

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 51700 A1** (51) Cl. internationale : **C08F 220/06; C08L 33/26; C08F 220/56; C09K 17/22**
- (43) Date de publication : **29.01.2021**

-
- (21) N° Dépôt : **51700**
- (22) Date de Dépôt : **23.05.2019**
- (30) Données de Priorité : **24.05.2018 FR 18 54400**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2019/063385 23.05.2019**
- (71) Demandeur(s) : **S.P.C.M. SA, ZAC de Milieux, 42160 ANDREZIEUX-BOUTHEON (FR)**
- (72) Inventeur(s) : **OMONT, Alexandre ; RIVEAU, Xavier**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

(54) Titre : **METHODE DE STABILISATION DE SOLS SABLEUX**

- (57) Abrégé : La présente invention concerne une méthode de stabilisation de sols sableux comprenant l'application, sur la surface du sol sableux, en une fois, de 0,5 à 5 L.m⁻² d'une solution aqueuse S comprenant moins de 2000 ppm d'au moins un polymère hydrosoluble A, ledit polymère A comprenant des monomères éthyléniquement insaturés dont 0,01 à 20% en mol est constitué d'au moins un monomère hydroxyalkylé de formule (I) H₂C=CR₁R₂ dans laquelle R₁ étant un atome d'hydrogène ou un groupement méthyle et R₂ étant un groupement hydrocarboné contenant au moins un groupement pendant OH et optionnellement au moins un hétéroatome N ou O dans la chaîne hydrocarbonée; R₂ étant distinct du groupement C(=O)-OH, les autres monomères étant des monomères non-ioniques et/ou anioniques et/ou cationiques différents du monomère de formule (I).

ABREGE**METHODE DE STABILISATION DE SOLS SABLEUX**

La présente invention concerne une méthode de stabilisation de sols sableux comprenant l'application, sur la surface du sol sableux, en une fois, de 0,5 à 5 L.m⁻² d'une solution aqueuse S comprenant moins de 2000 ppm d'au moins un polymère hydrosoluble A, ledit polymère A comprenant des monomères éthyléniquement insaturés dont 0,01 à 20% en mol est constitué d'au moins un monomère hydroxyalkylé de formule (I) $H_2C=CR^1R^2$ dans laquelle R¹ étant un atome d'hydrogène ou un groupement méthyle et R² étant un groupement hydrocarboné contenant au moins un groupement pendant OH et optionnellement au moins un hétéroatome N ou O dans la chaîne hydrocarbonée ; R² étant distinct du groupement C(=O)-OH, les autres monomères étant des monomères non-ioniques et/ou anioniques et/ou cationiques différents du monomère de formule (I).

METHODE DE STABILISATION DE SOLS SABLEUX

5 L'invention concerne une nouvelle méthode de stabilisation de sols sableux afin de lutter contre le phénomène d'érosion éolienne. Cette méthode s'applique notamment pour la stabilisation des dunes mobiles et la suppression de la migration du sable pouvant impacter les infrastructures, les zones habitées et les zones agricoles en zones arides, semi-arides et sub-humides sèches.

10 De très nombreux moyens ont été testés pour essayer de lutter contre le phénomène d'érosion éolienne des sols sableux.

Pour la fixation des dunes, plusieurs techniques de fixation primaires existent :

- La stabilisation mécanique des dunes au moyen de palissades, de brise-vents, de filets permettant le ralentissement du vent et l'arrêt du transport de sable.

15 - La stabilisation mécanique des dunes au moyen d'un écran protecteur, naturel ou artificiel, qui recouvre uniformément le sable dunaire.

- La méthode aérodynamique qui vise à utiliser la vitesse et la capacité de transport du vent, soit (i) en lui faisant évacuer les dépôts de sable indésirables par des procédés qui augmentent la vitesse à leur contact (par exemple, l'orientation des rues parallèlement à celle du vent dominant, dans certaines agglomérations sahéniennes; la pose de pierres distantes les unes des autres le long de la crête des dunes à faire disparaître) et en s'assurant qu'il ne rencontre pas d'obstacle et transporte ainsi au loin les dépôts de sable; soit (ii) en profilant les obstacles rencontrés par le vent chargé de sable pour que sa vitesse ne soit pas réduite, mais au contraire augmentée; ces obstacles ont un effet aérodynamique sur l'écoulement du courant éolien. Il se produit une compression qui permet d'accélérer la vitesse du vent, sans provoquer d'effet tourbillonnaire, ce qui conduit à des accumulations sableuses. Ce principe d'accélération ou de maintien de la vitesse du vent stabilise ou augmente la capacité de charge de ce dernier, et donc sa force d'entraînement. Le vent balaie alors littéralement le sable qu'on veut dégager. C'est le contraire du principe de ralentissement du vent par les palissades.

20

25

30

Les dunes peuvent aussi être stabilisées par fixation biologique en installant une végétation arborée et herbacée pérenne.

35 Pour ce qui est de la technique de stabilisation au moyen d'un écran protecteur, de nombreux produits peuvent être mis en œuvre. A titre d'exemples parmi tous ces produits

sont compris les liants hydrauliques (ciments), les émulsions de bitume, les latex (exemple : émulsions styrène butadiène), les huiles de transformateur, les polymères à base d'urée et de formaldéhyde ou d'urée et de dicyandiamide, les polyacrylamides, les polyéthylène glycol, les résines époxy, les hydroxypropyl méthyle celluloses (HMPC), les HMPC greffées avec de l'acrylate de méthyle et de l'acétate de vinyle, les polymères à base d'acétate de vinyle, les gommes guar greffées par des polyacrylamides.

La stabilisation des sols sableux au moyen d'écrans protecteurs fait généralement intervenir un volume important de matière et des coûts élevés d'application, ce qui rend leur application non viable économiquement. Parfois, certains produits doivent être mélangés directement juste avant leur application ce qui peut être compliqué sur champs. Certains processus de stabilisation fonctionnent bien au laboratoire, mais nécessitent un mélange mécanique des solutions de produits avec le sable ce qui est limitant pour des raisons de logistique (utilisation de gros engins de chantier par exemple pour des dunes mobiles). De plus, la viscosité élevée de certaines solutions de produits rend leur application par pulvérisation difficile. Enfin, pour former un écran protecteur les solutions de produit doivent pouvoir pénétrer rapidement à la surface du sable, notamment lorsque cette surface est en pente (les solutions ne doivent pas ruisseler à la surface).

20 DESCRIPTION DE L'INVENTION

L'invention concerne une méthode de stabilisation de sols sableux comprenant l'application, sur la surface du sol sableux, en une fois, de 0,5 à 5 L.m⁻² d'une solution aqueuse **S** comprenant moins de 2000 ppm d'au moins un polymère hydrosoluble **A**, ledit polymère **A** comprenant des monomères éthyléniquement insaturés dont 0,01 à 20% en mol est constitué d'au moins un monomère hydroxyalkylé de formule (I) $H_2C=CR^1R^2$ dans laquelle R^1 étant un atome d'hydrogène ou un groupement méthyle et R^2 étant un groupement hydrocarboné contenant au moins un groupement pendant OH et optionnellement au moins un hétéroatome N ou O dans la chaîne hydrocarbonée ; R^2 étant distinct du groupement C(=O)-OH, les autres monomères étant des monomères non-ioniques et/ou anioniques et/ou cationiques différents du monomère de formule (I).

De façon particulièrement avantageuse, la solution **S** de l'invention est suffisamment peu visqueuse pour être pulvérisée, pour pénétrer rapidement à la surface des sols, et suffisamment réactive pour solidifier la surface de ces sols et obtenir ainsi une couche

protectrice. De plus sa faible concentration permet une application aisée et peu onéreuse en comparaison à d'autres technologies de fixation des sols sableux plus onéreuses.

5 Dans le cadre de la présente invention, on entend par monomère éthyléniquement insaturé, des monomères comprenant au moins une fonction $\text{CH}_2=\text{C}$.

Par définition, un sol sableux contient 70 % de sable ou plus. Il est facile à identifier car il est impossible d'agglomérer une poignée du sol en une boule qui ne s'effrite pas.

10 Dans le cadre de la présente invention, un polymère hydrosoluble est un polymère qui donne une solution aqueuse sans particules insolubles lorsqu'il est dissous sous agitation pendant 4 heures à 25°C et avec une concentration de 50 g.L⁻¹ dans l'eau.

15 Préférentiellement, le polymère hydrosoluble A comprend entre 0,01 et 5 mol% d'au moins un monomère hydroxyalkylé de formule (I) $\text{H}_2\text{C}=\text{CR}^1\text{R}^2$. Le monomère hydroxyalkylé est de préférence choisi dans le groupe constitué par l'acrylate d'hydroxyalkyle ; le méthacrylate d'hydroxyalkyle ; l'acrylamide d'hydroxylalkyle (exemple : méthacrylate d'hydroxyéthyle (HEMA) ou N-méthylol acrylamide (NMA)); le méthacrylamide d'hydroxylalkyle ; le méthacrylamido
20 propyldiméthyl-2,3-dihydroxypropyl ammonium sulfate ; le 2,3-dihydroxypropyl méthacrylate ; l'acrylate d'amino alcool ; le méthacrylate d'amino alcool ; alkyle désignant un groupement alkyle linéaire comprenant 1 à 6 atomes de carbone.

25 Le polymère hydrosoluble A comprend également des monomères non-ioniques et/ou anioniques et/ou cationiques différents dudit monomère hydroxylakylé de formule (I).

30 Le ou les monomères non ioniques pouvant être utilisés dans le cadre de l'invention peuvent être choisis, notamment, dans le groupe constitué par les monomères vinyliques solubles dans l'eau. Des monomères préférés appartenant à cette classe sont, par exemple, l'acrylamide, le méthacrylamide, le N-isopropylacrylamide, le N,N-diméthylacrylamide et. Egalement, peuvent être utilisés la N-vinylformamide, le N-vinyl acetamide, la N-vinylpyridine et la N-vinylpyrrolidone, l'acryloyl morpholine (ACMO) et la diacétone acrylamide. Un monomère non ionique préféré est l'acrylamide.

35 Le ou les monomères cationiques pouvant être utilisés dans le cadre de l'invention peuvent être choisis, notamment dans les groupes constitués par les monomères du type

acrylamide, acrylique, vinylique, allylique ou maléique possédant une fonction ammonium quaternaire. On peut citer, en particulier et de façon non limitative, l'acrylate de diméthylaminoéthyle (ADAME) quaternisé, le méthacrylate de diméthylaminoéthyle (MADAME) quaternisé, le chlorure de diméthylallylammonium (DADMAC), le chlorure d'acrylamido propyltriméthyl ammonium (APTAC), et le chlorure de méthacrylamido propyltriméthyl ammonium (MAPTAC).

Le ou les monomères anioniques peuvent être choisis dans le groupe constitué par l'acide acrylique, l'acide méthacrylique, l'acide itaconique, l'acide maléique, l'acide 2-acrylamido-2-méthylpropane sulfonique (ATBS), l'acide vinylsulfonique, ledit monomère anionique étant non salifié, partiellement ou totalement salifié, et les sels du méthacrylate de 3-sulfopropyle. Préférentiellement le monomère est choisi dans le groupe constitué par l'acide acrylique, l'acide méthacrylique, l'acide itaconique, l'acide maléique, et l'acide 2-acrylamido-2-méthylpropane sulfonique (ATBS), lesdits monomères étant sous forme acide, partiellement salifiée ou totalement salifiée.

Avantageusement le polymère hydrosoluble **A** contient moins de 20 mol% de monomère cationique, encore plus préférentiellement moins de 5 mol%.

Plus avantageusement, le polymère **A** ne contient que des monomères non ioniques et/ou anioniques différents dudit monomère hydroxylalkylé.

Le polymère hydrosoluble **A** a préférentiellement un poids moléculaire avantageusement élevé. Par « poids moléculaire élevé », on désigne des poids moléculaires d'au moins 0,1 million de $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, préférentiellement entre 0,5 et 40 millions $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, plus préférentiellement entre 1 et 30 millions $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Le poids moléculaire s'entend en poids moléculaire moyen en poids. Il est mesuré par mesure de la viscosité intrinsèque (formule de Mark-Houwink).

Le polymère hydrosoluble **A** est un polymère ou un copolymère.

De manière générale, le polymère hydrosoluble **A** peut être obtenu selon toutes les techniques de polymérisation bien connues par l'homme de métier. Il peut notamment s'agir de polymérisation par radicaux libres, polymérisation en solution ; polymérisation en gel ; polymérisation par précipitation ; polymérisation en émulsion (aqueuse ou inverse) ;

polymérisation en suspension ; polymérisation par extrusion réactive ; ou polymérisation micellaire.

Le polymère hydrosoluble **A** est généralement obtenu par une polymérisation à radicaux libres, de préférence par polymérisation en émulsion inverse ou par polymérisation en gel.

5 La polymérisation par radicaux libres inclue la polymérisation par radicaux libres au moyen d'initiateurs UV, azoïques, redox ou thermiques ainsi que les techniques de polymérisation radicalaire contrôlée (CRP) ou les techniques de polymérisation sur matrice. Ces méthodes étant bien connues de l'homme du métier.

10 Selon l'invention, le polymère hydrosoluble peut avoir une structure linéaire, branché, en forme d'étoile (star), en forme de peigne (comb) ou bloc. Ces structures peuvent être obtenues par sélection au choix de l'amorceur, de l'agent de transfert, de la technique de polymérisation telle que la polymérisation radicalaire contrôlée dite RAFT (transfert de chaîne réversible par addition-fragmentation, de l'anglais « reversible-addition fragmentation chain transfer »), NMP (polymérisation en présence de nitroxydes, de
15 l'anglais « Nitroxide Mediated Polymerization ») ou ATRP (polymérisation radicalaire par transfert d'atomes, de l'anglais « Atom Transfert Radical Polymerization »), de l'incorporation de monomères structuraux, de la concentration, etc.

Selon l'invention, le polymère hydrosoluble **A** est avantageusement linéaire ou structuré.
20 Par polymère structuré, on désigne un polymère non linéaire qui possède des chaînes latérales de manière à obtenir, lorsque ce polymère est mis en solution dans l'eau, un fort état d'enchevêtrement conduisant à des viscosités à bas gradient très importantes. De préférence, la viscosité des solutions S selon l'invention sont comprises entre 2 et 200 cps, elles sont mesurées par toute méthode connue de l'homme du métier et de
25 préférence au moyen d'un viscosimètre Brookfield, avec un module LV1, à 60 tr.min⁻¹ et à 25°C. Le polymère hydrosoluble, selon l'invention n'est généralement pas réticulé.

Selon l'invention, le polymère hydrosoluble **A** peut se présenter sous forme liquide, gel ou solide lorsque sa préparation inclut une étape de séchage tel que le « spray drying »
30 (séchage par pulvérisation), le séchage sur tambour le séchage par rayonnement tel que le séchage micro-ondes, ou encore le séchage en lit fluidisé.

De préférence le polymère hydrosoluble **A** est sous forme d'émulsion inverse eau dans huile, la concentration en polymère dans l'émulsion est préférentiellement comprise entre
35 5 et 60 % en poids, plus préférentiellement entre 15 et 40 % en poids par rapport au poids de l'émulsion.

Selon une autre préférence, le polymère hydrosoluble **A** est sous forme de dispersion aqueuse. La dispersion aqueuse comprend des particules de polymère hydrosoluble **A** et au moins un composé choisi parmi un sel minéral, un sel organique, un polymère organique dispersant et leurs mélanges.

La solution **S** de polymère hydrosoluble **A** appliquée à la surface du sol sableux comprend moins de 2000 ppm, de préférence de 100 à 2000 ppm de polymère hydrosoluble **A**. Plus préférentiellement la solution **S** comprend entre 300 et 2000 ppm de polymère **A**.

L'homme du métier saura choisir la technique la mieux adaptée pour préparer la solution **S** de polymère hydrosoluble **A**.

Avantageusement la solution **S** comprend également au moins une substance d'intérêt agronomique ou au moins une substance permettant d'améliorer le développement ou la croissance de matériel végétal, de préférence une substance choisie parmi les fertilisants, les hormones, les micro-organismes, les mycorhizes, les stimulateurs de croissance, les régulateurs de croissance, les produits phytosanitaires, par exemples les fongicides, les insecticides, les phytoprotecteurs. De préférence, lorsqu'elles sont présentes, ces substances d'intérêts sont comprises dans la solution **S** à raison de 5 à 150 g.L⁻¹ de solution **S**.

Préférentiellement la solution **S** comprend également au moins un sel cationique minéral ou organique. A titre d'exemple il peut s'agir de sels de sodium, de potassium, de calcium, d'ammonium. Les sels préférés étant les sels de potassium et de calcium. De préférence, lorsqu'ils sont présents, les sels sont compris dans la solution **S** à raison de 5 à 50 g.L⁻¹.

De nombreuses techniques peuvent être utilisées pour appliquer la solution **S** à la surface du sol sableux. Parmi ces moyens on retrouve des systèmes terrestres mobiles tels que les canons d'aspersion déplaçables, les rampes frontales, les pivots asperseurs à batteur avec canon d'extrémité, sans canon d'extrémité, des systèmes terrestres fixes tels que le goutte à goutte de surface, le goutte à goutte enterré, les micro asperseurs, l'application peut également être réalisée par pulvérisation. L'application peut aussi être effectuée par voie aérienne, au moyen d'un avion, d'un hélicoptère, d'un deltaplane, ou d'un drone par exemple.

La solution **S** est préférentiellement appliquée en surface du sol sableux par pulvérisation. Encore plus préférentiellement elle est appliquée au moyen de lances à pulvérisation ou de camions à aspersion par rampes.

5 Selon une autre préférence, la solution **S** est appliquée en surface du sol sableux par pulvérisation aérienne effectuée par avion, hélicoptère, deltaplane, ou drone.

Le but est de former une couche de sol sableux imbibée de la solution **S** d'une épaisseur avantageusement comprise entre 0,1 mm et 15 cm, plus avantageusement entre 5 mm et 3 cm.

10

Sans vouloir être lié à une quelconque théorie, la chaleur élevée en surface du sol sableux, notamment pour les dunes dans le désert, transformerait la couche imbibée de la solution **S** en une croûte rigide peu sensible à l'érosion éolienne ou au rayonnement solaires (UV).

15

A titre d'exemple le gradient thermique du sable à 13h au soleil dans le désert de Tucson, est de 0 à 2 cm : 71,5°C, à 4 cm : 50°C, à 10 cm : 35,5°C, à 30 cm : 28,7°C.

20

L'écran protecteur de sols sableux obtenu par le procédé de l'invention est particulièrement efficace en zone désertique. Les zones désertiques peuvent être hyper-arides (pluviosité : 10 à 15 mm d'eau/ an), arides (50 à 15 mm/an), semi-arides (200 à 400 mm/an) ou sub-humides sèches (jusqu'à 600 mm/an). En zone désertique la suppression de la migration du sable peut impacter les infrastructures, les zones habitées et les zones agricoles

25

L'invention et les avantages qui en découlent ressortent bien des exemples de réalisation suivants.

EXEMPLES

30

Pour tous les exemples qui suivent, les polymères hydrosolubles A_n ($n = 0$ à 4) sont obtenus par polymérisation en émulsion inverse. Ils sont utilisés sous forme d'émulsion inverse eau dans huile. Les solutions **S** à pulvériser sont préparées en ajoutant cette émulsion dans une quantité requise d'eau maintenue sous agitation.

35

Polymères :

A_0 : copolymère d'acrylate de sodium et d'acrylamide (30/70 mol%) – exemple comparatif

A_1 : terpolymère d'acrylate de sodium, d'acrylamide et d'hydroxyéthyle méthacrylate (HEMA) (30/68/2 mol%)

A_2 : terpolymère d'acrylate de sodium, d'acrylamide et d'HEMA (30/68/0,2 mol%)

5 A_3 : terpolymère d'acrylate de sodium, d'acrylamide et d'HEMA (30/68/0,4 mol%)

A_4 : terpolymère d'acrylate de sodium, d'acrylamide et d'HEMA (30/68/0,6 mol%)

Exemple 1 : Couche protectrice et résistance mécanique

10 Quatre solutions aqueuses distinctes sont préparées à partir de 500 ppm des polymères hydrosolubles A_0 , A_1 , A_2 et A_4 . Pendant la préparation de la solution contenant A_4 , 5 g.L⁻¹ d'un engrais soluble NPK (20/20/20) sont ajoutés.

Chacune de ces solutions est ensuite appliquée en surface d'une coupelle distincte contenant une couche de 7 mm de sable normalisé 50-70 mesh.

15 Les coupelles sont alors placées dans une étuve à 70°C pendant 4h de manière à simuler la chaleur en surface d'un désert chaud. Les croûtes ainsi formées sont rompues avec un pénétromètre normalisé de laboratoire de marque Andilog.

20 Les résistances à la pression mesurées sont de 0,25 kg.cm⁻² lorsque le polymère hydrosoluble utilisé pour former la couche protectrice est A_1 , 0,65 kg.cm⁻² pour A_2 , et 1,21 kg.cm⁻² pour la solution contenant le mélange A_4 et NPK.

Comparativement, la résistance à la pression est de 0,16 kg.cm⁻² lorsque la couche protectrice est obtenue à partir d'une solution préparée à partir de A_0 .

25

Les couches protectrices formées selon le procédé de l'invention sont les plus résistantes.

Exemple 2 :

30 Cinq solutions aqueuses distinctes B_0 à B_4 sont préparées à partir de 500 ppm de polymère hydrosoluble A_4 , avec ajout de sels cationiques (de B_1 à B_4)

B_0 : 500ppm de A_4

B_1 : 500ppm de A_4 , 20 g.L⁻¹ NaCl

B_2 : 500ppm de A_4 , 20 g.L⁻¹ CaCl₂

B_3 : 500ppm de A_4 , 20 g.L⁻¹ KCl

35 B_4 : 500ppm de A_4 , 20 g.L⁻¹ (NH₄)₂SO₄

Chacune de ces solutions est ensuite appliquée en surface d'une coupelle distincte

contenant une couche de 7 mm de sable normalisé 50-70 mesh.

Les coupelles sont alors placées dans une étuve à 70°C pendant 4h de manière à simuler la chaleur en surface d'un désert chaud. Les croûtes ainsi formées sont rompues avec un pénétromètre normalisé de laboratoire de marque Andilog.

5

Les résistances à la pression mesurées sont de :

0,69 kg.cm⁻² pour la solution B₀

1,61 kg.cm⁻² pour la solution B₁

1,76 kg.cm⁻² pour la solution B₂

10

1,76 kg.cm⁻² pour la solution B₃

1,72 kg.cm⁻² pour la solution B₄

Exemple 3 : Résistance à l'érosion éolienne

15

Deux solutions aqueuses contenant respectivement 500 ppm des polymères hydrosolubles A₀ et A₄ sont préparées et sont ensuite appliquées en surface de coupelles distinctes contenant une couche de 7 mm de sable normalisé 50-70 mesh. Les coupelles sont alors placées dans une étuve à 70°C pendant 4h de manière à simuler la chaleur en surface d'un désert chaud (comme pour l'exemple 1).

20

Un dispositif de soufflerie est installé pour simuler l'action d'un vent chargé ou non en particules de sable. Sachant qu'un grain de sable du désert est mobile à partir d'un vent de 5m.s⁻¹, un vent de 12 m.s⁻¹ est appliqué pour simuler des rafales pouvant exister dans les déserts. A titre d'information, une coupelle de sable non traitée soumise à ce vent perd 25 95% de sa masse en seulement 10 min, et ceci que le vent soit chargé ou non en sable.

25

Un vent chaud (70°C) de 12 m.s⁻¹, non chargé en sable, est appliqué parallèlement à la surface de la couche protectrice obtenue à partir de la solution de polymère A₄. Après 1h aucune érosion de la couche protectrice n'est constatée et la coupelle a conservé sa 30 masse en sable.

30

Comparativement la coupelle traitée à partir du polymère hydrosoluble A₀ perd 2 % de sa masse en 1h.

35

Un vent chaud (70°C) de 12 m.s⁻¹, avec une charge en sable de 10 grammes.min⁻¹.cm⁻² pendant 1h (l'effet abrasif du sable augmente la vitesse d'érosion d'une surface) est appliqué parallèlement à la surface de la couche protectrice obtenue à partir de la solution

de polymère A_4 . Après 1h aucune érosion de la couche protectrice n'est constatée et la coupelle a conservé sa masse en sable.

Comparativement la coupelle traitée à partir du polymère hydrosoluble A_0 perd 15 % de sa masse en 1h.

5

La couche protectrice formée avec une solution de polymère A_4 conformément au procédé de l'invention résiste fortement à l'érosion éolienne des vents chargés en sable, tels que les vents des déserts.

10 Exemple 4 : Mesures de viscosité

Quatre solutions aqueuses distinctes sont préparées à partir de 500 ppm des polymères hydrosolubles A_0 , A_2 , A_3 et A_4 . Les viscosités de ces solutions sont respectivement de 54, 16, 10 et 6 centipoises. Les viscosités sont mesurées au moyen d'un viscosimètre

15

Brookfield, avec un module LV1, à 60 tr.min⁻¹ et à 25°C.

On constate un rapport de quasiment 10 entre la viscosité de la solution préparée à partir de A_0 et celle préparée à partir de A_4 .

20 Exemple 5 : Stabilité de la solution de polymère

La solution aqueuse contenant 500 ppm de polymère A_4 est placée dans une étuve à 50°C durant 7h pour simuler un éventuel stockage dans une cuve de pulvérisation.

25

Cette solution est ensuite appliquée sur le sable normalisé (50-70 mesh) puis remis à l'étuve (en suivant le protocole de l'exemple 1). La résistance à la pression (avec pénétromètre) mesurée est de 0,62 kg.cm⁻².

La résistance de la couche protectrice du sable n'est pas impactée lorsque la solution de polymère à base d'HEMA à pulvériser est conservée à des températures telles qu'observées en milieu désertique.

30

Exemple 6 : Rapidité d'infiltration de la solution de polymère à la surface du sable

Deux solutions aqueuses contenant respectivement 500 ppm de polymère hydrosoluble A_0 et A_4 sont préparées puis appliquées distinctement à la surface de sables normalisés

35

contenus dans des béciers gradués en verre. La durée d'infiltration à la surface du sable est mesurée en fonction du temps. La solution de polymère A_4 atteint le seuil de 5 cm en

40 secondes alors que la solution de polymère A_0 atteint le seuil de 5 cm en 170 secondes.

Exemple 7 : Stabilisation d'une dune mobile

5

Une solution aqueuse contenant 500 ppm de polymère hydrosoluble A_4 est préparée pour remplir une cuve de 10 m³ placée en zone désertique. Des semences indigènes sont ensuite ajoutées dans la cuve. La solution ainsi obtenue est pulvérisée uniformément à la surface d'une dune de sable mobile au moyen d'une pompe centrifuge et d'une lance à pulvérisation afin d'appliquer 1L.m⁻² de solution.

10

Une couche protectrice se forme après quelques heures sur une profondeur de 3 mm à la surface de la dune. Après quelques mois, la couche protectrice est toujours présente, la dune n'a pas migré et la pluviosité a permis à la végétation de coloniser l'espace dunaire.

15

Exemple 8 : Stabilisation accotements voie ferrée

Une solution aqueuse contenant 500 ppm de polymère hydrosoluble A_4 est préparée pour remplir un wagon citerne de 54 m³ en zone désertique. Des semences indigènes sont ajoutées dans la citerne. La solution ainsi obtenue est pulvérisée uniformément à la surface des accotements de la voie ferrée au moyen d'une pompe centrifuge et d'une lance à pulvérisation afin d'appliquer 1L.m⁻² de solution.

20

Une couche protectrice se forme après quelques heures sur une profondeur de 3 mm à la surface des accotements. Après quelques mois, la couche protectrice est toujours présente, l'accotement n'a pas migré et il est colonisé par de la végétation. La voie ferrée n'est pas ensablée.

25

Exemple 9 : Stabilisation dune artificielle à but défensif

Une solution aqueuse contenant 500 ppm de polymère hydrosoluble A_4 est préparée pour remplir une cuve de 20m³ en zone désertique. La solution ainsi obtenue est pulvérisée uniformément à la surface d'une dune artificielle, utilisée comme barrière défensive, au moyen d'une pompe centrifuge et d'une lance à pulvérisation afin d'appliquer 1 L.m⁻² de solution.

30

Une couche protectrice se forme en surface de la dune artificielle après quelques heures sur une profondeur de 3 mm et empêche sa migration. La dune artificielle est ainsi stabilisée.

35

REVENDICATIONS

- 5 1. Méthode de stabilisation de sols sableux comprenant l'application, sur la surface
du sol sableux, en une fois, de 0,5 à 5 L.m⁻² d'une solution aqueuse S comprenant
moins de 2000 ppm d'au moins un polymère hydrosoluble A, ledit polymère A
comportant des monomères éthyléniquement insaturés dont 0,01 à 20 mol% est
constitué d'au moins un monomère hydroxyalkylé de formule (I) H₂C=CR¹R² dans
laquelle R¹ étant un atome d'hydrogène ou un groupement méthyle et R² étant un
10 groupement hydrocarboné contenant au moins un groupement pendant OH et
optionnellement au moins un hétéroatome N ou O dans la chaîne hydrocarbonée ;
R² étant distinct du groupement C(=O)-OH, les autres monomères étant des
monomères non-ioniques et/ou anioniques et/ou cationiques différents du
monomère de formule (I).
- 15 2. Méthode de stabilisation de sols sableux selon la revendication 1
caractérisée en ce que le polymère hydrosoluble A comprend entre 0,01 et 5
mol% d'au moins un monomère hydroxyalkylé de formule H₂C=CR¹R².
- 20 3. Méthode de stabilisation de sols sableux selon la revendication 1 ou 2,
caractérisée en ce que le monomère hydroxyalkylé est choisi dans le groupe
constitué par l'acrylate d'hydroxyalkyle ; le méthacrylate d'hydroxyalkyle ;
l'acrylamide d'hydroxyalkyle ; le méthacrylamide d'hydroxyalkyle ; le
méthacrylamido propyldiméthyl-2,3-dihydroxypropyl ammonium sulfate ; le 2,3-
25 dihydroxypropyl méthacrylate ; l'acrylate d'amino alcool ; le méthacrylate d'amino
alcool ; alkyle désignant un groupement alkyle linéaire comportant 1 à 6 atomes
de carbone.
- 30 4. Méthode de stabilisation de sol sableux selon l'une quelconque des
revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le polymère hydrosoluble A
comprend au moins un monomère anionique choisi dans le groupe constitué par
l'acide acrylique, l'acide méthacrylique, l'acide itaconique, l'acide maléique, et
l'acide 2-acrylamido-2-méthylpropane sulfonique (ATBS), lesdits monomères étant
sous forme acide, partiellement salifiée ou totalement salifiée.

5. Méthode de stabilisation de sol sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le polymère hydrosoluble **A** a une masse moléculaire supérieure à 0,1 million g.mol⁻¹.
- 5 6. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le polymère hydrosoluble **A** est sous forme d'émulsion inverse eau dans huile.
- 10 7. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisée en ce que le polymère hydrosoluble **A** est sous forme de dispersion aqueuse.
- 15 8. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisée en ce que la solution **S** comprend entre 100 et 2000 ppm, de préférence entre 300 et 2000 ppm, de polymère **A**.
- 20 9. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que la solution **S** comprend également au moins une substance d'intérêt agronomique ou au moins une substance permettant d'améliorer le développement ou la croissance du matériel végétal, de préférence une substance choisie parmi les fertilisants, les hormones, les micro-organismes, les mycorhizes, les stimulateurs de croissance, les régulateurs de croissance, les produits phytosanitaires, par exemples les fongicides, les insecticides, les phytoprotecteurs.
- 25 10. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que la solution **S** comprend également un sel cationique minéral ou organique
- 30 11. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que la solution **S** est appliquée en surface du sol sableux par pulvérisation.
- 35 12. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que la solution **S** est appliquée en

surface du sol sableux par pulvérisation au moyen de lances à pulvérisation ou de camions par aspersion par rampes.

- 5 13. Méthode de stabilisation de sols sableux selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la solution **S** est appliquée en surface du sol sableux par pulvérisation aérienne effectuée par avion, hélicoptère, deltaplane ou drone.

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 51700	Date de dépôt : 23/05/2019
Déposant : S.P.C.M. SA	Date d'entrée en phase nationale : 10/11/2020
	Date de priorité: 24/05/2018
Intitulé de l'invention : METHODE DE STABILISATION DE SOLS SABLEUX	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Abdelfettah EL KADIRI	Date d'établissement du rapport : 29/12/2020
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
11 Pages
- Revendications
13

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : C08F220/06, C09K17/22

CPC : C08F220/56, C08L33/26, C09K17/22

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
Y	FR3009307 A1 (SNF SAS [FR]) 06 février 2015 (2015-02-06) Revendications 1, 2, 4, 5	1-12
A		13
Y	FR2495163 A1 (SUMITOMO CHEMICAL CO [JP]) 04 juin 1982 (1982-06-04) Revendications 1,2 Page 5, ligne 13 - ligne 17 Page 16, ligne 35 - page 17 Exemples 2,5	1-12
A		13
A	US6130304 A (SUMIYA TAKASHI [JP] ET AL) 10 octobre 2000 (2000-10-10) Le document en entier	1-13

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« 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

-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs

-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-13 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 13 Revendications 1-12	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-13 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : FR3009307 A1

D2 : FR2495163 A1

1. Nouveauté

Aucun document ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques contenues dans les revendications 1-13. Par conséquent, l'objet des revendications 1-13 est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive

Le document D1, considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet des revendications 1-12, décrit (revendications 1, 2, 4, 5) une méthode de conditionnement de sol consistant à appliquer sur le sol d'un polymère hydrosoluble ou hydrogonflant, caractérisée en ce que: on prépare le polymère sous la forme d'un liquide concentré en polymères, on applique la préparation ainsi obtenue sur la surface d'un support en rotation autour de son axe de révolution de manière à créer des gouttelettes venant s'épandre sur le sol, c'est à dire, elle est pulvérisée,

Le polymère est appliqué préférentiellement entre 1 et 100 kg de polymère par hectare et moins de 5000 l/ha. Le polymère vient donc appliqué sur le sol à une quantité comprise entre 0.1 et 10 g/m².

En considérant que le polymère de la présente demande est appliqué à 2000 ppm de 0,5 à 5 L/m², la revendication 1 décrit l'application d'entre 1 et 10 g/m² du polymère. Ce document ne décrit pas un polymère contenant les monomères selon la revendication 1.

En conséquence, la méthode selon la revendication 1 ne diffère de D2 qu'en ce que la composition utilisée contient le polymère A.

L'effet technique découlant de cette caractéristique distinctive n'est pas connu parce que la demande ne contient pas d'exemples comparatifs liés à cette différence.

Le problème que se propose de résoudre la présente invention peut donc être considéré comme étant de fournir une méthode de stabilisation de sols sableux alternative.

L'invention selon D1 est une méthode dans laquelle plusieurs (copolymères peuvent être appliqués (revendications 14, 17), tant qu'ils sont hydrosolubles ou hydrogonflants. L'homme du métier sera incité à mettre en œuvre cette méthode avec d'autres (copolymères. Lorsqu'il cherche des alternatives, il considèrera également les polymères utilisés dans le même domaine technique comme les produits divulgués dans D2.

Afin d'améliorer les résultats selon D1, il sera évident pour l'homme de métier de modifier la méthode selon D1 avec l'application des polymères selon D2 vu que ces documents décrivent des produits pour les mêmes applications et l'homme de métier considèrera qu'il n'y a pas d'incompatibilités parce qu'il s'agit de polymères hydrosolubles et hydrogonflants. En faisant ainsi, l'homme de métier anticipera l'objet des revendications 1-12, sans l'exercice d'une activité inventive.

Par conséquent, l'objet des revendications 1-12 manque d'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Par contre, l'homme de métier ne trouve aucune incitation de D1 et/ou D2 seuls ou combinés, lui permettant d'arriver à la méthode de stabilisation de sols sableux selon la revendication 13, et ce sans l'exercice d'une activité inventive.

Par conséquent, l'objet de la revendication 13 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.