONS
AquaSorb MP23 (charbon actif AC3)	Jacobi CARBONS
OXPURE® 325B-7 (charbon actif AC4)	OXBOW
OXPURE® 325A-5 (charbon actif AC5)	OXBOW
Omnim Carb (Charbon de bois BIOCHAR)	CARBO France
Cendres de foyer de chaudière à bois WA	ENGIE

Les différents échantillons de charbon actif et leurs caractéristiques sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

10

[Table 6]

Référence	Nom commercial	Fournisseur
AC1	Norit SAE/2 SUPER	Norit Electronic

Référence	Nom commercial	Fournisseur
AC2	EcoSorb XP15	Jacobi CARBONS
AC3	AquaSorb MP23	Jacobi CARBONS
AC4	OXPURE® 325B-7	OXBOW
AC5	OXPURE® 325A-5	OXBOW

[Table 7]

Paramètre	Méthode de mesure	Unité	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
Indice d'iode	ASTM D4607	mg iode/g	1050	600	850	650-710	500-550
Surface total (B.E.T)	Décrite ci-dessus	m ² /g	1150	650	900	680	530
Densité apparente	ASTM D2854	kg/m ³	425	458 (silo) 610 (tassée)	300 (silo) 460 (tassée)	500	500

Procédé laboratoire de traitement des sols pollués

- 5 Les sols ont été traités au laboratoire selon le protocole suivant :
Introduire 600 g de sol sec dans le bol d'un malaxeur PERRIER,
Introduire 29,4 g d'eau du robinet
Phase de mélange 1 : Mélanger à vitesse lente pendant 1 minute puis arrêter l'agitation
Introduire l'absorbant minéral (liant hydraulique + adsorbant)
- 10 Phase de mélange 2 :
Mélanger à vitesse lente pendant 1 minute puis arrêter l'agitation
Mélanger manuellement en prenant soin de racler les bords du bol
Mélanger à vitesse lente pendant 1 minute puis arrêter l'agitation
Curer le sol traité à 20°C dans un sac hermétique en plastique pendant 1 semaine

Exemple 1 - Traitement de sols pollués par du charbon actif (non conforme à l'invention)

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus lorsque les sols sont traités uniquement par le charbon actif AC1.

Les pourcentages donnés en ligne 2 sont exprimés en pourcentage massique de la matière sèche du sol.

Les résultats montrent que l'utilisation du charbon actif AC1 seul permet de réduire la teneur totale en HAP, et plus le dosage en charbon actif AC1 est important, plus la réduction en HAP est importante. Il est ainsi possible de réduire plus de 50% à 65% de la teneur totale en HAP, lorsque le de charbon actif AC1 est utilisé jusqu'à un dosage de 3,0%.

[Table 8]

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN2	SN1	SN1	SN1	SN1	SN2
Traitement		-	-	0,5% AC1	1,0% AC1	2,0% AC1	3,0% AC1	3,0% AC1
Matière sèche du sol	% du sol reçu	92,0	96,9	88,4	88,0	89,0	88,7	89,0
Hydrocarbures linéaires C10-C40	mg/kg MS	1200,0	1400,0	1500	1600	900	570	850
Hydrocarbures linéaires C10-C12	mg/kg MS	<20	<70	<40	<40	<40	<20	<40
Hydrocarbures linéaires C12-C16	mg/kg MS	26,5	43,0	<40	<40	<40	41	<40

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN2	SN1	SN1	SN1	SN1	SN2
Hydrocarbures linéaires C16-C21	mg/kg MS	320,0	450,0	400	410	250	190	290
Hydrocarbures linéaires > C21-C35	mg/kg MS	820,0	835,0	1000	1100	580	320	470
Hydrocarbures linéaires C35-C40	mg/kg MS	39,0	<70	52	58	<40	<20	<40
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	2,6	4,3	2,0	2,2	1,5	3,4	1,9
HAP - Acenaphtylène	mg/kg MS	0,7	<0,5	0,60	0,60	0,49	0,50	<0,5
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	4,1	8,6	3,3	3,6	2,5	5,4	4,6
HAP - Fluorène	mg/kg MS	3,1	6,9	2,3	2,5	1,6	2,9	3,6
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	27,5	59,0	21	22	13	21	28
HAP - Anthracène	mg/kg MS	11,0	15,5	9,0	7,7	3,8	6,2	5,8
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	85,5	108,5	74	70	42	57	47
HAP - Pyrène	mg/kg MS	77,0	82,5	61	60	38	52	37

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN2	SN1	SN1	SN1	SN1	SN2
HAP - Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	63,5	61,5	43	38	19	19	18
HAP - Chrysène	mg/kg MS	74,0	59,5	78	52	25	25	16
HAP - Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	108,0	91,0	78	75	47	37	28
HAP - Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	37,0	31,0	25	23	13	9,0	9,0
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	63,5	62,0	46	41	21	15	16
HAP - Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	<12	<12	<6,4	<5,9	<3,4	<1,7	<4,1
HAP - Indéno(123-cd)pyrène	mg/kg MS	38,0	39,5	32	28	12	6,8	9,2
HAP - Benzo(ghi)perylène	mg/kg MS	38,5	37,0	29	26	13	8,9	10
Total HAP	mg/kg MS	633,8	667,0	504,8	451,9	254,8	269,7	234,4

Exemple 2 - Traitement de sols pollués par les charbons de bois (non conforme à l'invention)

- 5 Les résultats regroupés dans le tableau ci-dessous montrent que le traitement de sols pollués par les charbons actifs WA et BIOCHAR n'est pas efficace. Les mesures montrent par ailleurs que l'utilisation de ces matériaux augmente la teneur totale en HAP.

Les charbons de bois WA et BIOCHAR sont obtenus par un procédé de pyrolyse lente du bois, dit par étouffement. Cette méthode de combustion n'est pas complète et il reste des résidus d'hydrocarbures que l'on retrouve dans le sol traité.

- 5 Ce type de charbon n'est pas adapté à la présente invention.

[Table 9]

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
Traitement		-	2%WA	3%WA	5%WA	2% BIOCH- AR	3% BIOCH- AR	4% BIOC- HAR
Matière sèche du sol	% du sol reçu	92,0	88,3	88,1	87,9	88,7	89,1	88,9
Hydrocarbures linéaires C10-C40	mg/kg MS	1200,0	1100	1500	1300	1100	1200	1300
Hydrocarbures linéaires C10-C12	mg/kg MS	<20	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Hydrocarbures linéaires C12-C16	mg/kg MS	26,5	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Hydrocarbures linéaires C16-C21	mg/kg MS	320,0	290	390	270	300	290	290
Hydrocarbures linéaires > C21-C35	mg/kg MS	820,0	800	980	850	770	850	970

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
Hydrocarbures linéaires C35-C40	mg/kg MS	39,0	<40	51	55	<40	<40	48
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	2,6	5,0	5,7	2,7	4,1	2,9	2,7
HAP Acenaphtylène	mg/kg MS	0,7	0,79	0,95	0,72	0,86	0,59	0,72
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	4,1	7,1	8,1	4,6	6,2	4,7	4,2
HAP - Fluorène	mg/kg MS	3,1	4,8	6,0	3,2	4,4	3,3	2,9
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	27,5	44	49	30	39	30	29
HAP - Anthracène	mg/kg MS	11,0	15	18	10	15	10	11
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	85,5	105	125	75	98	73	83
HAP - Pyrène	mg/kg MS	77,0	87	100	65	89	63	72
HAP - Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	63,5	82	85	58	79	56	73
HAP - Chrysène	mg/kg MS	74,0	89	94	65	97	65	83

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
HAP - Benzo(b) fluoranthène	mg/kg MS	108,0	147	136	110	135	104	124
HAP - Benzo(k) fluoranthène	mg/kg MS	37,0	48	48	36	47	35	43
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	63,5	87	84	66	82	63	73
HAP - Dibenzo(ah) anthracène	mg/kg MS	<12	<15	<15	<13	<14	<12	<14
HAP - Indéno(123-cd) pyrène	mg/kg MS	38,0	61	58	48	56	46	54
HAP - Benzo(ghi) perylène	mg/kg MS	38,5	58	54	46	52	43	51
HAPs totaux	mg/kg MS	633,8	841,0	872,0	619,8	805,8	599,9	706,1

Exemple 3 - Traitement de sols pollués par un liant hydraulique alumineux

L'ajout de 2,5% de charbon actif AC1 couplé à 1% de TEP permet de réduire significativement la teneur totale en HAP, puisqu'on mesure au final moins de 300 mg/kg de matière sèche, soit une diminution d'environ 60%.

[Table 10]

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
Traitement		-	2%TEP	1,5% AC1+ 1%TEP	0,5% AC1+ 2%TEP	1%AC1 + 1%TEP	2,5% AC1+ 1%TEP
Matière sèche du sol	% du sol reçu	92,0	89,4	88,6	89,0	88,5	88,5
Hydrocarbures linéaires C10-C40	mg/kg MS	1200,0	1100	1100	1200	1400	660
Hydrocarbures linéaires C10-C12	mg/kg MS	<20	<20	<20	<20	<20	<100
Hydrocarbures linéaires C12-C16	mg/kg MS	26,5	60	25	33	31	<100
Hydrocarbures linéaires C16-C21	mg/kg MS	320,0	310	350	330	340	190
Hydrocarbures linéaires > C21-C35	mg/kg MS	820,0	660	680	850	950	420
Hydrocarbures linéaires C35-C40	mg/kg MS	39,0	28	28	55	55	<100
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	2,6	2,3	2,5	2,2	1,9	1,8
HAP - Acenaphtylène	mg/kg MS	0,7	0,72	1,1	0,57	<0,5	0,67

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	4,1	4,1	4,3	3,5	2,8	3,5
HAP - Fluorène	mg/kg MS	3,1	2,8	2,9	2,6	2,0	1,9
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	27,5	25	26	25	20	18
HAP - Anthracène	mg/kg MS	11,0	8,1	10	8,2	7,1	5,0
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	85,5	78	124	66	66	47
HAP - Pyrène	mg/kg MS	77,0	64	113	54	56	40
HAP - Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	63,5	47	61	46	44	18
HAP - Chrysène	mg/kg MS	74,0	51	77	48	50	23
HAP - Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	108,0	78	113	80	79	40
HAP - Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	37,0	25	36	26	25	11
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	63,5	44	62	48	44	17
HAP - Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	<12	3,5	<9,3	<16	<15	<3,3

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
HAP - Indéno(123-cd) pyrène	mg/kg MS	38,0	28	43	28	26	7,8
HAP - Benzo(ghi) perylène	mg/kg MS	38,5	27	42	33	31	11
HAPs totaux	mg/kg MS	633,8	488,0	717,6	471,0	454,6	245,1

[Table 11]

Echantillon de sol	Unité	SN2	SN2	SN2	SN2
Traitement		-	2,5%AC1 +0,75%TEP	2,5%AC1 +0,5%TEP	2,5%AC1 +1%TEP
Matière sèche du sol	% du sol reçu	96,9	88,1	88,3	89,1
Hydrocarbures linéaires C10-C40	mg/kg MS	1400,0	1100	1000	1100
Hydrocarbures linéaires C10-C12	mg/kg MS	<70	<20	<40	<40
Hydrocarbures linéaires C12-C16	mg/kg MS	43,0	36	<40	<40

Hydrocarbures linéaires C16- C21	mg/kg MS	450,0	340	310	340
Hydrocarbures linéaires> C21- C35	mg/kg MS	835,0	650	600	660
Hydrocarbures linéaires C35- C40	mg/kg MS	<70	42	45	52
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	4,3	3,0	2,6	2,6
HAP - Acenaphtylène	mg/kg MS	<0,5	0,64	<0,5	<0,5
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	8,6	6,6	5,8	5,9
HAP - Fluorène	mg/kg MS	6,9	4,9	4,3	4,4
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	59,0	41	35	36
HAP - Anthracène	mg/kg MS	15,5	9,3	7,4	7,7
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	108,5	78	65	68
HAP - Pyrène	mg/kg MS	82,5	64	51	55
HAP - Benzo(a) anthracène	mg/kg MS	61,5	34	27	30

HAP - Chrysène	mg/kg MS	59,5	32	25	29
HAP - Benzo(b) fluoranthène	mg/kg MS	91,0	59	43	51
HAP - Benzo(k) fluoranthène	mg/kg MS	31,0	19	14	16
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	62,0	33	25	29
HAP - Dibenzo(ah)anth racène	mg/kg MS	<12	<6,6	<6,3	<7,0
HAP - Indéno(123-cd) pyrène	mg/kg MS	39,5	19	16	17
HAP - Benzo(ghi) perylène	mg/kg MS	37,0	23	17	19
HAPs totaux	mg/kg MS	667,0	426,2	337,1	370,8

Exemple 4 - Traitement de sols pollués par un liant minéral Portland de type CEM I

5

Les essais rassemblés dans le tableau ci-dessous montrent que l'utilisation d'un ciment Portland de type CEM I pour traiter un sol pollué permet de réduire la teneur en HAP, mais moins efficacement que l'association d'un liant Portland avec un charbon actif.

10 [Table 12]

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN2	SN1	SN2	SN2	SN2
Traitement		-	-	3% CEM I SPLC	6% CEM I SPLC	10% CEM I SPLC	1% AC1 + 10% CEM I SPLC
Matière sèche du sol	% du sol reçu	92,0	96,9	89,8	89,7	91,6	90,8
Hydrocarbures linéaires C10- C40	mg/kg MS	1200,0	1400,0	1300	4700	5300	1300
Hydrocarbures linéaires C10- C12	mg/kg MS	<20	<70	<40	<100	<100	<40
Hydrocarbures linéaires C12- C16	mg/kg MS	26,5	43,0	<40	190	170	<40
Hydrocarbures linéaires C16- C21	mg/kg MS	320,0	450,0	280	1700	1700	390
Hydrocarbures linéaires> C21- C35	mg/kg MS	820,0	835,0	950	2700	3300	810
Hydrocarbures linéaires C35- C40	mg/kg MS	39,0	<70	53	130	170	51
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	2,6	4,3	1,4	5,2	4,1	<5,0

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN2	SN1	SN2	SN2	SN2
HAP - Acenaphtylène	mg/kg MS	0,7	<0,5	<0,5	0,57	<0,5	<5,0
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	4,1	8,6	2,3	10	9,1	5,8
HAP - Fluorène	mg/kg MS	3,1	6,9	1,8	8,4	6,9	<5,0
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	27,5	59,0	17	75	59	43
HAP - Anthracène	mg/kg MS	11,0	15,5	6,7	19	16	11
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	85,5	108,5	57	134	109	77
HAP - Pyrène	mg/kg MS	77,0	82,5	50	95	84	61
HAP - Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	63,5	61,5	43	57	56	42
HAP - Chrysène	mg/kg MS	74,0	59,5	51	67	58	46
HAP - Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	108,0	91,0	91	96	83	62
HAP - Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	37,0	31,0	29	37	32	23
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	63,5	62,0	51	72	62	41

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN2	SN1	SN2	SN2	SN2
HAP - Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	<12	<12	<17	<12	<11	<9,0
HAP - Indéno(123-cd)pyrène	mg/kg MS	38,0	39,5	31	38	33	25
HAP - Benzo(ghi)perylène	mg/kg MS	38,5	37,0	36	42	35	25
HAPs totaux	mg/kg MS	633,8	667,0	468,8	755,8	646,7	461,8

Exemple 5 - Traitement de sols pollués par un liant minéral Portland au laitier de haut-fourneau de type CEM III

- 5 Les résultats présentés dans le tableau ci-dessous montrent que l'association d'un ciment de type CEM III A permet de réduire significativement la teneur en HAP dans le sol pollué : les teneurs finales, dans le cas du sol contaminé SN1 sont toutes inférieures à 400 mg/kg de matière sèche du sol. Les meilleures performances mesurées correspondent à une réduction de 43% de la teneur totale en HAP, avec un dosage en charbon actif de 2% et
- 10 de CEM III A LM de 2%.

Les résultats obtenus avec le sol contaminé SN2 sont aussi positifs et ici les meilleures performances sont obtenues avec l'association de CEM III A à un dosage de 3% et le charbon actif à un dosage de 2%.

15

[Table 13]

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
Traitement		-	1,5%AC1+ 1%CEM III A LM	3%AC1 + 1%CEM III A LM	2%AC1+ 2%CEM III A LM	2%AC1+ 3%CEM III A LM
Matière sèche du sol	% du sol reçu	92,0	88,4	89,0	90,2	90,5
Hydrocarbures linéaires C10-C40	mg/kg MS	1200,0	1000	1100	840	860
Hydrocarbures linéaires C10-C12	mg/kg MS	<20	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures linéaires C12-C16	mg/kg MS	26,5	32	24	<20	<20
Hydrocarbures linéaires C16-C21	mg/kg MS	320,0	280	260	220	230
Hydrocarbures linéaires > C21-C35	mg/kg MS	820,0	670	750	580	570
Hydrocarbures linéaires C35-C40	mg/kg MS	39,0	35	36	23	28
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	2,6	3,7	1,8	<5,0	<5,0

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
HAP - Acenaphtylène	mg/kg MS	0,7	0,90	0,60	<5,0	<5,0
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	4,1	5,8	3,7	<5,0	<5,0
HAP - Fluorène	mg/kg MS	3,1	3,8	2,0	<5,0	<5,0
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	27,5	32	19	20	22
HAP - Anthracène	mg/kg MS	11,0	10	5,5	6,7	7,1
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	85,5	80	60	53	56
HAP - Pyrène	mg/kg MS	77,0	67	54	45	52
HAP - Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	63,5	48	31	32	34
HAP - Chrysène	mg/kg MS	74,0	62	39	40	41
HAP - Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	108,0	84	82	64	64
HAP - Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	37,0	28	22	22	23
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	63,5	49	28	33	34

Echantillon de sol	Unité	SN1	SN1	SN1	SN1	SN1
HAP - Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	<12	<7,9	<5,1	<7,0	<7,0
HAP - Indéno(123-cd)pyrène	mg/kg MS	38,0	36	12	18	18
HAP - Benzo(ghi)perylène	mg/kg MS	38,5	34	17	21	21
HAPs totaux	mg/kg MS	633,8	543,8	378,8	355,9	372,8

[Table 14]

Echantillon de sol	Unité	SN2	SN2	SN2	SN2	SN2
Traitement		-	3% AC1 +1% CEM III A LM	3% AC1 +2% CEM III A LM	3% AC1 +0,5% CEM III A LM	1% AC1 +10% CEM III A LM
Matière sèche du sol	% du sol reçu	96,9	89,4	88,9	88,6	90,3
Hydrocarbures linéaires C10- C40	mg/kg MS	1400,0	910	1000	1100	1200
Hydrocarbures linéaires C10- C12	mg/kg MS	<70	<40	<40	<20	<40

Echantillon de sol	Unité	SN2	SN2	SN2	SN2	SN2
Hydrocarbures linéaires C12-C16	mg/kg MS	43,0	<40	<40	45	<40
Hydrocarbures linéaires C16-C21	mg/kg MS	450,0	310	330	400	370
Hydrocarbures linéaires > C21-C35	mg/kg MS	835,0	500	630	670	760
Hydrocarbures linéaires C35-C40	mg/kg MS	<70	<40	48	43	48
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	4,3	5,0	2,8	4,3	<5,0
HAP - Acenaphtylène	mg/kg MS	<0,5	0,75	<0,5	0,77	<5,0
HAP - Acenaphtène	mg/kg MS	8,6	6,4	6,1	8,5	6,6
HAP - Fluorène	mg/kg MS	6,9	5,4	4,3	6,1	<5,0
HAP - Phenanthrène	mg/kg MS	59,0	45	35	49	44
HAP - Anthracène	mg/kg MS	15,5	7,5	7,2	10	11
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	108,5	72	65	91	81

Echantillon de sol	Unité	SN2	SN2	SN2	SN2	SN2
HAP - Pyrène	mg/kg MS	82,5	57	52	73	64
HAP - Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	61,5	26	26	35	43
HAP - Chrysène	mg/kg MS	59,5	23	24	32	41
HAP - Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	91,0	41	42	59	65
HAP - Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	31,0	13	13	19	25
HAP - Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	62,0	23	25	32	42
HAP - Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	<12	<5,7	<5,9	<6,2	<11
HAP - Indéno(123-cd)pyrène	mg/kg MS	39,5	13	15	18	27
HAP - Benzo(ghi)perylène	mg/kg MS	37,0	16	16	21	27
HAPs totaux	mg/kg MS	667,0	355,0	331,9	459,0	477,3

Exemple 6 - Traitement d'un sol faiblement pollué par un liant minéral Portland au laitier de haut-fourneau de type CEM III

Les résultats rassemblés dans le tableau ci-dessous montrent que l'association d'un ciment Portland de type CEM III A avec un charbon actif est efficace pour traiter des sols faiblement contaminés par des HAP.

5 [Table 15]

Echantillon de sol		SSL	SSL	SSL	SSL	SSL
Traitement	Unité	-	+1,0% AC3 +1,0% CEM III A LM	+2,5% AC3 +1,0% CEM III A LM	+3% AC3 +1,0% CEM III A LM	+3,5% AC3 +1,0% CEM III A
Matière sèche	% mass MB	95,7	89,5	89,9	89,5	90,0
Indice hydrocarbure C10-C40	mg/kg MS	340	44	39	<20	<20
Hydrocarbures > C10-C12	mg/kg MS	<40	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures > C12-C16	mg/kg MS	<40	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures > C16-C21	mg/kg MS	110	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures > C21-C35	mg/kg MS	200	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures > C35-C40	mg/kg MS	<40	<20	<20	<20	<20
HAP - Naphtalène	mg/kg MS	1,3	0,88	1,6	0,50	0,42

Echantillon de sol		SSL	SSL	SSL	SSL	SSL
HAP - Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HAP - Acénaphthène	mg/kg MS	2,4	1,5	2,1	0,87	0,79
HAP - Fluorène	mg/kg MS	1,8	0,85	1,2	0,51	0,43
HAP - Phénanthrène	mg/kg MS	16	5,1	6,8	2,9	2,2
HAP - Anthracène	mg/kg MS	3,8	1,2	1,8	0,64	0,47
HAP - Fluoranthène	mg/kg MS	27	6,1	7,0	3,1	2,0
HAP - Pyrène	mg/kg MS	21	4,5	5,1	2,2	1,4
HAP - Benzo(a) anthracène	mg/kg MS	16	1,8	1,9	0,75	0,37
HAP - Chrysène	mg/kg MS	14	1,5	1,6	0,65	0,31
HAP - Benzo(b) fluoranthène	mg/kg MS	21	1,6	1,4	0,73	0,27
HAP - Benzo(k) fluoranthène	mg/kg MS	8,5	0,65	0,63	0,29	0,11
HAP - Benzo(a) pyrène	mg/kg MS	16	0,92	0,91	0,37	0,14

Echantillon de sol		SSL	SSL	SSL	SSL	SSL
HAP - Dibenzo(ah) anthracène	mg/kg MS	<3,4	<0,17	<0,16	<0,08	<0,05
HAP - Indéno(123-cd) pyrène	mg/kg MS	10	0,45	0,42	0,18	0,07
HAP - Benzo(ghi) pérylène	mg/kg MS	9,7	0,42	0,41	0,18	0,07
Total HAP	mg/kg MS	168,5	27,5	32,9	13,9	9,1

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement d'un sol contenant 3 à 50% de poids en eau pollué par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques,
5 caractérisé en ce qu'il comprend au moins une étape de malaxage du sol avec, en poids de sol :
 - de 0,1 à 12% de charbon actif,
 - de 0,1 à 10% de liant hydraulique,la teneur totale en charbon actif et en liant hydraulique étant notamment comprise
10 entre 0,5 et 15%.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel le rapport massique liant hydraulique / charbon actif est compris entre 0,2 et 9, préférentiellement entre 0,5 et 9, préférentiellement encore entre 1 et 4.
15
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le charbon actif a une surface spécifique supérieure à 100 m²/g, préférentiellement 250 m²/g, encore plus préférentiellement 400 m²/g, et est optionnellement greffé avec des fonctions chimiques supplémentaires et/ou optionnellement traité
20 thermiquement.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le liant hydraulique est choisi parmi un ciment Portland tel que défini dans la norme NF EN 197-1 d'avril 2012, un ciment CEM III comprenant entre 30% et 90% en
25 poids de laitier de haut fourneau broyé, un ciment sulfo-alumineux ou un ciment d'aluminates de calcium.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le liant hydraulique et le charbon actif sont ajoutés simultanément au sol.
30
6. Procédé selon l'une des revendication 1 à 4, dans lequel le charbon actif et le liant hydraulique sont ajoutés séparément au sol, le charbon actif étant préférentiellement ajouté en premier.
- 35 7. Produit obtenu à l'issue du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend du sol, un liant durci et du charbon actif.

8. Composition pour le traitement de sols pollués par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques, comprenant, en % en poids :
- entre 10 et 80% d'un liant hydraulique,
 - entre 10 et 80% de charbon actif.

5

9. Composition selon la revendication 8, caractérisé en ce que le liant hydraulique est un liant choisi parmi un ciment Portland tel que défini dans la norme NF EN 197-1 d'avril 2012, un ciment CEM III comprenant entre 30% et 90% en poids de laitier de haut fourneau broyé, un ciment sulfo-alumineux ou un ciment d'aluminates de calcium, de préférence un ciment au laitier de type CEM III comprenant entre 30% et 90% en poids de laitier de haut-fourneau broyé.

10

10. Utilisation de la composition telle que définie dans les revendications 8 et 9 pour le traitement d'un sol pollué par des hydrocarbures, notamment des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/078078

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B09C 1/08(2006.01)i; **C04B 28/02**(2006.01)i; **C04B 28/06**(2006.01)i; **C04B 28/04**(2006.01)i; **C04B 28/08**(2006.01)i;
C04B 111/00(2006.01)i

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; C04B

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	CN 106269836 A (CHINESE RES ACAD ENV SCIENCES) 04 January 2017 (2017-01-04) claims; examples	1-7
X	US 5536898 A (CONNER JESSE R [US] ET AL) 16 July 1996 (1996-07-16) example 6; table viii	8-10
X	EP 0562969 A1 (SOL COMP DU [FR]) 29 September 1993 (1993-09-29) column 2	7, 8
X	US 2007240620 A1 (RAMME BRUCE W [US]) 18 October 2007 (2007-10-18) claims 1, 8	7, 8
X	CN 107267151 A (JIANG QIJIN; LYU SHUJI) 20 October 2017 (2017-10-20) paragraph [0006]	7
A	EP 0619278 A2 (SOL COMP DU [FR]) 12 October 1994 (1994-10-12) columns 3, 4; example 3	7-10
A	US 4230568 A (CHAPPELL CHRISTOPHER L) 28 October 1980 (1980-10-28) claims	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

23 February 2021

Date of mailing of the international search report

03 March 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Tassinari, Francesca

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/078078

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-7

Method and product obtained by said method, wherein said method for treating soil containing 3 to 50 % by weight water polluted by hydrocarbons involves mixing the soil with, by weight of soil: - from 0.1 to 12 % activated charcoal, - from 0.1 to 10% cementing binder.

2. claims: 8-10

Composition and use thereof for treating soils polluted by hydrocarbons, comprising, in % by weight: - between 10 and 80% of a cementing binder; - between 10 and 80% activated charcoal.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/078078

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106269836	A	04 January 2017	NONE			
US	5536898	A	16 July 1996	NONE			
EP	0562969	A1	29 September 1993	DE	562969	T1	21 April 1994
				EP	0562969	A1	29 September 1993
				FR	2689121	A1	01 October 1993
				JP	3183989	B2	09 July 2001
				JP	H06167597	A	14 June 1994
				SK	24993	A3	06 October 1993
US	2007240620	A1	18 October 2007	CA	2584369	A1	12 October 2007
				EP	1845071	A2	17 October 2007
				US	2007240620	A1	18 October 2007
CN	107267151	A	20 October 2017	NONE			
EP	0619278	A2	12 October 1994	AT	297882	T	15 July 2005
				DE	619278	T1	13 July 1995
				DE	69434404	T2	16 March 2006
				EP	0619278	A2	12 October 1994
				ES	2066741	T1	16 March 1995
				FR	2703604	A1	14 October 1994
				JP	3432580	B2	04 August 2003
				JP	H06304544	A	01 November 1994
				PT	619278	E	30 November 2005
				SK	39894	A3	09 November 1994
US	4230568	A	28 October 1980	AR	216348	A1	14 December 1979
				AT	369673	B	25 January 1983
				AU	513483	B2	04 December 1980
				BE	871393	A	15 February 1979
				BR	7806878	A	08 May 1979
				CA	1100534	A	05 May 1981
				CH	640419	A5	13 January 1984
				CS	207745	B2	31 August 1981
				DD	141271	A5	23 April 1980
				DE	2845128	A1	26 April 1979
				DK	463978	A	20 April 1979
				ES	474317	A1	16 April 1979
				FI	783169	A	20 April 1979
				FR	2408372	A1	08 June 1979
				GB	2016438	A	26 September 1979
				GR	66833	B	04 May 1981
				HU	178097	B	28 March 1982
				IE	47403	B1	07 March 1984
				IL	55759	A	28 February 1982
				IN	149857	B	15 May 1982
				IT	1108487	B	09 December 1985
				JP	S5488648	A	13 July 1979
				JP	S6234440	B2	27 July 1987
				LU	80395	A1	19 March 1979
				NL	7810491	A	23 April 1979
				NO	149885	B	02 April 1984
				NZ	188662	A	24 October 1980

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/078078

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
		PL 210380 A1	30 July 1979
		PT 68671 A	01 November 1978
		SE 433181 B	14 May 1984
		SU 849993 A3	23 July 1981
		US 4230568 A	28 October 1980
		YU 243678 A	30 June 1982
		ZA 785868 B	26 September 1979

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/078078

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B09C1/08 C04B28/02 C04B28/06 C04B28/04 C04B28/08 C04B111/00 ADD. Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB																	
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B09C C04B Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data																	
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie*</th> <th>Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents</th> <th>no. des revendications visées</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 106 269 836 A (CHINESE RES ACAD ENV SCIENCES) 4 janvier 2017 (2017-01-04) revendications; exemples -----</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 5 536 898 A (CONNER JESSE R [US] ET AL) 16 juillet 1996 (1996-07-16) exemple 6; tableau viii -----</td> <td>8-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>EP 0 562 969 A1 (SOL COMP DU [FR]) 29 septembre 1993 (1993-09-29) colonne 2 -----</td> <td>7,8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2007/240620 A1 (RAMME BRUCE W [US]) 18 octobre 2007 (2007-10-18) revendications 1,8 ----- -/-</td> <td>7,8</td> </tr> </tbody> </table>			Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées	X	CN 106 269 836 A (CHINESE RES ACAD ENV SCIENCES) 4 janvier 2017 (2017-01-04) revendications; exemples -----	1-7	X	US 5 536 898 A (CONNER JESSE R [US] ET AL) 16 juillet 1996 (1996-07-16) exemple 6; tableau viii -----	8-10	X	EP 0 562 969 A1 (SOL COMP DU [FR]) 29 septembre 1993 (1993-09-29) colonne 2 -----	7,8	X	US 2007/240620 A1 (RAMME BRUCE W [US]) 18 octobre 2007 (2007-10-18) revendications 1,8 ----- -/-	7,8
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées															
X	CN 106 269 836 A (CHINESE RES ACAD ENV SCIENCES) 4 janvier 2017 (2017-01-04) revendications; exemples -----	1-7															
X	US 5 536 898 A (CONNER JESSE R [US] ET AL) 16 juillet 1996 (1996-07-16) exemple 6; tableau viii -----	8-10															
X	EP 0 562 969 A1 (SOL COMP DU [FR]) 29 septembre 1993 (1993-09-29) colonne 2 -----	7,8															
X	US 2007/240620 A1 (RAMME BRUCE W [US]) 18 octobre 2007 (2007-10-18) revendications 1,8 ----- -/-	7,8															
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe																	
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets																	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 23 février 2021		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 03/03/2021															
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Tassinari, Francesca															

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	CN 107 267 151 A (JIANG QIJIN; LYU SHUJI) 20 octobre 2017 (2017-10-20) alinéa [0006] -----	7
A	EP 0 619 278 A2 (SOL COMP DU [FR]) 12 octobre 1994 (1994-10-12) colonnes 3,4; exemple 3 -----	7-10
A	US 4 230 568 A (CHAPPELL CHRISTOPHER L) 28 octobre 1980 (1980-10-28) revendications -----	1-7

Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☒ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os} :
4. ☐ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os} :

Remarque quant à la réserve ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.

☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.

☒ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-7

Procédé et produit obtenu du procédé, ledit procédé de traitement d'un sol contenant 3 à 50% de poids en eau pollué par des hydrocarbures comprenant le malaxage du sol avec, en poids de sol :

- de 0,1 à 12% de charbon actif,
- de 0,1 à 10% de liant hydraulique.

2. revendications: 8-10

Composition et son utilisation pour le traitement de sols pollués par des hydrocarbures, comprenant, en % en poids :

- entre 10 et 80% d'un liant hydraulique,
- entre 10 et 80% de charbon actif.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2020/078078

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 106269836	A	04-01-2017	AUCUN	
US 5536898	A	16-07-1996	AUCUN	
EP 0562969	A1	29-09-1993	DE 562969 T1	21-04-1994
			EP 0562969 A1	29-09-1993
			FR 2689121 A1	01-10-1993
			JP 3183989 B2	09-07-2001
			JP H06167597 A	14-06-1994
			SK 24993 A3	06-10-1993
US 2007240620	A1	18-10-2007	CA 2584369 A1	12-10-2007
			EP 1845071 A2	17-10-2007
			US 2007240620 A1	18-10-2007
CN 107267151	A	20-10-2017	AUCUN	
EP 0619278	A2	12-10-1994	AT 297882 T	15-07-2005
			DE 619278 T1	13-07-1995
			DE 69434404 T2	16-03-2006
			EP 0619278 A2	12-10-1994
			ES 2066741 T1	16-03-1995
			FR 2703604 A1	14-10-1994
			JP 3432580 B2	04-08-2003
			JP H06304544 A	01-11-1994
			PT 619278 E	30-11-2005
			SK 39894 A3	09-11-1994
US 4230568	A	28-10-1980	AR 216348 A1	14-12-1979
			AT 369673 B	25-01-1983
			AU 513483 B2	04-12-1980
			BE 871393 A	15-02-1979
			BR 7806878 A	08-05-1979
			CA 1100534 A	05-05-1981
			CH 640419 A5	13-01-1984
			CS 207745 B2	31-08-1981
			DD 141271 A5	23-04-1980
			DE 2845128 A1	26-04-1979
			DK 463978 A	20-04-1979
			ES 474317 A1	16-04-1979
			FI 783169 A	20-04-1979
			FR 2408372 A1	08-06-1979
			GB 2016438 A	26-09-1979
			GR 66833 B	04-05-1981
			HU 178097 B	28-03-1982
			IE 47403 B1	07-03-1984
			IL 55759 A	28-02-1982
			IN 149857 B	15-05-1982
			IT 1108487 B	09-12-1985
			JP S5488648 A	13-07-1979
			JP S6234440 B2	27-07-1987
			LU 80395 A1	19-03-1979
			NL 7810491 A	23-04-1979
			NO 149885 B	02-04-1984
			NZ 188662 A	24-10-1980
			PL 210380 A1	30-07-1979
			PT 68671 A	01-11-1978
			SE 433181 B	14-05-1984

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/EP2020/078078

SU	849993	A3	23-07-1981
US	4230568	A	28-10-1980
YU	243678	A	30-06-1982
ZA	785868	B	26-09-1979