

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
14 janvier 2010 (14.01.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/004189 A2

(51) Classification internationale des brevets :

C08G 59/54 (2006.01) **G21F 9/16** (2006.01)
C08L 63/00 (2006.01) **G21F 9/30** (2006.01)
C09D 163/00 (2006.01) **A62D 3/00** (2007.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2009/051266

(22) Date de dépôt international :

30 juin 2009 (30.06.2009)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0854372 30 juin 2008 (30.06.2008) FR

(71) **Déposant** (pour tous les États désignés sauf US) : **CRAY VALLEY SA** [FR/FR]; 16-32 Rue Henri Regnault, La Defense 6, F-92400 Courbevoie (FR).

(72) **Inventeur; et**

(75) **Inventeur/Déposant** (pour US seulement) : **DHERSIN, Christine** [FR/FR]; 210 Résidence Les Vieux Prés, F-62113 Sailly Labourse (FR).

(74) **Mandataire** : **ULMANN, Catherine**; Santarelli, BP 237, 14 Avenue de la Grande-Armée, F-75822 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))

(54) **Title** : COATING COMPOSITION FOR THE STORAGE OF WASTE THAT IS TOXIC TO HEALTH AND/OR THE ENVIRONMENT, WHICH IS FREE FROM AN AROMATIC AMINE CURING AGENT

(54) **Titre** : COMPOSITION D'ENROBAGE POUR LE STOCKAGE DE DÉCHETS TOXIQUES POUR LA SANTÉ ET/OU L'ENVIRONNEMENT DÉPOURVUE D'AGENT DURCISSEUR AMINE AROMATIQUE

(57) **Abstract** : The invention relates to a coating composition for the storage or containment of waste that is toxic to health and/or the environment, comprising a composition based on an epoxy resin and a curing composition free from an aromatic amine curing agent. The invention also relates to the use of this composition for the coating of said waste.

(57) **Abrégé** : L'invention concerne une composition d'enrobage pour le stockage ou le confinement de déchets toxiques pour la santé et/ou l'environnement, comprenant une composition à base de résine époxy et une composition de durcissement dépourvue d'agent durcisseur aminé aromatique. L'invention concerne également l'utilisation de cette composition pour l'enrobage des déchets.



WO 2010/004189 A2

Composition d'enrobage pour le stockage de déchets toxiques pour la santé et/ou l'environnement dépourvue d'agent durcisseur amine aromatique

L'invention concerne une composition d'enrobage pour le stockage ou le
5 confinement de déchets toxiques pour la santé et/ou l'environnement, comprenant une composition à base de résine époxy et une composition de durcissement dépourvue d'agent durcisseur amine aromatique.

L'invention concerne également l'utilisation de cette composition pour l'enrobage desdits déchets.

10 Les résines échangeuses d'ions utilisées pour purifier l'eau des installations nucléaires, qui, après utilisation et perte d'efficacité, doivent être stockées alors qu'elles ont fixé des radioéléments et présentent, de ce fait, une certaine radioactivité. D'autres éléments utilisés dans les centrales nucléaires, tels que les barreaux de magnésium, sont également contaminés après utilisation.

15 D'autres déchets, notamment non radioactifs, tels que des métaux lourds ou des matériaux contaminés par des métaux lourds nécessitent un confinement pour éviter leur dissémination dans l'environnement.

Ce type de déchets toxiques pour la santé et/ou l'environnement, en particulier les déchets radioactifs, doivent être stockés en respectant des règles de
20 sécurité en vigueur.

On connaît un certain nombre de techniques pour enrober ces déchets en vue de leur stockage, mettant en jeu l'utilisation de résines d'enrobage époxy ou polyester, ou encore des techniques de vitrification permettant l'inactivation de ces déchets.

25 La demande FR 2 825 182 décrit un système matriciel pour l'enrobage et le stockage d'un produit dangereux, dans lequel la composition d'enrobage comprend une résine époxy et une substance absorbant l'eau, permettant d'enrober des résines échangeuse d'ions à teneur élevée en eau résiduelle.

Un procédé décrit dans le brevet US 4 599 196 met en œuvre un traitement
30 préalable des résines échangeuse d'ions cationiques pour en atténuer le caractère acide, la composition de durcissement devant être adaptée en fonction de cette acidité.

Le brevet US 5 416 251 décrit un procédé d'enrobage de résine échangeuse d'ions dans lequel l'eau de ruissellement est bloquée par un agent hydrophobe formant un film, afin d'éviter l'inhibition de la réaction entre la résine et le durcisseur.

5 Cependant, les compositions d'enrobage, qui comprennent une composition à base de résine époxy et une composition de durcissement, peuvent contenir, comme agent durcisseur, des amines aromatiques qui sont déconseillées par les normes sanitaires en vigueur ou sont susceptibles de le
10 devenir. En effet, certains d'entre eux comportent des risques classés « CMR » (cancérigène, mutagène et/ou toxique pour la reproduction). Bien que leur utilisation soit tolérée dans des conditions d'utilisation précises, il est recherché de les substituer par des produits ne présentant pas ces inconvénients.

 Il existe donc un besoin d'une composition d'enrobage de déchets toxiques qui soit stable aux radiations, aisément manipulable à température ambiante et qui
15 présente les propriétés de sécurité requises en matière, notamment de résistance à la compression et à la lixiviation, sans nécessiter de traitement préalable particulier du déchet à traiter, et ne comportant pas d'agent durcisseur amine aromatique, ceci sans que la réaction époxy-amine soit affectée par la présence d'eau et en l'absence de tout rajout additionnel d'agent spécifique absorbant l'eau,
20 en plus du système réactionnel époxy-amine global (c'est à dire hormis les composants réactifs du système époxy-amine).

 Selon une alternative de l'invention, ladite composition d'enrobage peut être dépourvue d'agent durcisseur aromatique.

25 On a maintenant trouvé que l'utilisation d'amidoamines en tant qu'agent durcisseur permet d'obtenir une composition d'enrobage remplissant ces objectifs et critères.

 Par « amidoamine », on entend le produit de la réaction entre une polyamine aliphatique et un acide gras, ayant des fonctions terminales et/ou
30 latérales amines (amidification avec excès d'amine par rapport à CO_2H).

 Le choix de ces amines particulières comme durcisseur présente de nombreux avantages :

- elles ne sont pas classées parmi les produits « CMR » (cancérigènes mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction) ou susceptibles de l'être,
- la présence simultanée de nombreuses fonctions amines assure la formation de nombreuses liaisons C-N avec les groupes époxy de la résine, permettant la formation d'un réseau époxydique plus compact : il en résulte une stabilité améliorée aux radiations et aux sollicitations mécaniques de type compression (stabilité à la déformation) et, plus particulièrement, une résistance à la compression non affectée après exposition aux rayonnements ionisants,
- leur cinétique de réticulation, relativement lente et contrôlée (réactivité contrôlée), permet de maîtriser la réactivité lors de la réticulation sans que la réactivité des composants réactifs soit affectée par la présence éventuelle d'eau, et ceci en l'absence de toute substance absorbant l'eau autre que les composants réactifs du système époxy-amine,
- elles peuvent être aisément mises en œuvre à température ambiante (10-40°C, de préférence 15-30°C), du fait de leur faible viscosité, de préférence inférieure à 4 Pa.s à 25°C, et ceci par simple mélange des composants.

Par « réticulation », on entend le branchement de chaînes de polymères entre elles par des ponts ou liaisons chimiques, afin de constituer un réseau macromoléculaire tridimensionnel de masse moléculaire infinie et présentant des propriétés physico-chimiques différentes du polymère initial. Dans le cas des résines thermodurcissables, celles-ci passent d'un état pâteux à un état solide. La réticulation est l'aboutissement de la polymérisation et est un processus irréversible résultant dans l'obtention d'un polymère tridimensionnel solide, infusible et insoluble.

Dans le cas des résines époxy, la réticulation s'effectue par réaction avec un durcisseur, ou, plus précisément, par réaction d'une composition de résine époxy avec une composition de durcissement (à base d'amines) exempte d'amine aromatique.

Selon une alternative de l'invention, ladite composition de durcissement peut être dépourvue d'agent durcisseur aromatique.

L'invention concerne donc, selon un premier aspect, une composition d'enrobage pour le stockage ou le confinement de déchets toxiques pour l'environnement et/ou la santé, qui comprend une composition à base de résine époxy et une composition de durcissement, ladite composition de durcissement comprenant un durcisseur constitué d'au moins une amidoamine, ladite composition d'enrobage étant dépourvue d'agent durcisseur amine aromatique .

En particulier, ladite composition d'enrobage peut être dépourvue d'agent durcisseur aromatique.

Avantageusement, ladite amidoamine est le produit de la réaction entre une ou plusieurs polyéthylènepolyamine(s) (par définition aliphatiques) et un ou plusieurs acide(s) gras mono- ou poly-insaturés, et plus préférentiellement entre des oligoéthylèneamines et des acides gras mono- ou poly-insaturés en C₁₂-C₁₈.

Ladite composition d'enrobage doit être dépourvue de toute substance absorbant l'eau rajoutée en plus des composés réactifs du système époxy-amine. En effet, les amidoamines présentes dans la composition réactionnelle constituent un des composants réactifs du système époxy-amine, et peuvent réagir avec l'eau, par hydrolyse, ce qui permet de surmonter le problème de l'influence de l'eau de ruissellement sur le durcissement (c'est à dire sur la réaction de réticulation entre époxy et amine).

De préférence, la composition d'enrobage comprend de 50 à 80%, en particulier 60 à 70%, en poids de composition à base de résine époxy et de 20 à 50%, en particulier 30 à 40%, en poids de la composition de durcissement.

Composition de durcissement

La composition de durcissement utilisable dans la composition d'enrobage selon l'invention comprend, avantageusement au moins une amidoamine faiblement réactive, c'est à dire ayant une cinétique de réticulation relativement lente et contrôlée. On utilisera de préférence une ou plusieurs amidoamine(s) ayant une durée de vie en pot jusqu'à gélification, c'est à dire jusqu'à viscosité tendant vers l'infini (en anglais « pot life ») à 25°C de 400 à 700 min, mesurée par

la méthode du Gel timer sur 150 g de mélange avec une résine époxy diglycidyléther de bisphénol A (DGEBA).

Avantageusement, ladite amidoamine ou ledit mélange d'amidoamines a une viscosité à 25°C de l'ordre de 0,2 à 2 Pa.s.

- 5 De préférence, on utilisera une ou plusieurs amidoamine(s) ayant un indice d'amine, correspondant à une masse équivalente par hydrogène actif, de l'ordre de 90 à 110 g/H.

Des amidoamines particulièrement préférées aux fins de l'invention peuvent être, par exemple, choisies parmi les produits suivants, qui sont des produits de
10 réaction entre :

- une ou plusieurs polyéthylènepolyamine(s) (amine(s) aliphatique(s) par définition) de préférence choisie(s) parmi les oligoéthylèneamines, et plus préférentiellement, parmi les polyéthylènetétramines et les polyéthylènepentamines, telles que, par exemple la diéthylènetriamine, la
15 triéthylènetétramine, la tétraéthylènetétramine, la tétraéthylènepentamine ou la bis(3aminopropyl)éthylènediamine, et
- un ou plusieurs acide(s) gras mono- ou poly-insaturé(s) en C₁₂-C₁₈ (mono et/ou polyacides), tel(s) que, par exemple, l'acide oléique, linoléique, linolénique, l'acide palmitoléique ou l'acide myristique, de préférence, les
20 acides gras poly-insaturés gras d'origine végétale, tels que les acides gras d'origine végétale contenus dans les résidus de distillation du bois, désignés en anglais par le terme « Tall oil », l'acide linoléique et l'acide alpha- ou gamma-linolénique étant particulièrement préférés.

Par ailleurs, les amidoamines sont susceptibles de se trouver en équilibre
25 réversible avec la forme cyclisée imidazoline. On utilisera de préférence une amidoamine ou un mélange d'amidoamines riche en imidazoline(s), dont la réactivité permet de réguler la vitesse de la réaction de réticulation et qui, avantageusement, sont susceptible(s) de réagir avec l'eau amenée par les déchets humides.

- 30 Une amidoamine préférée aux fins de l'invention est le produit de la réaction entre la tétraéthylènepentamine et les acides gras d'origine végétale

contenus dans les résidus de distillation du bois, désignés de manière usuelle en anglais par le terme TOFA (pour « Tall Oil Fatty Acids »).

Composition de résine

5 La composition de résine utilisable dans la composition d'enrobage selon l'invention est de préférence choisie de telle manière qu'elle assure une bonne complémentarité avec la composition de durcissement, notamment en termes de cinétique de durcissement et d'apport à la résistance mécanique du bloc de déchet enrobé. Cette résistance mécanique peut s'exprimer en termes de
10 résistance à la compression, flexion, cisaillement, performances viscoélastiques, etc.

 La composition de résine peut comprendre un mélange contenant la résine époxy ainsi que un ou plusieurs additifs, notamment choisis parmi des diluants réactifs ou plastifiants (non réactifs), des agents modificateurs de rhéologie,
15 notamment agents thixotropes et des agents tensioactifs du type alcools gras éthoxylés ou esters d'acides gras et de polyols, ayant un rôle d'émulsifiant dans le cas de déchets aqueux, ou de mouillant dans le cas de déchets solides ou des agents séquestrants, du type EDTA (acide éthylènediaminetétraacétique) dans le cas de déchets métalliques ou déchets contenant des ions métalliques.

20 La résine époxy utilisable dans la composition d'enrobage aux fins de l'invention est, de préférence, une résine époxy dont la masse équivalente par époxy est comprise entre 190 et 210 g/mol. Ladite résine époxy incorpore éventuellement un diluant réactif, de préférence choisi parmi les monoépoxydes ou les époxydes multifonctionnels de viscosité inférieure à 0,5 Pa.s à 25°C.

25 De préférence, ladite résine époxy aura un taux d'aromaticité élevé de 35 à 55%, et plus préférentiellement de 40 à 50% exprimé en pourcentage d'atomes de carbone aromatiques sur le nombre total d'atomes de carbone de la résine époxy.

 Avantageusement, le nombre de fonctions époxy, par molécule (monomère) de ladite résine époxy est de 2 à 5.

30 Ladite résine époxy aura, par exemple, une masse molaire en g/mol d'environ 300 à 800 g/mol, ce qui correspond à une masse équivalente par époxy située entre 125 et 225 exprimée en g/mol.

Une résine époxy préférée est une résine résultant de la réaction entre le bisphénol A et l'épichlorhydrine, en particulier la résine diglycidyléther de bisphénol A (DGEBA).

Selon un aspect préféré de l'invention, on utilisera un mélange de résines
5 époxy de fonctionnalité d'au moins 2, de manière à augmenter la densité de liaisons (densité de réticulation) lors de la réticulation.

On utilisera, de préférence, un mélange de résine époxy bifonctionnelle, telle qu'une résine résultant de la réaction entre le bisphénol A et/ou le bisphénol F et l'épichlorhydrine, et d'au moins une résine polyfonctionnelle, c'est-
10 à-dire une résine époxy ayant un nombre de fonctions époxy par monomère supérieur à 2, telles que, par exemple, les résines époxy de type phénol novolaque ou époxy tris(hydroxyphényl)méthane etc.

La composition de résine comprend, de préférence, un diluant époxyde réactif (par rapport aux amines), de préférence monofonctionnel ou
15 polyfonctionnel, et plus préférentiellement de viscosité à 25°C inférieure à 0,5 Pa.s, qui participe à la réaction entre les composés amines de la composition de durcissement et la résine époxy. Des diluants réactifs utilisables sont, par exemple, le *p-tert*-butylphénylglycidyléther, le crésylglycidyléther, l'éthylhexylglycidyléther ou triépoxyde comme le triglycidyléther de
20 triméthylolpropane, le triglycidyl éther de glycérol. On utilisera de préférence un diluant aromatique, en particulier le *p-tert*-butylphénylglycidyléther.

Avantageusement, le choix d'un diluant aromatique permet d'augmenter le taux d'aromaticité du polymère, et, de ce fait, la résistance aux radiations de la composition d'enrobage.

25 La composition de résine peut également comprendre, le cas échéant, un diluant plastifiant (non réactif) choisi, de préférence, parmi les solvants lourds, c'est-à-dire ayant un poids moléculaire de 140 à 600 g/mol, et de préférence, 140 à 500 g/mol, hydrophobes et miscibles aux amines de durcissement.

Ces composés permettent d'éviter la fissuration du bloc de déchet enrobé
30 lors de chocs thermiques et d'ajuster la viscosité de la composition de durcissement, ainsi que d'éviter l'exsudation d'eau résiduelle et d'imperméabiliser la composition d'enrobage (résistance à la lixiviation).

On utilisera, par exemple, comme composé diluant plastifiant, un composé choisi parmi les éthers de glycol lourds, comme l'éther méthylique de tripropylèneglycol ; les esters aromatiques, comme l'acétate de benzyle; l'oxyde de benzyle ; les phtalates d'alkyle en C₈-C₁₂, en particulier le phatalate d'isononyle
5 ou d'iso-undécyle et leurs mélanges.

Avantageusement, la composition de résine de ladite composition d'enrobage selon l'invention comprend un agent thixotrope qui permet de contrôler la baisse de la viscosité, en particulier au début de la réaction, et participe à la maîtrise de l'exothermie.

10 On utilisera, de préférence, un agent thixotrope hydrophobe qui permet, en particulier l'obtention d'un déchet enrobé de manière homogène, en limitant la remontée du déchet dans la composition d'enrobage lorsqu'il est léger, par exemple dans le cas de résines échangeuse d'ions.

Des agents thixotropes hydrophobes utilisables peuvent être choisis, par
15 exemple, parmi la silice pyrogénée hydrophobe et l'argile modifiée organophile telle qu'obtenue par modification par le greffage d'un agent greffant organique hydrophobe.

Selon la nature du déchet à enrober, la composition de résine peut également comprendre un ou plusieurs agent(s) tensioactif(s) ou agent(s)
20 séquestrant(s), comme décrit plus haut.

Notamment, dans le cas de l'enrobage de résines échangeuses d'ions on utilisera un agent tensioactif pour améliorer la cohésion par un meilleur mouillage et une meilleure adhésion entre la composition d'enrobage et la résine échangeuse d'ions à enrober. On utilisera dans ce cas, de préférence, un agent
25 tensioactif non ionique, notamment un agent tensioactif non ionique non dilué dans l'eau (anhydre) hydrophile, tel que, par exemple, ceux choisis parmi les alcools gras éthoxylés et les polyéthers de siloxane.

Dans le cas d'autres déchets à enrober, notamment pour l'enrobage de métaux, on utilisera un agent séquestrant ou complexant approprié comportant
30 des groupements qui interagissent avec l'élément métallique à enrober, par exemple des groupements -CO₂H, comme l'EDTA.

Le type d'agent tensioactif ou séquestrant à inclure dans la composition de résine pourra varier en fonction des besoins et de l'effet souhaité.

De préférence, la composition de résine comprend, par rapport au poids total de la composition de résine :

- 5 - 70 à 90% en poids d'une résine époxy ou d'un mélange de résine époxy, de préférence 85 à 90%,
 - 5 à 15% en poids d'un diluant réactif, de préférence 8 à 12%,
 - 5 à 15% en poids d'un diluant plastifiant, de préférence 5 à 10%,
 - 0 à 3% en poids d'un agent thixotrope, de préférence 1 à 2%, et
 - 10 - 0 à 2% d'au moins un agent tensioactif ou séquestrant,
- la somme des composants de la composition de résine n'excédant pas 100%.

De manière optionnelle, on peut également ajouter à la composition d'enrobage, après mélange de la composition de durcissement et de la composition de résine, un additif de renfort permettant d'améliorer les propriétés mécaniques ainsi que la résistance aux radiations du bloc de déchet enrobé, par exemple à raison de 0 à 10% en poids total de la composition d'enrobage.

On peut utiliser, par exemple, des fibres de verre courtes, des fibres de carbone, des fibres céramiques ou des fibres organiques de synthèse, les fibres de verre, de carbone et les fibres céramiques étant préférées. Le choix du type de matériau ou additif de renfort sera fonction du niveau des propriétés de résistance recherchées.

L'invention concerne également l'utilisation d'une composition d'enrobage telle que définie plus haut pour la préparation d'un bloc de déchet enrobé, ainsi que le bloc de déchet enrobé ainsi obtenu.

En particulier, ledit bloc de déchet enrobé peut comprendre de 30 à 60% en poids de composition d'enrobage et de 70 à 40% en poids de déchet.

Ledit bloc de déchet enrobé peut être préparé par un procédé comprenant les étapes consistant à :

- 30 i) préparer une composition d'enrobage par mélange d'une composition de résine et d'une composition de durcissement telles que définies ci-dessus, et

- ii) incorporer le déchet à enrober dans ladite composition d'enrobage, et
- iii) enrober et réticuler jusqu'à obtention d'un bloc de déchet enrobé et durci.

De manière optionnelle, on ajoutera un additif de renfort à la composition d'enrobage dans une étape intermédiaire se situant avant l'incorporation de déchet à enrober et après la préparation de la composition d'enrobage.

Le mélange de la composition de résine et de la composition de durcissement peut être effectué, par exemple, à une température de 15 à 30°C. Si nécessaire, la composition de résine, d'une part, et la composition de durcissement, d'autre part, peuvent être chauffées ou refroidies avant mélange, notamment jusqu'à une température de 20 à 25°C.

Le déchet à enrober peut être un déchet sous forme solide, éventuellement divisée, ou sous forme semi-liquide, telle qu'une boue ou une pâte visqueuse.

En particulier, la composition d'enrobage peut être utilisée pour stocker ou confiner des déchets radioactifs, tels que, par exemple, des résines échangeuses d'ions anioniques ou cationiques et leurs mélanges, des barreaux de magnésium contaminés, des pièces métalliques irradiées telles que pièces irradiées par une faible ou moyenne radioactivité ou les cendres radioactives. Donc, la composition selon l'invention est particulièrement utile et utilisée pour l'enrobage et le stockage et/ou le confinement de déchets toxiques pour la santé et/ou pour l'environnement.

La composition d'enrobage peut alternativement être utilisée pour stocker ou confiner des déchets toxiques non radioactifs, tels que, par exemple, des métaux lourds ou des matériaux en contenant, des pièces métalliques divisées provenant du démantèlement d'ateliers industriels ou des produits générant ou libérant des substances nocives, telles que la dioxine, le phosgène, NH_3 , morpholine, hydrazine, SO_2 ou SO_3 .

Le déchet enrobé par la composition d'enrobage selon l'invention, sous forme de bloc, présente des propriétés de résistance à la compression élevées, ainsi qu'une bonne résistance chimique aux agressions des agents acides ou basiques, ou des agents oxydants, de la lumière, ainsi qu'une résistance élevée à la lixiviation. Il présente des bonnes performances mécaniques en compression,

en particulier après exposition à un rayonnement ionisant, ainsi qu'une résistance en cisaillement, avec d'excellentes performances mécaniques dynamiques.

L'invention est illustrée de manière non limitative par les exemples suivants.

5 Exemple 1 : préparation d'une composition d'enrobage

On a préparé la composition d'enrobage suivante :

1) Composition de résine époxy

Composant	Teneur (en % pondéral)
Résine époxy diglycidyléther de bisphénol A (DGEBA) fonctionnalité $f = 2$	77,8
Résine époxyphénol novolaque (de masse équivalente époxy 170-180g/mol) $f > 2$	9,85
p-tert-butylphénylglycidyléther (diluante réactif)	10,85
Silice pyrogénée hydrophobe (agent thixotrope)	1,5

10

2) Composition de durcissement avec 50p de composition de durcisseur pour 100p de composition de résine époxy (soit 33,3% de durcisseur)

Composant	Teneur (en % pondéral)
Produit de réaction entre la tétraéthylènepentamine et les acides gras d'origine végétale contenus dans les résidus de distillation du bois (TOFA) (Ancamide 506 d'AIR PRODUCTS)	100

15

Le mélange a été réalisé en malaxant pendant 5 à 10 min à température ambiante comprise entre 15 et 30 °C la composition de résine avec la composition de durcissement, celles-ci étant préalablement dosées et amenées à une température de 20 à 25°C. Le déchet à enrober est incorporé immédiatement après réalisation du mélange.

20

Exemple 2 : enrobage d'une résine échangeuse d'ions

On mélange, dans un fût métallique de 200 l, 58 kg de composition de résine époxy et 28 kg de composition de durcissement de l'exemple 1.

Le mélange est malaxé à l'aide d'un mobile de malaxage de diamètre 520 mm, à un seul étage et 4 pales de largeur 200 mm orientées à 45°, avec un agitateur à une vitesse de 60 tours/min pendant 1 à 2 min.

119 kg de résines échangeuses d'ions polystyréniques ou acryliques
5 ioniquement équilibrées (Amberlite MB20 de ROHM&HAAS) sont alors immédiatement introduits sous agitation dans le mélange à un débit de 500 kg/h, puis on mélange le tout pendant 7 min à 60 tours/min, puis 7 min à 140 tours/min.

Après un arrêt de 5 min pour dégazage, le mélange est homogénéisé pendant 5 min à 140 tours/min.

10 On obtient un bloc de résine échangeuse d'ions enrobée de 205 kg.

Les performances de résistance à la compression après exposition aux rayonnements ionisants du bloc de résine échangeuse d'ions enrobée ainsi obtenu atteignent les spécifications de l'Agence nationale de gestion des déchets radioactifs (ANDRA).

15 La spécification ANDRA requiert moins de 20% de perte en résistance à la compression après exposition à un rayonnement ionisant.

Les résultats obtenus avec l'essai réalisé selon l'exemple 2, qui est représentatif de la présente invention, montrent qu'après une exposition de 20 jours, à un rayonnement gamma de débit moyen de dose de 182 Gray/h, non
20 seulement il n'y a pas de perte de résistance à la compression après exposition dans le cas du déchet enrobé selon la présente invention, mais au contraire il y a un gain significatif de ladite résistance après exposition qui est de 18%, par rapport à la valeur correspondante avant exposition.

REVENDEICATIONS

1. Composition d'enrobage pour le stockage ou le confinement de déchets toxiques pour l'environnement et/ou la santé, caractérisée en ce que ladite
5 composition d'enrobage comprend de 50 à 80% en poids d'une composition de résine à base de résine époxy et de 20 à 50% en poids d'une composition de durcissement comprenant un durcisseur constitué d'au moins une amidoamine, ladite composition de durcissement étant dépourvue d'agent durcisseur amine aromatique et en ce que la composition de durcissement comprend un durcisseur
10 constitué d'au moins une amidoamine choisie parmi les produits de réaction entre une ou plusieurs polyéthylènepolyamine(s) (aliphatique(s)) et un ou plusieurs acide(s) gras mono- ou poly-insaturé(s) en C₁₂-C₁₈, et en ce que ladite résine époxy a un taux d'aromaticité de l'ordre de 40 à 50% et en ce que ladite composition est dépourvue de toute autre substance absorbant l'eau, en dehors
15 des composants réactifs du système époxy-amine.
2. Composition selon la revendication 1, caractérisée en ce que la ladite composition de durcissement est dépourvue d'agent durcisseur aromatique.
3. Composition selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la polyéthylènepolyamine aliphatique est choisie parmi les
20 polyéthylènetétramines et les polyéthylènepentamines.
4. Composition selon la revendication 3, caractérisée en ce que la polyéthylènepolyamine aliphatique est choisie parmi la diéthylènetriamine, la triéthylènetétramine, la tétra-éthylènetétramine, la tétraéthylènepentamine ou la bis(3-aminopropyl)éthylènediamine.
- 25 5. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la composition de résine comprend une résine époxy dont la masse l'équivalente par époxy est comprise entre 190 et 210 g/mol.
6. Composition selon la revendication 5, caractérisée en ce que le nombre de fonctions époxy par molécule (monomère) de ladite résine époxy est de 2 à 5.
- 30 7. Composition selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisée en ce que ladite résine époxy est une résine résultant de la réaction entre le bisphénol A et/ou le bisphénol F et l'épichlorhydrine.

8. Composition selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisée en ce qu'on utilise comme résine époxy un mélange de résine époxy bifonctionnelle et d'au moins une résine époxy polyfonctionnelle de fonctionnalité supérieure à 2, de préférence de 2 à 5.
- 5 9. Composition selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisée en ce qu'on utilise comme résine époxy un mélange de résine résultant de la réaction entre le bisphénol A et/ou le bisphénol F et l'épichlorhydrine et d'au moins une résine polyfonctionnelle.
- 10 10. Composition selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisée en ce que la résine résultant de la réaction entre le bisphénol A et l'épichlorhydrine est la résine diglycidyléther de bisphénol A (DGEBA).
11. Composition selon l'une quelconque des revendications 5 à 10, caractérisée en ce que la composition de résine époxy comprend au moins un additif choisi parmi les diluants réactifs ou plastifiants, les agents thixotropes
15 hydrophobes, les agents tensioactifs et les agents séquestrants.
12. Composition selon la revendication 11, caractérisée en ce que le diluant réactif est choisi parmi le *p-tert*-butylphenylglycidyléther, le crésylglycidyléther, le l'éthylhexylglycidyléther, le triglycidyléther de triméthylol propane et le triglycidyléther de glycérol.
- 20 13. Composition selon l'une des revendications 11 ou 12, caractérisée en ce que le diluant plastifiant est choisi parmi les éthers de glycol lourds, les esters aromatiques, l'oxyde de benzyle, les phtalates d'alkyle en C₈-C₁₂ et leurs mélanges.
14. Composition selon l'une quelconque des revendications 11 à 13,
25 caractérisée en ce que l'agent thixotrope hydrophobe est choisi parmi la silice pyrogénée hydrophobe et l'argile modifiée organophile.
15. Composition selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, caractérisée en ce que l'agent tensioactif est un agent tensioactif non ionique.
16. Composition selon l'une quelconque des revendications 11 à 15,
30 caractérisée en ce que le matériau de renfort est choisi parmi les fibres de verre courtes, les fibres de carbone, les fibres céramiques et les fibres organiques de synthèse.

17. Composition selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, caractérisée en ce que la composition de résine comprend, par rapport au poids total de la composition de résine :

- 5 - 70 à 90% en poids d'une résine époxy ou d'un mélange de résine époxy, de préférence 85 à 90%,
- 5 à 15% en poids d'un diluant réactif, de préférence 8 à 12%,
- 5 à 15% en poids d'un diluant plastifiant, de préférence 5 à 10%,
- 0 à 3% en poids d'un agent thixotrope, de préférence 1 à 2%, et
- 0 à 2% d'au moins un agent tensioactif ou agent séquestrant,
- 10 la somme des composants de la composition de résine n'excédant pas 100%.

18. Utilisation d'une composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 17 pour la préparation d'un bloc de déchet enrobé.

15 19. Utilisation selon la revendication 18, caractérisé en ce que ledit bloc de déchet enrobé comprend de 30 à 60% en poids de composition d'enrobage et de 70 à 40% en poids de déchet.

20. Utilisation selon l'une des revendications 18 ou 19, caractérisée en ce que ledit bloc de déchet enrobé est préparé par un procédé comprenant les étapes consistant à :

- 20 (i) préparer une composition d'enrobage par mélange d'une composition de résine et d'une composition de durcissement telles que définies dans l'une quelconque des revendications 1 à 17, et
- (ii) incorporer le déchet à enrober dans ladite composition d'enrobage, et
- 25 (iii) enrober et réticuler jusqu'à obtention d'un bloc de déchet enrobé et durci.

21. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce qu'on ajoute un additif de renfort à la composition d'enrobage avant l'incorporation de déchet à enrober.

30 22. Utilisation selon l'une des revendications 20 ou 21, caractérisée en ce que le mélange de la composition de résine et de la composition de durcissement est effectué à une température de 15 à 30°C.

23. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 18 à 22, caractérisée en ce que le déchet à enrober est sous forme solide ou sous forme semi-liquide.

24. Utilisation selon la revendication 23, caractérisée en ce que le déchet à
5 enrober est un déchet radioactif ou non radioactif.

25. Utilisation selon l'une des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que ledit déchet est choisi parmi les résines échangeuses d'ions anioniques ou cationiques et leurs mélanges, les barreaux de magnésium contaminés, les pièces métalliques irradiées et les cendres radioactives.

10 26. Utilisation selon l'une des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que ledit déchet est choisi parmi les métaux lourds ou les matériaux en contenant, les pièces métalliques divisées provenant du démantèlement d'ateliers industriels et des produits générant ou libérant des substances nocives.

27. Utilisation selon l'une des revendications 18 à 26, caractérisée en ce
15 qu'elle concerne l'enrobage et le stockage et/ou le confinement de déchets toxiques pour la santé et/ou pour l'environnement.