

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 29/08/2019

(21) Numéro de demande : BE2019/5022

(22) Date de dépôt : 15/01/2019

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : C04B 18/24, C04B 18/02, C04B 103/30, C04B 103/40, C04B 103/52

(30) Données de priorité :

05/02/2018 FR 1850921

(71) Demandeur(s) :

L.A. LINIERE
59630, BOURBOURG
France

(72) Inventeur(s) :

DUPRE Blaise
80000 AMIENS
France

LAIDOUDI Boubker
80090 AMIENS
France

(54) MATERIAU DE CONSTRUCTION DE TYPE BETON PORTEUR COMPRENANT DES ANAS DE LIN ENROBES

(57) La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un béton porteur à base d'anas de lin, ledit procédé présentant une phase d'enrobage des anas de lin comprenant les étapes suivantes : une incorporation dans un malaxeur d'anas de lin dans un mélange aqueux comprenant au moins un liant minéral ; un traitement d'inertage par brassage des anas de lin et du mélange aqueux comprenant l'au moins un liant minéral pour une pénétration dudit mélange aqueux dans les pores et les canaux desdits anas de

lin ; et une cure des anas de lin par séchage pour une obturation desdits pores et une solidification des anas de lin afin d'obtenir des anas de lin enrobés.

MATERIAU DE CONSTRUCTION DE TYPE BETON PORTEUR
COMPRENANT DES ANAS DE LIN ENROBES

BE2019/5022

Domaine technique et art antérieur

5 La présente invention concerne le domaine du bâtiment, et plus particulièrement la fabrication d'un matériau de construction de type béton à base de granulats de lin (ou anas de lin).

 L'objet de la présente invention porte plus précisément sur un béton à base d'anas de lin, dit béton de lin, qui est porteur et renferme des granulats de lin enrobés d'un lait de liant
10 minéral tel que par exemple de la chaux et/ou du ciment, et éventuellement d'un tensioactif et/ou d'un plastifiant.

 Par béton porteur, on comprend ici un béton destiné à être utilisé dans la construction d'un élément de maçonnerie tel que par exemple la construction d'un mur porteur. Un tel béton de lin est dit porteur car il présente une résistance à la compression comprise entre 3 et 7 MPa.

15 Par granulats de lin ou anas de lin au sens de la présente invention, on entend dans toute la description qui suit les co-produits issus des lignes de teillage de lin. Les anas présentent généralement une longueur inférieure à 250 mm et une densité comprise entre 75 et 105 kg/m³. Ces anas constituent le plus souvent les co-produits des lignes de teillage après l'étape de
20 défibrage du lin.

 L'utilisation de ces anas de lin dans la fabrication d'un béton trouve de nombreuses applications avantageuses dans l'industrie de la construction, et particulièrement l'industrie du bâtiment et notamment la construction de bâtiments neufs.

25 Le béton est un matériau de construction composite qui, classiquement, est fabriqué à partir notamment de granulats minéraux (graviers de taille supérieure à 1 cm) agglomérés par un liant minéral pulvérulent (par exemple un ciment, de la chaux ou du sulfate de calcium).

 Le mortier est également un matériau de construction composite fabriqué à partir notamment de granulats (gravillons de taille inférieure à 1 cm) agglomérés par un liant minéral
30 pulvérulent semblable à celui d'un béton.

 Généralement, qu'il s'agisse d'un béton ou d'un mortier, le liant minéral est hydraté, autrement dit mis en contact avec de l'eau au cours d'un processus de mélange dénommé « gâchage » permettant l'agglomération des granulats.

 On parle de béton (ou mortier) à base de liants hydrauliques.

Les techniques de fabrication de béton classique sont largement connues de l'état de la technique.

On sait cependant que le secteur du bâtiment affecte fortement l'environnement à travers
5 les consommations de ressources naturelles et d'énergie.

Ces consommations s'accompagnent d'émissions de déchets et de polluants agissant sur le climat global, local et intérieur.

Dans ce contexte, il est préférable que les constructions soient économes en énergie et aient recours à des matériaux à faibles impacts environnementaux et sanitaires.

10 La réglementation thermique se voit ainsi renforcer progressivement afin de limiter les besoins énergétiques des bâtiments ; on note à cet effet que de nombreux labels ont été créés afin de favoriser l'innovation technologique autour de ces réductions en énergie.

Ainsi, les exigences des différentes réglementations thermiques et le développement de plusieurs labels, conduisent à la mise en œuvre d'enveloppes de plus en plus étanches à l'air et
15 très performantes en termes d'isolation thermique.

En parallèle, des mesures incitatives sont proposées en faveur des matériaux biosourcés afin que ceux-ci prennent une part importante dans la composition des matériaux de construction.

20 On note ainsi qu'un des objectifs fixés à l'issue du Grenelle est d'atteindre 10% de matériaux biosourcés dans le bâtiment, hors bois d'œuvre, à l'horizon 2020.

Parmi ces matériaux biosourcés, les bétons intégrant des particules végétales tels que les bétons de chanvre, de lin ou encore de miscanthus répondent à ces enjeux.

La valorisation des productions agricoles à des fins non-alimentaires a donc pris au
25 cours de ces dernières décennies une dimension nouvelle : une nouvelle ère s'ouvre pour le végétal grâce aux progrès de la recherche dans le domaine des matériaux de construction.

On connaît depuis les années 1990 les bétons incorporant de la chènevotte issue de la plante de chanvre.

30 La chènevotte, riche en lignines, est la partie interne de la tige de chanvre textile.

La publication en 2007 de règles professionnelles d'exécution d'ouvrage en bétons de chanvre montre la maturité et la volonté de structuration de cette filière.

Cette dernière s'organise pour mettre à disposition des quantités de chanvre suffisantes pour une utilisation industrielle (environ 350000 m3/an).

Aujourd'hui, les applications du béton de chanvre dans le bâtiment se limitent principalement à du remplissage associé souvent à une ossature bois ou à des éléments non porteurs, en raison de résistances mécaniques plutôt faibles.

5 Les principales qualités du béton de chanvre reposent donc sur leur faible impact environnemental ainsi que sur leur comportement hygrothermique limitant les besoins énergétiques du bâtiment tout en assurant un bon niveau de confort ressenti.

10 Le béton de chanvre présente par rapport aux bétons classiques des qualités qui expliquent le développement de sa fabrication et son utilisation de plus en plus répandue comme élément de maçonnerie, notamment dans la construction ou la rénovation de murs non porteurs de type (liste non exhaustive) :

- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) sur murs maçonnés ou support béton ;
- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) sur système poteau/poutre ;
- Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) sur ossature bois ;
- 15 - Isolation par remplissage d'un système poteau/poutre ;
- Isolation par remplissage d'un système ossature bois ;
- Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI) sur murs maçonnés ou support béton ;
- Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI) sur ossature bois ;
- Mixte Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) sur système poteau/poutre et
- 20 Isolation par remplissage d'un système poteau/poutre ;
- Mixte Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) sur système ossature bois et Isolation par remplissage d'un système ossature bois.

25 Les anas de lin, coproduit agricole du lin, dont la production avoisine les 1500000 m3/an, présentent également un intérêt dans les bétons, au vu des niveaux de performance qui peuvent être obtenus.

Ces matières issues de la culture de lin ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche ces dernières années.

Aujourd'hui, on sait réaliser du béton non porteur à partir de granulats de lin.

30 On parle de béton de lin.

Les bétons de lin sont des matériaux de construction composites dans lesquels les granulats minéraux traditionnellement utilisés pour la fabrication de béton classique sont au moins partiellement remplacés par des granulats de lin (ou anas de lin).

Toutefois, la fabrication d'un béton de lin est largement subordonnée à la réalisation d'un béton présentant un séchage rapide, une faible réactivité chimique avec l'environnement, de faibles variations dimensionnelles en fonction des variations hygrothermiques.

La fabrication d'un béton de lin porteur s'avère donc complexe.

5 On sait en effet que les différentes particules végétales, si elles sont utilisées sous leurs formes naturelles, ne présentent pas un bon comportement avec les liants hydrauliques, en particulier, avec le ciment Portland.

Parfois, la présence de certains constituants des granulats végétaux empêche totalement la réaction d'hydratation du ciment. Il s'agit d'un phénomène complexe dans lequel les
10 différents constituants du ciment sont soumis à différents degrés, à l'action des sucres, tanins, phénols et hémicelluloses contenus dans la matière première végétale. En effet, plusieurs études ont signalé l'effet inhibiteur de ces composés sur la prise du ciment.

Nous pouvons citer par exemple les travaux de : MAGNIONT 2010, ESPINOZA 2009, PEYRATOUT 2007, DUPRE 2005, CEREZO 2005 et GOVIN 2004, etc.

15 La fabrication d'un béton de lin, qu'il soit porteur ou non-porteur, est largement subordonnée à la réalisation de bétons de lin dits stabilisés, c'est-à-dire présentant, outre une faible réactivité chimique avec l'environnement, de faibles variations dimensionnelles en fonction des variations hygrothermiques auxquelles ils sont soumis.

20 Un certain nombre d'hypothèses récurrentes ont été relevées dans la littérature (FISCHER 1974, HACHEMI 1989, DUPRE 2005, CEREZO 2005, SEDAN 2007, etc.) pour tenter d'expliquer ce phénomène de retard de prise.

En effet, la majorité des études réalisées sur cette thématique ont révélé que les retards de prise du ciment sont liés :

- 25
- d'une part, aux échanges qui peuvent se produire à l'interface matrice/granat lignocellulosique et aux réactions d'hydrolyse et de solubilisation de certains composés comme les sucres, les hémicelluloses et les pectines provoquées par le milieu fortement alcalin développé par l'hydratation du ciment ; et
 - d'autre part, à la diminution de la concentration des ions Ca^{2+} lors de la phase de
- 30 prise du ciment qui sont fixés par les fibres végétales (GOVIN 2004, SEDAN 2007, MAGNIONT 2010).

Aujourd'hui, bien qu'il n'y ait pas de véritables certitudes sur les différentes interactions entre les granulats lignocellulosiques et les matrices hydrauliques, on sait que les caractéristiques mécaniques des matériaux de construction peuvent être améliorées par une

meilleure qualité d'interface (interphase) entre la matrice hydraulique et les fibres (FISCHER 1974, PIMIENTA et al 1994, GOVIN 2004, CEREZO 2005, SEDAN 2007, LAIDOU DI 2012, etc.).

5 L'adhérence fibre-matrice peut être améliorée par la modification de la topologie de la surface de la particule végétale.

Ainsi, divers traitements permettent la modification de la surface de ces granulats agro-sourcés et par conséquent permettent de créer un lien fort à l'interface fibre-matrice.

10 Une bonne adhérence à l'interface contribue à son tour à l'amélioration du transfert de charges entre les fibres et la matrice et par conséquent à l'accroissement des propriétés mécaniques.

Divers traitements appliqués, soit à la matière végétale, soit à la matrice ciment, ont en effet été proposés dans la littérature : plusieurs techniques de modification de surface des fibres naturelles ont fait l'objet de nombreuses citations dans la bibliographie (LEDHEM 2000, 15 KHAZMA 2001, GOVIN2004, PEHANICHA 2004, LAZKO 2011, NOZAHIC 2011, LAIDOU DI 2012 et 2013, etc.).

On distingue le plus souvent quatre classes de traitement qui ont été répertoriés dans la bibliographie comme suit :

- 20
- les traitements physiques,
 - les traitements chimiques,
 - les traitements thermiques et
 - les traitements mixtes.

25 Les traitements physiques agissent de deux manières distinctes :

- soit par le gonflement préalable du granulat végétal,
- soit par l'enrobage de la fibre.

Dans une publication KHAZMA de 2001 intitulée « *Influence of sucrose addition on the performance of a lignocellulostic composite with a cementious matrix* », on divulgue un 30 enrobage de la fibre en ajoutant du sucrose en grande quantité afin d'améliorer le temps de prise et augmenter les propriétés mécaniques de celle-ci.

Les traitements chimiques consistent principalement à remplacer les groupements hydroxyles, fortement hydrophiles par des groupements hydrophobes (estérification).

Les traitements thermiques sont quant à eux effectués essentiellement sur le bois massif ou les granulats de bois (torréfaction, hydrolyse, etc.).

Enfin, les traitements mixtes consistent par exemple en l'association de traitements thermique et chimique.

5

Le choix du traitement doit se faire en cherchant la meilleure amélioration possible des caractéristiques du granulat en termes de compatibilité avec la matrice cimentaire et de diminution du caractère hydrophile.

10 Ce traitement doit nécessiter un minimum d'étapes, pouvoir s'effectuer avec la moindre consommation énergétique possible et représenter un coût économique et environnemental minimum.

Le Demandeur soumet que les différents traitements proposés jusqu'à présent sont complexes et freinent le développement de la filière du lin dans le domaine du bâtiment.

15

Objet et résumé de la présente invention

La présente invention vise à améliorer la situation décrite ci-dessus.

La présente invention vise plus particulièrement à remédier aux différents inconvénients mentionnés ci-dessus en proposant un traitement nouveau des anas de lin qui permet d'obtenir
20 un béton de lin porteur présentant des propriétés particulièrement avantageuses, tant au plan de ses capacités d'isolation thermique et acoustique qu'à sa capacité à transmettre la vapeur d'eau, qu'à celui de sa stabilité dimensionnelle vis-à-vis des variations hygrothermiques de son environnement.

25 La présente invention concerne selon un premier aspect un procédé de fabrication d'un béton porteur à base d'anas de lin.

Selon l'invention, le procédé présente une phase d'enrobage des anas de lin comprenant les étapes suivantes :

- 30 ○ une incorporation dans un malaxeur d'anas de lin dans un mélange aqueux comprenant au moins un liant minéral ;
- un traitement d'inertage par brassage, par exemple pendant environ 3 à 10 minutes, des anas de lin et du mélange aqueux comprenant l'au moins un liant minéral pour une pénétration du mélange aqueux dans les pores et les canaux

des anas de lin (par exemple par imprégnation des anas de lin par le mélange),
et

- une cure des anas de lin par séchage pour une obturation des pores et une solidification des anas de lin afin d'obtenir des anas de lin enrobés.

5 L'inertage par le brassage du mélange aqueux dans les pores et les canaux des anas de lin permet de façon caractéristique de rendre les anas hydrophobes afin qu'ils soient inertes aux réactions chimiques lors notamment de la prise du béton. Ici, l'eau dissout les sucres contenus dans les anas. Ses sucres migrent alors vers la matrice cimentaire et empêchent son hydratation. L'obturation des pores et des canaux des anas de lin permet ensuite d'éviter la reprise ultérieure
10 d'humidité.

Il en résulte que le béton fabriqué à partir des anas de lin enrobés ainsi obtenus présente d'excellentes qualités de stabilité dimensionnelles vis-à-vis des variations hygrothermiques.

Cette minéralisation proposée diminue donc le caractère hydrophile du lin et sa capacité d'absorption d'eau.

15 Avantageusement, l'étape d'incorporation comprend un ajout dans le malaxeur d'au moins un produit adjuvant.

De préférence, l'au moins un produit adjuvant comporte un tensioactif et/ou un plastifiant.

L'incorporation d'un tensioactif dans une matrice cimentaire permet d'avoir une
20 meilleure dispersion des composants pour ainsi d'éviter un effet d'agglomération et donc une hétérogénéité du matériau.

L'incorporation d'un plastifiant dans une matrice cimentaire permet quant à lui d'avoir une meilleure ouvrabilité du béton frais. Ceci permet alors d'éviter les manques lors du remplissage des moules pour le moulage des blocs.

25 Le plastifiant permet également d'utiliser moins d'eau pour l'hydratation du ciment.

Le tensioactif et/ou le plastifiant mis en œuvre pour obtenir les anas de lin enrobés peuvent être n'importe quel tensioactif et/ou plastifiant connu dans l'industrie du béton pour conserver au mélange une certaine plasticité et son homogénéité.

On peut ainsi utiliser, entre autres, les tensioactifs à base d'alcools gras éthoxylés et/ou
30 un plastifiant à base de poly-naphtalènes ou de poly-mélatinées.

Avantageusement, le tensioactif et/ou le plastifiant est mis en œuvre en solution aqueuse diluée ou en poudre à raison d'environ 0,5 à 3,5% en poids de tensioactif et/ou de plastifiant

par rapport au poids de liant(s) utilisé(s) et à raison d'environ 50 à 150 litres d'eau pour 1 m³ d'anas de lin.

Ceci peut varier selon le degré d'humidité de ces derniers.

Le Demandeur observe qu'aller au-delà des 3,5% rendrait la prise du béton impossible
5 ou rendrait le béton beaucoup trop fluide.

Ces deux adjuvants peuvent aussi être mélangés ensemble à raison d'environ 0,5 à 3% en poids par rapport au poids de liant(s) utilisé(s).

Avantageusement, la phase d'enrobage comporte préalablement à l'étape d'incorporation un brassage initial d'au moins un liant minéral avec de l'eau pour obtenir le
10 mélange aqueux comprenant l'au moins un liant minéral.

De préférence, cette étape de brassage initial est réalisée très rapidement pendant environ 150 à 200 secondes.

Optionnellement, le liant minéral comporte de la chaux et/ou du ciment apte à former après séchage une coquille dure autour desdits anas de lin.

15 On comprend ici que le ciment utilisé pour enrober les anas de lin peut être n'importe quel ciment de type connu, formant après séchage une coquille dure autour desdits anas.

De préférence, le liant minéral utilisé comporte un ciment de type CEM I (ou ciment de Portland) et/ou de type CEM II.

Un tel ciment CEM I qui contient au moins 95 % de clinker K et au plus 5% de
20 constituants secondaires convient notamment pour le béton armé ou le béton précontraint (résistance élevée et décoffrage rapide).

Le ciment de type CEM II (ou ciment de Portland composé) comporte moins de clinker K que le ciment de type CEM I – il contient au moins 65% de clinker (K) et au plus 35 % d'autres constituants secondaires.

25 Le principal constituant du clinker (le silicate tricalcique) voit son hydratation retardée lorsque le ciment entre en contact avec les sucres contenus dans les anas. L'utilisation de CEM II limite en nombre les réactions clinker – sucres, ce qui permet d'éviter un retard de la prise.

L'utilisation d'un tel ciment est ainsi adaptée notamment pour le béton armé en général (coulé sur place ou préfabriqué) ainsi que pour des travaux exigeant une élévation de
30 température modérée ou encore pour des travaux exigeant des résistances initiales élevées.

De préférence, le ciment est mis en œuvre à raison jusqu'à 75 kilogrammes pour 1 m³ d'anas de lin.

De la même façon, la chaux utilisée pour enrober les anas de lin peut être n'importe quelle chaux de type connu (chaux hydraulique, chaux pré-formulée, mélange spécifique des deux) formant après séchage une coquille dure autour des anas.

De préférence, la chaux utilisée présente une densité de l'ordre de $500 - 900 \text{ kg/m}^3$.

5 De préférence, la chaux est mise en œuvre à raison jusqu'à 75 kilogrammes pour 1 m^3 d'anas de lin.

Le Demandeur observe qu'au-delà de la limite donnée de 75kg de liant pour 1 m^3 d'anas, les performances en résistance à la compression ne garantissent plus le caractère porteur du béton. Le compromis entre porteur et isolant se fait principalement par la quantité d'anas ajoutée au mélange. Il est constaté que plus on met d'anas, plus on est isolant mais moins le
10 béton est porteur.

On comprend que le liant minéral peut également comporter un mélange de chaux et de ciment (à proportion sensiblement égale ou non) mis en œuvre à raison d'environ 20 à 75 kilogrammes pour 1 m^3 d'anas de lin.

15 Dans un mode de réalisation particulier, l'étape de cure des anas de lin est réalisée dans des conditions de stockage prédéterminées pendant une période déterminée.

De préférence, la période de cure est égale à au moins 7 jours.

De préférence, les conditions de stockage comprennent une température ambiante de stockage sensiblement égale à $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ et/ou une humidité relative de l'air, ou degré
20 hygrométrique, sensiblement égale à $60\% \pm 10\%$.

De préférence, les anas de lin enrobés sont stockés à l'abri des intempéries.

Les anas de lin mis en œuvre sont avantageusement des anas de lin fibres mais peuvent également être des anas de lin oléagineux.

25 On comprendra ici que les granulats enrobés obtenus après curage peuvent être stockés en vue d'une utilisation ultérieure, mais ils peuvent aussi être utilisés immédiatement pour la fabrication du béton de lin en tant que telle.

Dans ce cas, suite à la phase d'enrobage des anas de lin, le procédé comprend une phase d'obtention du béton comprenant :

30 - un mélange de granulats d'anas de lin enrobés avec une charge minérale pouvant contenir : du sable (par exemple selon une granulométrie comprise entre 0 – 10 et/ou 0 – 8), et/ou du gravier (par exemple selon une granulométrie comprise entre 4 – 6,3 et/ou 2 – 6 et/ou 3 – 6 et/ou 4 – 6), et/ou de la pouzzolane (par exemple selon une granulométrie comprise entre 4 – 7 et/ou 0 – 4 et/ou 0 – 7) ;

- un ajout d'eau de pré-mouillage ;
- un ajout d'au moins un liant et d'eau de gâchage ; et
- un moulage suivi d'un séchage.

5 Dans un mode de réalisation préférentiel de l'invention, le béton de lin est obtenu en ajoutant du sable, gravier et/ou pouzzolane à 1 m³ d'anas de lin enrobés jusqu'à obtenir un poids total situé entre 625 et 3100 Kilogrammes, puis en ajoutant une eau de pré-mouillage correspondant jusqu'à 3/4 de l'eau totale du mélange pendant le mélange, 250 à 1450 Kilogrammes de liants (chaux et/ou ciment) et 0,5 à 3,5 % en masse d'adjuvant plastifiant par rapport à la masse de liants.

Le mélange est ensuite gâché avec le reste de l'eau puis moulé et séché.

Dans ce mode de réalisation, le béton de lin ainsi obtenu présente une densité comprise entre 800 et 1 700 kg/m³, de bonnes qualités d'isolation thermique. Il présente également de bonnes qualités d'isolation acoustique et de transmission à la vapeur d'eau.

15

La présente invention concerne selon un deuxième aspect un béton porteur à base d'anas de lin susceptible d'être obtenu par le procédé de fabrication tel que celui décrit ci-dessus.

On notera ici que la technique d'enrobage des granulats de lin selon l'invention permet de diminuer considérablement l'absorption d'eau des anas de lin d'environ 300 – 350 % initialement à 150 – 250 %, d'augmenter les résistances mécaniques de 0,2 – 0,5 MPa à 4 – 6 MPa.

Cette technique permet en outre une baisse des variations dimensionnelles du béton de lin ainsi obtenu, qui sont de l'ordre de 1,5 à 2,5 mm/m au lieu de 5 à 8 mm/m sans traitement d'enrobage.

25 Le béton de lin obtenu ici dans le cadre de l'invention présente ainsi par rapport aux bétons classiques des qualités de légèreté, d'isolation thermique et d'isolation acoustique, de perméabilité à la vapeur d'eau qui, jointes à l'avantage de permettre la valorisation de co-produits du lin, expliquent le développement de sa fabrication et son utilisation comme élément de maçonnerie, notamment la construction de murs porteurs.

30

Description détaillée de différents exemples de mises en œuvre de l'invention

Les exemples qui suivent sont fournis à titre de simple illustration de l'invention, vis-à-vis de laquelle ils ne présentent aucun caractère limitatif.

Exemple 1 : Fabrication de béton renfermant un granulat de lin enrobé de liant (lait de chaux et ciment) et tensioactif

5 A) Fabrication du granulat enrobé

Dans un malaxeur de type connu, on introduit 50 kilogrammes de chaux, 25 kilogrammes de ciment sur lesquels on verse 70 litres d'eau additionnée de 3 kilogrammes de tensioactif.

On brasse pendant 180 secondes puis on ajoute 1 m³ d'anas de lin.

10 On brasse pendant encore 5 minutes puis on ajoute de l'eau en fonction de l'humidité des anas de lin jusqu'à obtenir un mélange parfaitement homogène.

On laisse sécher pendant au moins 7 jours dans des conditions spécifiques et on stocke pour un emploi ultérieur le granulat enrobé obtenu.

15 B) Fabrication du béton

On introduit dans un malaxeur 1 m³ de granulat enrobé obtenu dans l'étape précédente, auquel on ajoute un mélange de charge minérale : sable de granulométrie 0 – 8, du gravier de granulométrie 4 - 6,3 et de la pouzzolane de granulométrie 4 -7 , jusqu'à obtenir un poids total de 450 à 700 kilogrammes.

20 On verse ensuite une première quantité d'eau de pré-mouillage tout en maintenant le malaxage jusqu'à obtenir un mélange homogène.

On ajoute 250 à 1450 kilogrammes de chaux et de ciment, additionnée de 0,5 à 3,5% en masse de liant de plastifiant par rapport au(x) liant(s). Le mélange est ensuite gâché avec de l'eau puis moulé et séché.

25 On obtient un béton de lin dont la densité est comprise entre 800 et 1 700 kg/m³.

Exemple 2 : Fabrication de béton renfermant un granulat de lin enrobé de liant (lait de chaux et ciment) et tensioactif et plastifiant

30 A) Fabrication du granulat enrobé

Dans un malaxeur de type connu, on introduit 50 kilogrammes de chaux, 25 kilogrammes de ciment sur lesquels on verse 70 litres d'eau additionnée de 1,5 kilogramme de tensioactif et 1,5 kilogramme de plastifiant.

On brasse pendant 180 secondes puis on ajoute 1 m³ d'anas de lin.

On brasse pendant encore 5 minutes puis on ajoute de l'eau en fonction de l'humidité des anas de lin, jusqu'à obtenir un mélange non pâteux.

On laisse sécher pendant au moins 7 jours dans des conditions spécifiques et on stocke pour un emploi ultérieur le granulat enrobé obtenu.

5

B) Fabrication du béton

On introduit dans un malaxeur 1 m³ de granulat enrobé obtenu dans l'étape précédente, auquel on ajoute un mélange de charge minérale : sable de granulométrie 0 – 8, du gravier de granulométrie 4 - 6,3 et de la pouzzolane 4 – 7 mm, jusqu'à obtenir un poids total de 450 à 700 kilogrammes.

10

On verse ensuite une première quantité d'eau de pré-mouillage tout en maintenant le malaxage jusqu'à obtenir un mélange homogène. On ajoute 250 à 1450 kilogrammes de chaux et de ciment, additionnée de 0,5 à 3,5% en masse de liant de plastifiant par rapport au(x) liant(s).

Le mélange est ensuite gâché avec de l'eau puis moulé et séché.

On obtient un béton de lin dont la densité est comprise entre 800 et 1 700 kg/m³.

15

Exemple 3 : Fabrication de béton renfermant un granulat de lin enrobé de liant (lait de chaux et de ciment)

A) Fabrication du granulat enrobé

20

Dans un malaxeur de type connu, on introduit 50 kilogrammes de chaux, 25 kilogrammes de ciment sur lesquels on verse 70 litres d'eau.

On brasse pendant 180 secondes puis on ajoute 1 m³ d'anas de lin.

On brasse pendant encore 5 minutes puis on ajoute de l'eau en fonction de l'humidité des anas de lin, jusqu'à obtenir un mélange parfaitement homogène.

25

On laisse sécher pendant au moins 7 jours dans des conditions spécifiques et on stocke pour un emploi ultérieur le granulat enrobé obtenu.

B) Fabrication du béton

On introduit dans un malaxeur 1 m³ de granulat enrobé obtenu dans l'étape précédente, auquel on ajoute un mélange de charge minérale : sable de granulométrie 0 – 8, du gravier de granulométrie 4 - 6,3 et de la pouzzolane de granulométrie 4 - 7, jusqu'à obtenir un poids total de 450 à 700 kilogrammes.

30

On verse ensuite une première quantité d'eau de pré-mouillage tout en maintenant le malaxage jusqu'à obtenir un mélange parfaitement homogène. On ajoute 250 à 1450 kilogrammes de chaux et de ciment. Le mélange est ensuite gâché avec de l'eau puis moulé et séché.

5 On obtient un béton de lin dont la densité est comprise entre 800 et 1 700 kg/m³.

Ainsi, la présente invention a pour objet un béton de lin qui se caractérise essentiellement en ce qu'il renferme des granulats de lin enrobés d'un lait de chaux et/ou de ciment éventuellement additionné d'un tensioactif et/ou de plastifiant.

10 Le granulat de lin enrobé mis en œuvre dans la fabrication du béton de lin préfabriqué porteur selon l'invention est obtenu par la succession d'opérations ci-après, effectuées dans un malaxeur :

a) Brassage du/des liant(s) (lait de chaux et/ou de ciment) avec de l'eau additionnée d'un produit adjuvant (tensioactif et/ou plastifiant) ;

15 b) Addition des anas de lin et brassage ;

c) Cure des anas de lin enrobés pendant au moins 7 jours dans des conditions spécifiques.

L'imprégnation des anas de lin par le mélange de liant(s) et éventuellement de produits adjuvants conduit à l'obturation des pores des anas de lin, le mélange pénétrant dans les pores et les canaux du lin avant de se solidifier, comme cela a pu être mis en évidence par des observations microscopiques.

20 Dans les différents exemples ci-dessus, les bétons de lin obtenus ont montré de bonnes performances concernant leur stabilité dimensionnelle, d'excellentes qualités d'isolation acoustique, d'isolation thermique, de légèreté, de capacité à transmettre la vapeur d'eau ainsi qu'une bonne aptitude à l'usinage industriel, notamment au sciage et au découpage.

La faible densité du béton de lin facilite sa mise en œuvre par les opérateurs techniques.

De plus, grâce à ses propriétés thermiques intéressantes, la mise en œuvre de ce type de béton permet de réduire, voire dans certains cas de se passer d'isolation thermique supplémentaire. Cette fonction supplémentaire par rapport à d'autres produits sur les mêmes domaines d'application permet ainsi de générer des économies de matériaux de construction sur l'ensemble du projet.

Il devra être observé que cette description détaillée porte sur un exemple de réalisation particulier de la présente invention, mais qu'en aucun cas cette description ne revêt un quelconque caractère limitatif à l'objet de l'invention ; bien au contraire, elle a pour objectif

d'ôter toute éventuelle imprécision ou toute mauvaise interprétation des revendications qui suivent.

5 Il devra également être observé que les signes de références mis entre parenthèses dans les revendications qui suivent ne présentent en aucun cas un caractère limitatif ; ces signes ont pour seul but d'améliorer l'intelligibilité et la compréhension des revendications qui suivent ainsi que la portée de la protection recherchée.

REVENDICATIONS

BE2019/5022

1. Procédé de fabrication d'un béton porteur à base d'anas de lin, ledit procédé présentant une phase d'enrobage des anas de lin comprenant les étapes suivantes :
 - 5 ○ une incorporation dans un malaxeur d'anas de lin dans un mélange aqueux comprenant au moins un liant minéral ;
 - un traitement d'inertage par brassage des anas de lin et du mélange aqueux comprenant l'au moins un liant minéral pour une pénétration dudit mélange aqueux dans les pores et les canaux desdits anas de lin ;
 - 10 ○ une cure des anas de lin par séchage pour une obturation desdits pores et une solidification des anas de lin afin d'obtenir des anas de lin enrobés.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape d'incorporation comprend un ajout dans le malaxeur d'au moins un produit adjuvant.
- 15 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel ledit au moins un produit adjuvant comporte un tensioactif et/ou un plastifiant.
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel ledit au moins un produit adjuvant
20 comporte un tensioactif à base d'alcools gras éthoxylés.
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, dans lequel ledit au moins un produit adjuvant comporte un plastifiant à base de poly-naphtalènes ou de poly-mélatinées.
- 25 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel le tensioactif et/ou le plastifiant est mis en œuvre en solution aqueuse diluée ou en poudre à raison d'environ 0,5 à 3,5% en poids de tensioactif et/ou de plastifiant par rapport au poids de liants utilisés et à raison de 50 à 150 litres d'eau pour 1 m³ d'anas de lin.
- 30 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la phase d'enrobage comporte préalablement à l'étape d'incorporation un brassage initial d'au moins un liant minéral avec de l'eau pour obtenir ledit mélange aqueux comprenant ledit au moins un liant minéral.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel le brassage initial d'au moins un liant minéral avec de l'eau est réalisé pendant 150 à 200 secondes.
- 5 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le brassage des anas de lin et du mélange aqueux comprenant l'au moins un liant minéral est réalisé pendant 3 à 10 minutes.
- 10 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le liant minéral comporte de la chaux et/ou du ciment apte à former après séchage une coquille dure autour desdits anas de lin.
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le liant minéral comporte un ciment de type CEM I et/ou de type CEM II.
- 15 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le liant minéral est mis en œuvre à raison jusqu'à 75 kilogrammes pour 1 m³ d'anas de lin.
- 20 13. Procédé selon la revendication 11 dans lequel le liant minéral comporte un mélange de chaux et de ciment mis en œuvre à raison de 20 à 75 kilogrammes pour 1 m³ d'anas de lin.
- 25 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape de cure desdits anas est réalisée dans des conditions de stockage prédéterminées pendant une période déterminée.
- 30 15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel la période de cure est égale à au moins 7 jours.
16. Procédé selon la revendication 14 ou 15, dans lequel les conditions de stockage comprennent une température ambiante de stockage égale à 20°C ± 5°C et/ou une humidité relative de l'air, ou degré hygrométrique, égale à 60% ± 10%.
- 35 17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les anas de lin mis en œuvre sont des anas de lin fibres ou oléagineux.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, suite à la phase d'enrobage des anas de lin, le procédé comprend une phase d'obtention du béton porteur comprenant :

- 5 - un mélange de granulats d'anas de lin enrobés avec une charge minérale pouvant contenir :
 - du sable, et/ou
 - du gravier, et/ou
 - de la pouzzolane ;
- 10 - un ajout d'eau de pré-mouillage ;
- un ajout d'au moins un liant et d'eau de gâchage ; et
- un moulage suivi d'un séchage.

19. Béton porteur à base d'anas de lin susceptible d'être obtenu par un procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 18.



RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 851955
FR 1850921

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	KHAZMA M ET AL: "Influence of sucrose addition on the performance of a lignocellulosic composite with a cementitious matrix", COMPOSITES PART A: APPLIED SCIENCE AND MANUFACTURING, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 39, no. 12, décembre 2008 (2008-12), pages 1901-1908, XP025687111, ISSN: 1359-835X, DOI: 10.1016/J.COMPOSITESA.2008.09.014 [extrait le 2008-09-23] * 2. "Materials and processes" *	1-18	C04B18/24 C04B18/02 C04B103/30 C04B103/40 C04B103/52
X	FR 2 958 946 A1 (ASS CODEM PICARDIE [FR]) 21 octobre 2011 (2011-10-21) * page 3, lignes 1-8, 28-33 * * page 5, ligne 16 - ligne 29; exemple 4 * * page 7, ligne 16 - page 8, ligne 1 *	1-3,7,8, 10-13, 16-18	
X	FR 2 583 743 A1 (FRESSION RENE [FR]) 26 décembre 1986 (1986-12-26) * page 1, ligne 30 - page 2, ligne 39; revendications 1-5 *	1-18	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) C04B
X	FR 2 772 744 A1 (MOULY MICHEL [FR]) 25 juin 1999 (1999-06-25) * page 2, ligne 30 - page 3, ligne 4 * * page 4, ligne 10 - ligne 29 *	1-3,5-18	
X	EP 0 926 104 A1 (LAFARGE CEMENTS S A [FR]) 30 juin 1999 (1999-06-30) * alinéas [0011] - [0018], [0021], [0022]; exemples 1,2 *	1-3,5-18	
A	FR 2 939 697 A1 (UNIV PICARDIE [FR]) 18 juin 2010 (2010-06-18) * le document en entier *	1-18	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
28 septembre 2018		Bonneau, Sébastien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1850921 FA 851955**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 28-09-2018
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2958946	A1	21-10-2011	AUCUN	
FR 2583743	A1	26-12-1986	AUCUN	
FR 2772744	A1	25-06-1999	AUCUN	
EP 0926104	A1	30-06-1999	AU 1766999 A	12-07-1999
			EP 0926104 A1	30-06-1999
			FR 2772745 A1	25-06-1999
			PL 335188 A1	10-04-2000
			TR 199902022 T1	21-04-2000
			WO 9932416 A1	01-07-1999
FR 2939697	A1	18-06-2010	EP 2365871 A1	21-09-2011
			FR 2939697 A1	18-06-2010
			WO 2010076424 A1	08-07-2010

EPO FORM P0465



OPINION ÉCRITE SUR LA
BREVETABILITÉ DE L'INVENTION

FA851955	Date de dépôt (jour/mois/année) 05.02.2018	Date de priorité (jour/mois/année)	N° d'enregistrement national FR1850921
----------	---	------------------------------------	---

Classification internationale des brevets (CIB)
C04B18/24 C04B18/02 C04B103/30 C04B103/40 C04B103/52

Déposant
L.A. LINIERE

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Point I Base de l'opinion
- ☐ Point II Priorité
- ☐ Point III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Point IV Absence d'unité de l'invention (Article L. 612-4 du Code de la Propriété Intellectuelle)
- ☒ Point V Opinion motivée (Article R. 612-57 du Code de la Propriété Intellectuelle) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Point VI Certains documents cités
- ☐ Point VII Irrégularités dans la demande
- ☒ Point VIII Observations relatives à la demande

	Examineur Bonneau, Sébastien
--	---------------------------------

OPINION ÉCRITE

N° d'enregistrement
national
FR1850921

Point I Base de l'opinion

Cette opinion a été établie sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche.

Point V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	4-6, 8, 9
	Non :	Revendications	1-3, 7, 10-18
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-18
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-18
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Point VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

Ad point VIII**Certaines observations relatives à la demande**

1. L'expression "béton porteur" des **revendications 1, 17 et 18** est ambiguë: il n'est pas clair à quoi la caractéristique fonctionnelle "porteur" renvoie, et rien ne permet pas à l'homme du métier de déterminer quelles caractéristiques techniques sont nécessaires à l'exécution de la fonction indiquée. L'homme du métier reste incertain si la caractéristique fonctionnelle tente de se rapporter à un béton destiné par exemple à des murs porteurs. Les **revendications 1, 17 et 18** ne satisfont donc pas aux exigences de clarté, car l'objet de la protection demandée n'est pas clairement défini.
2. L'expression "pendant environ 150 et 200 secondes" de la **revendication 8** porte à confusion, car la présence de la conjonction de coordination "et" sème le doute quant à la durée revendiquée. L'objet de la **revendication 7** n'est donc pas clair.
3. Le fait que la teneur en liant minéral puisse être nulle d'après la **revendication 11** sème le doute, car la **revendication 1**, dont cette revendication dépend, décrit la présence d'au moins un liant minéral. L'objet de cette revendication n'est donc pas non plus clair.
4. Les termes "environ" et "sensiblement" employés dans les **revendications 6, 8, 9, 11, 12 et 15** ont un sens relatif qui n'est pas bien établi, et ils laissent subsister un doute quant à la signification des caractéristiques techniques auxquelles ils se rapportent, au point que l'objet desdites revendications n'est pas clairement défini.

Ad point V**Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

Il est fait référence aux documents suivants :

- D1** KHAZMA M ET AL: "Influence of sucrose addition on the performance of a lignocellulosic composite with a cementitious matrix", COMPOSITES PART A: APPLIED SCIENCE AND MANUFACTURING, vol. 39, no. 12, décembre 2008, pages 1901-1908
- D2** FR 2 958 946 A1 (ASS CODEM PICARDIE [FR]) 21 octobre 2011 (2011-10-21)
- D3** FR 2 583 743 A1 (FRESSION RENE [FR]) 26 décembre 1986 (1986-12-26)
- D4** FR 2 772 744 A1 (MOULY MICHEL [FR]) 25 juin 1999 (1999-06-25)
- D5** EP 0 926 104 A1 (LAFARGE CEMENTS S A [FR]) 30 juin 1999 (1999-06-30)

1. Le document D1 divulgue (voir la section 2. "Materials and processes" de D1) un procédé de fabrication d'un béton à base d'anas de lin, ledit procédé présentant une phase d'enrobage des anas de lin comprenant les étapes suivantes :

- une incorporation dans un malaxeur d'anas de lin de CALIRA dans un mélange aqueux comprenant un liant minéral de ciment Portland, ainsi qu'un adjuvant de sucre, le ciment de Portland étant présent à hauteur d'environ 37.5 kg et 75 kg pour 1 m³ d'anas de lin lorsqu'on utilise respectivement 75% et 50% de sucre dans le mélange ciment et sucre, en considérant le rapport S/C=2/3, et une densité d'environ 100 kg/m³ pour l'anas de lin;
- un traitement d'inertage par brassage des anas de lin et du mélange aqueux comprenant le liant minéral pendant 2 minutes à 140 tr/min pour une pénétration dudit mélange aqueux dans les pores et les canaux desdits anas de lin;
- une cure des anas de lin par séchage durant 28 jours, avant la préparation des échantillons de béton, dans des conditions de stockage comprenant une température ambiante de 20°C, et un taux d'humidité relative de l'air de 98%, pour une obturation desdits pores et une solidification des anas de lin afin d'obtenir des anas de lin enrobés;
- une phase d'obtention du béton par mélange comprenant les granulats d'anas de lins enrobés, moulage et séchage, en employant la norme EN 196-1.

La présente demande ne remplit donc pas les conditions de brevetabilité, l'objet des **revendications 1, 2 et 10-18** n'étant pas nouveau.

2. Le document D2 divulgue (cf. exemple 4 et page 1, lignes 15-20 de D2) un procédé de fabrication notamment de béton à base d'anas de lin, ledit procédé présentant une phase d'enrobage des anas de lin comprenant les étapes suivantes :

- une incorporation dans un malaxeur LODIGE M5G d'anas de lin dans un mélange aqueux préalablement préparé, et comprenant une solution aqueuse de liant minéral de silicate de sodium à 35%, un agent tensio-actif Mirataine et de l'huile, le silicate de sodium étant présent à hauteur d'environ 13 kg pour 1 m³ d'anas de lin, puisque 2 litres d'anas de lin et 80 g du mélange aqueux contenant 200/215=93% de solution à 35% de silicate. Par ailleurs, de la même manière, environ 24 litres d'eau sont utilisés pour 1 m³ d'anas de lin, et la teneur en tensio-actif est d'environ 7% en poids par rapport au poids de silicate de sodium;
- un traitement d'inertage par brassage des anas de lin et du mélange aqueux comprenant le liant minéral pour une pénétration dudit mélange aqueux dans les pores et les canaux desdits anas de lin;
- une cure des anas de lin par séchage à 70°C pendant 2 heures, pour une obturation desdits pores et une solidification des anas de lin afin d'obtenir des anas de lin enrobés.

La présente demande ne remplit donc pas les conditions de brevetabilité, l'objet des **revendications 1-3, 7, 10, 11, 13 et 16** n'étant pas nouveau.

3. Les **revendications dépendantes 4-6, 8 et 9** ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées:

- ajouter un plastifiant pour le traitement de fibres ligneuses, ajuster les teneurs et la nature des adjuvants de tensio-actif et de plastifiant, pour arriver à l'objet des **revendications 4-6** semble être évident à la lueur des documents D2 (cf. page 3, lignes 1-8 de D2), D4 (cf. page 2, lignes 30-38 de D4), ou D5 (cf. paragraphes [0017] et [0018] de D5);

- ajuster les temps de mélange/malaxage tels que définis dans les **revendications 8 et 9**, constituent des modifications de pratique courante pour l'homme du métier, notamment parce que les avantages qui en résultent sont aisément prévisibles (cf. page 3, lignes 28-33 de D2 ou paragraphes [0011]-[0014] de D5).

Il est à noter qu'aucun effet technique lié aux différentes caractéristiques additionnelles de ces revendications dépendantes n'a par ailleurs été montré dans la demande présente.

4. Les documents D3 (cf. notamment les revendications 1-5 de D3), D4 (voir notamment l'exemple de D4) et D5 (voir en particulier les exemples 1 et 2 de D5) sont également hautement intéressants pour évaluer l'activité inventive du jeu présent de revendications, puisqu'ils décrivent tous des procédés d'enrobages de composés ligneux par malaxage avec un mélange aqueux contenant un liant minéral en présence d'adjuvants et séchage du mélange, afin de produire des composé ligneux enrobés destinés à la fabrication de bétons. L'homme du métier remplacerait en effet aisément de tels composés ligneux par un composé ligneux alternatif tel que des anas de lin, sans faire preuve d'activité inventive.