



## (12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 39057 B1** (51) Cl. internationale : **C04B 20/00; C04B 28/10; C04B 28/02**
- (43) Date de publication : **30.11.2017**

- 
- (21) N° Dépôt : **39057**
- (22) Date de Dépôt : **03.12.2014**
- (30) Données de Priorité : **06.12.2013 BE BE2013/0818**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2014/076347 03.12.2014**
- (71) Demandeur(s) : **S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT, rue Charles Dubois 28 B-1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve (BE)**
- (72) Inventeur(s) : **PETER, Ulrike ; DAVILLER, Daniel**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY TMP AGENTS**

---

(54) Titre : **COMPOSITION DE LIANT POUR MORTIERS, BETONS ET ENDUITS LEGERS A AGREGATS VEGETAUX OU BIO-SOURCES**

(57) Abrégé : Composition de liant pour mortiers, bétons et enduits légers à agrégats végétaux ou bio-sourcés, plus particulièrement pour béton de chanvre, comprenant un premier composant minéral conventionnel et de la chaux éteinte pulvérulente, ladite composition de liant étant caractérisée en ce qu'elle présente une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à 10 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 12 m<sup>2</sup>/g, en particulier supérieure à 14 m<sup>2</sup>/g et en ce que ladite chaux éteinte pulvérulente est présente en une quantité strictement supérieure à 20 % en poids, en particulier égale ou supérieure à 25% en poids, de préférence égale ou supérieure à 30 % en poids, avantageusement égale ou supérieure à 40% en poids et égale ou inférieure à 80 % en poids, en particulier égale ou inférieure à 60 % en poids, par rapport au poids total de ladite composition de liant.

« ABREGE »« COMPOSITION DE LIANT POUR MORTIERS, BÉTONS ET ENDUITS LÉGERS À AGRÉGATS VÉGÉTAUX OU BIO-SOURCÉS »

Composition de liant pour mortiers, bétons et enduits légers à agrégats végétaux ou bio-sourcés, plus particulièrement pour béton de chanvre, comprenant un premier composant minéral conventionnel et de la chaux éteinte pulvérulente, ladite composition de liant étant caractérisée en

5 ce qu'elle présente une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à 10 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 12 m<sup>2</sup>/g, en particulier supérieure à 14 m<sup>2</sup>/g et en ce que ladite chaux éteinte pulvérulente est présente en une quantité strictement supérieure à 20 % en poids, en particulier égale ou supérieure à 25% en poids, de préférence égale ou

10 supérieure à 30 % en poids, avantageusement égale ou supérieure à 40% en poids et égale ou inférieure à 80 % en poids, en particulier égale ou inférieure à 60 % en poids, par rapport au poids total de ladite composition de liant.

Q

**« COMPOSITION DE LIANT POUR MORTIERS, BÉTONS ET ENDUITS LÉGERS À  
AGRÉGATS VÉGÉTAUX OU BIO-SOURCÉS**

La présente invention se rapporte à une composition de liant  
5 pour mortiers, bétons et enduits légers à agrégats végétaux ou bio-sourcés,  
plus particulièrement pour béton de chanvre, comprenant un premier  
composant minéral conventionnel et de la chaux éteinte pulvérulente.

Par le terme « mortier », on entend au sens de la présente  
invention un mélange d'un ou plusieurs liants minéraux comme la chaux, un  
10 ciment ou analogue, éventuellement associé(s) à un ou plusieurs liants  
organiques, et d'agrégat(s). Dans le cas d'un mortier « léger » à agrégats  
végétaux ou bio-sourcés, les agrégats sont du type chanvre, bois ou  
analogues. Un tel mortier est utilisé en construction pour lier et/ou pour  
recouvrir les éléments de construction et peut également contenir des fillers,  
15 des additifs et/ou des adjuvants.

Par le terme « enduit », on entend une composition de mortier  
destinée à être appliquée en couche en une ou plusieurs passes. Un enduit est  
donc un mortier à application de surface à l'extérieur (« render » en anglais)  
ou à l'intérieur (« plaster » en anglais).

20 Par les termes « béton léger » au sens de la présente invention,  
on entend principalement un mortier léger, utilisé en application volumique  
(blocs, banchage...).

Les liants utilisés dans les mortiers, bétons et enduits en  
général, et à base d'agrégat végétaux ou bio-sourcés en particulier, sont  
25 couramment le plâtre, la chaux aérienne, la chaux formulée ou la chaux  
hydraulique, les ciments et autres liants hydrauliques et pouzzolaniques  
comme du méta-kaolin, des laitiers de haut-fourneau ou des cendres volantes  
(voir par exemple WO2011/098814).

Les mortiers, bétons et enduits légers à agrégats végétaux ou  
30 bio-sourcés sont déjà bien connus de l'homme de métier. A titre d'exemple,  
on peut citer le document EP1406849 qui décrit des compositions pour le  
secteur technique des bétons et mortiers dits de chanvre c'est-à-dire

contenant de l'ana de chanvre ou chènevotte défibrée ou non et/ou d'autres composants du chanvre, comme les fibres, fibrilles, poussières, poudres de chanvre.

5 Ces produits de construction à base de chanvre ou de bois présentent un avantage majeur en termes d'isolation thermique et acoustique ainsi qu'en termes de résistance mécanique notamment en matière de résistance à la compression et de retour en élasticité, ce qui en fait de très bons produits adaptés aux normes sismiques.

10 Toutefois, ces compositions de bétons et mortiers posent un problème très sérieux du fait du caractère fortement hydrophile de l'agrégat végétal ou bio-sourcé. En effet, celui-ci étant capable d'absorber une très grande quantité d'eau, jusqu'à environ 400 % de son poids (d'eau ou de liquide à base aqueuse), il a souvent tendance à absorber l'eau contenue dans le mortier ou béton et nécessaire à la solidification de ces systèmes, 15 notamment lorsque le liant utilisé est à prise hydraulique. Ces bétons et mortiers nécessitent dès lors souvent l'utilisation de quantité d'eau plus importante et/ou présentent des caractéristiques de séchage, de prise, et de propriétés mécaniques aléatoires.

20 Selon le document EP 1406849, les inconvénients de ces bétons et mortiers de chanvre ont été partiellement solutionnés par l'utilisation d'un liant particulier constitué, en totalité ou en partie, de chaux aérienne éventuellement en combinaisons diverses de types et de formes de chaux et comportant au moins un adjuvant de formation de pores et capillaires très fins et au moins un adjuvant d'hydrophobation matricielle.

25 Cependant, les mortiers/bétons de chanvre ainsi obtenus présentent toujours de graves défauts, tels que le défaut de séchage et autres défauts analogues (défaut de prise, farinage,..), qu'une grande partie de l'industrie considérée, malgré tous ses efforts, n'est pas parvenue à surmonter et s'est donc vue forcée de s'en accommoder.

30 Par ailleurs, les bétons à base d'agrégats végétaux ou bio-sourcés souffrent d'une instabilité des performances applicatives, liée aux interactions indésirables du liant minéral avec les extractibles et produits de

dégradation de l'agrégat organique, ayant notamment pour conséquence de retarder, voire d'inhiber, la prise du liant minéral conventionnellement utilisé.

Ces interactions varient avec la composition chimique et les propriétés physico-chimiques de l'agrégat végétal, qui dépendent de la variété, la provenance, les conditions climatiques, la culture et la transformation de la plante, donc de facteurs variables et imprévisibles.

La présente invention vise à résoudre les problèmes précités, en particulier à inhiber les interactions indésirables des liants minéraux, conventionnellement utilisés dans les mortiers, bétons et enduits légers à agrégats végétaux ou bio-sourcés, avec les extractibles et produits de dégradation de l'agrégat organique.

Pour résoudre ce problème, il est prévu suivant l'invention une composition de liant telle qu'indiquée au début qui est caractérisée en ce qu'elle présente une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à 10 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 12 m<sup>2</sup>/g, en particulier supérieure à 14 m<sup>2</sup>/g et en ce que ladite chaux éteinte pulvérulente est présente en une quantité strictement supérieure à 20 % en poids, en particulier égale ou supérieure à 25% en poids, de préférence égale ou supérieure à 30 % en poids, avantageusement égale ou supérieure à 40% en poids et égale ou inférieure à 80 % en poids, en particulier égale ou inférieure à 60 % en poids, par rapport au poids total de ladite composition de liant.

La surface spécifique selon la présente invention est mesurée par manométrie d'adsorption d'azote et calculée selon la méthode BET, après dégazage sous vide à 190°C pendant au moins 2 heures.

Il est important de ne pas confondre surface spécifique BET, mesurée par adsorption ou désorption d'azote après dégazage, et surface spécifique Blaine, mesurée par perméabilité à l'air. En effet, la méthode BET permet de déterminer la totalité de la surface spécifique d'un composé, en tenant notamment compte de sa porosité, et n'est pas directement dépendante de la taille des particules constitutives, tandis que la méthode Blaine permet de déterminer uniquement la surface externe des particules de ce composé et dépend directement de la taille de celles-ci. (Allan T., Particle

Size Measurement, Vol. 2, Surface area and pore size determination, cinquième édition, 1997, page 11, page 39).

Pour obtenir une telle surface spécifique de la composition de liant selon la présente invention, il est avantageusement prévu d'utiliser de la  
5 chaux éteinte pulvérulente présentant une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à  $22 \text{ m}^2/\text{g}$ , de préférence supérieure à  $25 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Selon la présente invention, la composition de liant peut en outre comprendre un composant additionnel apportant aussi de la surface spécifique comme par exemple des argiles colloïdales, en particulier des  
10 kaolinites, de la bentonite ou des wollastonites, des zéolites et des silices ultra-fines et leurs mélanges.

L'augmentation de la surface spécifique de la composition de liant selon la présente invention présente un avantage majeur résidant dans son interaction avec les molécules organiques, provenant aussi bien des  
15 additifs typiquement utilisés dans les liants et mortiers que des extractibles et produits de dégradation des bois et fibres végétales. S'il est souhaité que les additifs organiques puissent garder leur action sur le système mortier, enduit ou béton à base d'agrégats végétaux ou bio-sourcés, les produits d'extraction ou de décomposition du matériau végétal ou bio-sourcé sont quant à eux  
20 plutôt néfastes pour ledit système. Il est donc avantageux de pouvoir inhiber les effets de ces derniers.

La chaux éteinte est constituée d'un ensemble de particules solides, principalement de di-hydroxyde de calcium de formule  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , et est le résultat industriel de l'extinction d'une chaux vive avec de l'eau, réaction  
25 également appelée hydratation. Ce produit est également connu sous le nom de chaux hydratée ou chaux aérienne et présente typiquement des surfaces spécifiques BET inférieures à  $20 \text{ m}^2/\text{g}$  (J.A.H. Oates, *Lime and Limestone-Chemistry and Technology, Production and Uses*, 1998, p. 220).

Cette chaux éteinte ou hydratée (« slaked lime » or « hydrated  
30 lime » en anglais) ou aérienne (« air lime » en anglais) ou hydroxyde de calcium peut évidemment contenir des impuretés, à savoir des phases

dérivées de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et/ou  $\text{SO}_3$ , représentant globalement quelques dizaines de grammes par kilogramme. Néanmoins, la somme de ces impuretés, exprimées sous la forme des oxydes précités, ne dépasse pas 5 % en masse, de préférence 3 %, de préférence 2 % ou même 1 % de la masse de la chaux éteinte selon l'invention. En particulier, la chaux éteinte contient avantageusement moins de 1,5 % en masse de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de préférence moins de 1 % et de préférence moins de 0,5%.

Cette chaux éteinte peut encore contenir de l'oxyde ou de l'hydroxyde de magnésium. Suivant les teneurs en ces composés, on parlera de chaux magnésienne, dolomitique ou de dolomie, partiellement ou totalement éteinte.

Cette chaux éteinte peut aussi contenir de l'oxyde de calcium qui n'aurait pas été hydraté au cours de l'extinction, tout comme elle peut contenir du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  ou de magnésium  $\text{MgCO}_3$ . Ces carbonates peuvent provenir soit du calcaire initial (ou de la dolomie crue) dont est dérivée la chaux éteinte selon l'invention (incuits), soit d'une réaction de carbonatation partielle de la chaux éteinte au contact de l'air. La teneur en oxyde de calcium dans la chaux éteinte dans le cadre de la présente invention est généralement inférieure à 3 % en masse, de préférence inférieure à 2 % et de manière avantageuse inférieure à 1 %. Celle en carbonates est inférieure à 20 % en masse, en particulier inférieure à 10% en masse, de préférence inférieure à 6 % et de manière avantageuse inférieure à 4 %, de manière encore plus avantageuse inférieure à 3%.

Selon la présente invention, la sélection de chaux éteinte pulvérulente à haute surface spécifique, c'est-à-dire supérieure ou égale à 22  $\text{m}^2/\text{g}$ , de préférence supérieure à 25  $\text{m}^2/\text{g}$ , dans ladite composition de liant selon l'invention en ayant recours à une chaux éteinte pulvérulente à haute surface spécifique ou éventuellement en ajoutant un composant de type argile colloïdale, en particulier des kaolinites, de la bentonite ou des wollastonites ou des zéolites à surface spécifique élevée ou encore des silices ultrafines et leurs mélanges, a permis, de manière surprenante, de réduire

l'impact néfaste des produits d'extraction ou de décomposition du matériau végétal ou bio-sourcé sans altérer le fonctionnement global du mortier, béton ou enduit léger résultant, en particulier en préservant l'action des additifs organiques susdits dans ledit système. Ce phénomène est d'autant moins  
5 prévisible que si ces molécules organiques sont adsorbées sur la chaux éteinte pulvérulente, rien ne laisse présager que l'action des additifs organiques et/ou l'action de la chaux éteinte pulvérulente seront préservées.

La présence de chaux éteinte pulvérulente à haute surface spécifique dans la composition de liant suivant l'invention permet, lors de  
10 l'utilisation de la composition de liant dans un mortier, enduit ou béton à base d'agrégats végétaux ou bio-sourcés de réduire, voire de supprimer l'inhibition de la prise hydraulique du premier composant minéral (en particulier un premier liant minéral conventionnel), prise qui est dès lors moins retardée. De plus, la prise aérienne du mortier, enduit ou béton à base d'agrégats végétaux  
15 ou bio-sourcés est favorisée. Ceci conduit à un mortier, enduit ou béton plus résistant. En outre, une diminution de la quantité de liant (et par conséquent du coût du mortier, enduit ou béton à base d'agrégats végétaux ou bio-sourcés) peut alors être envisagée à iso-performances. De même, le phénomène de farinage est diminué voir annihilé.

20 Avantageusement, la chaux éteinte pulvérulente présente une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à  $27 \text{ m}^2/\text{g}$  de préférence supérieure à  $30 \text{ m}^2/\text{g}$ , de manière préférentielle, supérieure à  $32 \text{ m}^2/\text{g}$  et en particulier supérieure à  $35 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Dans une forme de réalisation particulière, ledit premier  
25 composant minéral conventionnel est un composant liant choisi dans le groupe constitué des ciments, de la chaux éteinte ou aérienne standard, de la chaux hydraulique naturelle ou artificielle, des argiles, des liants à maçonner, des liants à prise pouzzolanique et hydraulique, du plâtre et de leurs mélanges.

30 De préférence, lesdits ciments sont choisis dans le groupe des ciments courants, en particulier normalisés, par exemple gris ou blanc, des

ciments réfractaires, alumineux fondus, prompts, des ciments portland, des laitiers de hauts-fourneaux, des cendres volantes et de leurs mélanges.

De manière plus particulière, la chaux éteinte pulvérulente présente des particules présentant un  $d_3$  supérieur à  $0,1 \mu\text{m}$ , en particulier  
5 supérieur à  $0,5 \mu\text{m}$  et un  $d_{98}$  inférieur ou égal à  $200 \mu\text{m}$ , en particulier inférieur ou égal à  $150 \mu\text{m}$ , mesurés par granulométrie laser dans du méthanol.

La notation  $d_x$  représente un diamètre, exprimé en  $\mu\text{m}$ , par rapport auquel X % des particules ou grains mesurées sont plus petites.

10 Dans une forme de réalisation particulière selon la présente invention, la chaux éteinte pulvérulente présente des particules présentant un  $d_{98}$  inférieur ou égal à  $90 \mu\text{m}$ , tout particulièrement inférieur ou égal à  $63 \mu\text{m}$ , mesurés par granulométrie dans du méthanol.

Dans une forme de réalisation préférentielle selon la présente  
15 invention, la chaux éteinte pulvérulente présente un volume poreux total calculé selon la méthode BJH de désorption d'azote supérieur ou égal à  $0,07 \text{ cm}^3/\text{g}$ , de préférence supérieur ou égal à  $0,08 \text{ cm}^3/\text{g}$ , de manière préférentielle supérieur ou égal à  $0,1 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

Dans une forme de réalisation particulière selon la présente  
20 invention, la chaux éteinte pulvérulente présente un volume poreux total calculé selon la méthode BJH de désorption d'azote supérieur ou égal à  $0,12 \text{ cm}^3/\text{g}$ , de préférence supérieur ou égal à  $0,15 \text{ cm}^3/\text{g}$  et de manière particulière supérieur à  $0,18 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

Par « volume poreux total » au sens de la présente invention, on  
25 entend le volume total des pores dont la taille est comprise entre 17 et  $1000 \text{ \AA}$  ( $1,7$  et  $100 \text{ nm}$ ), mesuré par manométrie d'adsorption d'azote et calculé selon la méthode BJH, après dégazage sous vide à  $190^\circ\text{C}$  pendant au moins 2 heures.

En particulier, la chaux éteinte pulvérulente présente une  
30 densité en vrac mesurée selon la norme EN 459-2 allant de  $250$  à  $500 \text{ kg/m}^3$ .

De manière préférentielle, la composition selon la présente invention comprend en outre un entraîneur d'air tel qu'un surfactant ou

tensioactif, en particulier choisi dans le groupe des sulfates et sulfonates d'alkyle, des alcools gras éthoxylés, des copolymères à blocs et de leurs mélanges.

5 Dans une variante selon l'invention, la composition de liant peut comprendre en outre un ou plusieurs agent de rétention d'eau, par exemple des éthers cellulosiques ou des gommes de guar, leurs dérivés et leurs mélanges.

10 Dans encore une autre variante selon la présente invention, la composition de liant comprend en outre un modificateur de rhéologie, en particulier choisi dans le groupe des hydrocolloïdes, plus particulièrement dans le groupe des polysaccharides, des dérivés d'amidon, des alginates, des gommes de guar et de leurs dérivés, des gommes de xanthane et de leur dérivés, des gommes de caraghenane et de leurs dérivés, des succinoglycanes, des superplastifiants comme des polycarboxylates et des mélamines  
15 formaldéhydes, des colloïdes minéraux, en particulier la silice et les argiles, et leurs mélanges.

Avantageusement, la composition selon l'invention comprend également un agent hydrophobant choisi dans le groupe des sels d'acides gras comme les stéarates et les oléates, des huiles végétales et minérales, des  
20 silanes, des siloxanes et de leurs mélanges.

Dans une variante particulière, la composition selon la présente invention comprend en outre un liant organique choisi dans le groupe des latex industriels comme par exemple des latex à base de copolymères d'acétate de polyvinyle/éthylène, d'acétate de polyvinyle/versatate, de styrol  
25 / butadiène.

D'autres formes de réalisation de la composition de liant pour mortiers, bétons et enduits légers à agrégats végétaux ou bio-sourcés, plus particulièrement pour béton de chanvre suivant l'invention sont indiquées dans les revendications annexées.

30 L'invention se rapporte également à une utilisation d'une composition de liant selon la présente invention, dans un mortier contenant des agrégats végétaux ou bio-sourcés comme le bois ou le chanvre.

L'invention se rapporte également à une utilisation d'une composition de liant selon la présente invention dans un enduit léger contenant des agrégats végétaux ou bio-sourcés comme le bois ou le chanvre.

La présente invention se rapporte également à une utilisation  
5 de ladite composition de liant selon l'invention dans un béton contenant des agrégats végétaux ou bio-sourcés comme le bois ou le chanvre.

Avantageusement, lesdits agrégats végétaux ou bio-sourcés ont une forme de pailles de longueur de 5 à 50 mm et de largeur inférieure à 10 mm.

10 D'autres formes d'utilisation de la composition selon l'invention sont mentionnées dans les revendications annexées.

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

15 **Exemples.-**

**Exemple 1.-**

Une composition de liant pour béton de chanvre selon l'invention est composée (en masse) de 42 % de diverses chaux éteintes (chaux aérienne standard STD, chaux éteinte de plus grande surface  
20 spécifique HS ou chaux éteinte de plus faible surface spécifique BS) selon le tableau 1 ci-dessous, 42% de ciment Portland CEM I 52,5 comme premier composant minéral conventionnel, et de 16% de filler calcaire <300 µm. Des additifs organiques habituellement utilisés dans les mortiers (entraîneurs d'air, rétenteurs d'eau, additifs rhéologiques, hydrophobants) sont en outre  
25 ajoutés dans une proportion en poids de 0 à 2% par rapport au poids total de ladite composition de liant. Notamment, la composition de liant comprend 0,2 % en poids d'entraîneur d'air. La granulométrie des chaux éteintes est mesurée à l'aide d'un granulomètre laser dans du méthanol.

30

**Tableau 1.-**

Chaux éteinte pulvérulente	Surface BET (m <sup>2</sup> /g) de la chaux éteinte pulvérulente	Surface BET (m <sup>2</sup> /g) de la composition de liant	d <sub>3</sub> (μm)	d <sub>10</sub> (μm)	d <sub>25</sub> (μm)	d <sub>50</sub> (μm)	d <sub>75</sub> (μm)	d <sub>90</sub> (μm)	d <sub>97</sub> (μm)
Chaux BS3	6,7	3,6	0,8	1,4	3,3	11,7	38,3	75,5	132,0
Chaux STD4	14,6	6,9	0,7	1,2	2,0	3,6	6,2	9,8	34,9
Chaux HS2	35,8	15,8	0,8	1,2	2,0	4,2	10,0	27,3	50,7
Chaux HS3	31,7	14,1	0,8	1,3	2,1	3,8	6,7	12,8	36,2

Un béton de chanvre est alors préparé en utilisant 9,6 kg de ces liants formulés, avec 4,15 kg de chènevotte de chanvre 1, de qualité commerciale. Le taux d'eau (Eau/Solide, E/S) est ajusté afin d'obtenir une même consistance du béton frais. Des échantillons en forme cylindrique (h=22 cm, d=11cm) sont alors préparés dans des éprouvettes. Plus précisément, des couches de béton, compressées chacune à une pression d'environ 0,006 MPa, sont successivement empilées les unes sur les autres dans lesdites éprouvettes. Après leur préparation, les éprouvettes sont stockées en chambre climatique à 20 °C et 65% d'humidité.

Des essais de compression uniaxiale entre 2 plateaux parallèles (déplacement de 5mm/min) ont été réalisés sur ces échantillons après 14 et 28 jours de stockage, suivis par 3 jours de séchage à 40 °C. Les résistances à la compression (Rc) sont mentionnées au tableau 2 (moyennes sur 6 mesures).

**Tableau 2.-**

Béton à base de	E/S (%)	Rc 14 j (MPa)	Rc 28 j (MPa)
Chaux BS3	76	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Chaux STD4	79	0,10 ± 0,01	0,20 ± 0,01
Chaux HS2	81	0,28 ± 0,01	0,27 ± 0,01
Chaux HS3	84	0,28 ± 0,01	0,29 ± 0,01

Comme on peut le constater, les bétons à base des chaux HS2 et HS3 présentent une résistance mécanique augmentée, due à la surface spécifique élevée de la chaux éteinte pulvérulente dans la composition de liant selon l'invention, ainsi qu'un développement de la résistance à la compression plus rapide.

**Exemple 2.-**

Une composition de liant pour béton de chanvre selon l'invention est composée (en masse) de 42 % de diverses chaux éteintes (chaux aérienne standard STD, chaux éteinte de plus grande surface spécifique HS ou chaux éteinte de plus faible surface spécifique BS) selon le tableau 3 ci-dessous, 42% de ciment Portland CEM I 52,5 comme premier composant minéral conventionnel, et de 16% de filler calcaire <300 µm. Des additifs organiques habituellement utilisés dans les mortiers (entraîneurs d'air, rétenteurs d'eau, additifs rhéologiques, hydrophobants) sont en outre ajoutés dans une proportion en poids de 0 à 2% par rapport au poids total de ladite composition de liant. La granulométrie des chaux éteintes est mesurée à l'aide d'un granulomètre laser dans du méthanol.

**Tableau 3.-**

Chaux éteinte pulvérulente	Surface BET (m <sup>2</sup> /g) de la chaux éteinte pulvérulente	d <sub>3</sub> (µm)	d <sub>10</sub> (µm)	d <sub>25</sub> (µm)	d <sub>50</sub> (µm)	d <sub>75</sub> (µm)	d <sub>90</sub> (µm)	d <sub>97</sub> (µm)
Chaux BS4	6,9	1,1	3,1	13,5	54,2	102,8	156,7	225,3
Chaux STD5	13,5	0,7	1,3	2,5	5,0	8,3	12,9	32,2
Chaux HS4	39,6	0,9	1,3	2,2	4,3	9,7	27,5	51,3

20

Un béton de chanvre est préparé en utilisant, en proportions massiques, 9,3 kg des liants formulés, avec 4,15 kg de chènevotte de chanvre 2, de qualité commerciale, cette deuxième chènevotte de chanvre étant

connue pour induire un farinage du béton standard sur chantier. Des échantillons en forme cylindrique du béton ainsi formé sont préparés comme à l'exemple 1.

Des essais de compression (déplacement de 5mm/min) ont été réalisés après 28 jours de stockage, suivis par 3 jours de séchage à 40 °C. Les résistances à la compression (Rc) sont mentionnées au tableau 4.

**Tableau 4.-**

Béton à base de	E/S (%)	Rc 28 j (MPa)
Chaux BS4	77	0,01 ± 0,01
Chaux STD5	77	0,01 ± 0,01
Chaux HS4	81	0,21 ± 0,01

Dans les bétons à base de chaux standard (chaux STD5) et de chaux à basse surface spécifique (BS4), tous les échantillons préparés n'ont pas pu être testés car certains se sont brisés lors de leur démoulage.

Dans les éprouvettes à base de liant avec la chaux standard et la chaux à basse surface spécifique, on observe également une couche d'apparence jaune/brunâtre (« croûte ») typiquement observée dans des échantillons de béton de chanvre fariné.

De plus, dans ces deux bétons, des résistances à la compression très faibles ont été constatées.

Seul le liant à base de chaux éteinte pulvérulente à haute surface spécifique (HS4) permet d'atteindre un niveau significatif de résistance mécanique.

**Exemple 3.-**

Une composition de liant pour béton de chanvre selon l'invention est composée (en masse) de 42% de chaux éteinte pulvérulente, standard STD ou à haute surface spécifique HS, combinée respectivement avec de la bentonite et de l'Aérosil 200, selon le tableau 5 ci-dessous, 42% de ciment Portland CEM I 52,5 comme premier composant minéral, et de 16% de filler calcaire <300 µm. Des additifs organiques habituellement utilisés dans les mortiers (entraîneurs d'air, rétenteurs d'eau, additifs rhéologiques,

9

hydrophobants) sont en outre ajoutés dans une proportion en poids de 0 à 2% par rapport au poids de ladite composition de liant.

Tableau 5.-

	Chaux STD6 (%)	Chaux HS5 (%)	Bentonite (%)	Aérosil 200 (%)	Surface BET de l'échantillon à base de chaux éteinte pulvérulente (m <sup>2</sup> /g)	Vol. poreux BJH de l'échantillon à base de chaux éteinte pulvérulente (cm <sup>3</sup> /g)	Surface BET de la composition de liant (m <sup>2</sup> /g)	Vol. poreux BJH de la composition de liant (cm <sup>3</sup> /g)
Echantillon 1	100				12,6	0,06	5,6	0,03
Echantillon 2		100			43,8	0,20	18,1	0,09
Echantillon 3	50		50		44,2	0,08	12,2	0,04
Echantillon 4	84			16	44,0	0,16	15,5	0,06

Un béton de chanvre est alors préparé en utilisant, en proportions massiques, 6,7 kg de ces liants formulés, avec 3,0 kg de chènevotte de chanvre 2, connue pour induire un farinage du béton standard sur chantier (voir exemple 2). Des échantillons en forme cylindrique du béton  
5 ainsi formé sont préparés comme aux exemples 1 et 2.

Des essais de compression (déplacement de 5mm/min) ont été réalisés sur ces échantillons après 14 et 28 jours de stockage, suivis ici par 7 jours de séchage à 40 °C. Les résistances à la compression ( $R_c$ ) sont mentionnées au tableau 6.

10 **Tableau 6.-**

Béton à base de	E/S (%)	$R_c$ 14 j (MPa)	$R_c$ 28 j (MPa)
Echantillon 1	73,0	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Echantillon 2	76,1	0,31 ± 0,05	0,30 ± 0,02
Echantillon 3	72,0	0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,01
Echantillon 4	70,0	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,02

Dans les bétons à base de chaux standard (chaux STD6), tous les échantillons préparés n'ont pas pu être testés car certains se sont brisés lors de leur démoulage. Dans ces éprouvettes, des résistances à la  
15 compression très faibles ont été constatées.

Les compositions de liants à base de chaux éteinte pulvérulente de haute surface spécifique permettent d'atteindre un niveau significatif de résistance mécanique.

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

**« REVENDICATIONS »**

1. Composition de liant pour mortiers, bétons et enduits légers à agrégats végétaux ou bio-sourcés, plus particulièrement pour béton de chanvre, comprenant un premier composant minéral conventionnel et de la chaux éteinte pulvérulente, ladite composition de liant présentant une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à 10 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 12 m<sup>2</sup>/g, en particulier supérieure à 14 m<sup>2</sup>/g, caractérisée en ce que ladite chaux éteinte pulvérulente présente une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à 22 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 25 m<sup>2</sup>/g ou en ce que la composition de liant comprend des argiles colloïdales apportant de la surface spécifique, en particulier des kaolinites, de la bentonite ou des wollastonites, des zéolites et leurs mélanges et est présente en une quantité strictement supérieure à 20 % en poids, en particulier égale ou supérieure à 25% en poids, de préférence égale ou supérieure à 30 % en poids, avantageusement égale ou supérieure à 40% en poids et égale ou inférieure à 80 % en poids, en particulier égale ou inférieure à 60 % en poids, par rapport au poids total de ladite composition de liant et en ce que ledit premier composant minéral conventionnel est un composant liant choisi dans le groupe constitué des ciments, de la chaux éteinte ou aérienne standard, de la chaux hydraulique naturelle ou artificielle, des argiles, des liants à maçonner, des liants à prise pouzzolanique et hydraulique, du plâtre et de leurs mélanges.

2. Composition de liant selon la revendication 1, dans laquelle la chaux éteinte pulvérulente présente une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à 27 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 30 m<sup>2</sup>/g, de manière préférentielle supérieure à 32 m<sup>2</sup>/g et en particulier supérieure à 35 m<sup>2</sup>/g.

3. Composition de liant selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans laquelle lesdits ciments sont choisis dans le groupe des ciments courants, en particulier normalisés, des ciments réfractaires,

alumineux fondus, prompts, des ciments portland, des laitiers de hauts-fourneaux, des cendres volantes et de leurs mélanges.

4. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la chaux éteinte pulvérulente présente des  
5 particules présentant un  $d_3$  supérieur à  $0,1 \mu\text{m}$ , en particulier supérieur à  $0,5 \mu\text{m}$  et un  $d_{98}$  inférieur ou égal à  $200 \mu\text{m}$ , en particulier inférieur ou égal à  $150 \mu\text{m}$ .

5. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la chaux éteinte pulvérulente présente des  
10 particules présentant un  $d_{98}$  inférieur ou égal à  $90 \mu\text{m}$ , tout particulièrement inférieur ou égal à  $63 \mu\text{m}$ .

6. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la chaux éteinte pulvérulente présente un  
15 volume poreux total calculé selon la méthode BJH de désorption d'azote supérieur ou égal à  $0,07 \text{ cm}^3/\text{g}$ , de préférence supérieur ou égal à  $0,08 \text{ cm}^3/\text{g}$ , de manière préférentielle supérieure ou égal à  $0,1 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

7. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la chaux éteinte pulvérulente présente un  
20 volume poreux total calculé selon la méthode BJH de désorption d'azote supérieur ou égal à  $0,12 \text{ cm}^3/\text{g}$ , de préférence supérieur ou égal à  $0,15 \text{ cm}^3/\text{g}$  et de manière particulière supérieur à  $0,18 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

8. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la chaux éteinte pulvérulente présente une  
densité en vrac mesurée selon la norme EN 459-2 allant de 250 à  $500 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

9. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant en outre un entraîneur d'air tel qu'un  
25 surfactant ou tensioactif, en particulier choisi dans le groupe des sulfates ou sulfonates d'alkyle, des alcools gras éthoxylés, des copolymères à blocs et de leurs mélanges.

10. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant en outre un ou plusieurs agent de rétention  
30

d'eau, par exemple des éthers celluloses ou des gommes de guar, leurs dérivés et leurs mélanges.

11. Composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant en outre un modificateur de rhéologie, en particulier choisi dans le groupe des hydrocolloïdes, plus particulièrement dans le groupe des polysaccharides, des dérivés d'amidon, des alginates, des gommes de guar et de leurs dérivés, des gommes de xanthane et de leur dérivés, des gommes de caraghenane et de leurs dérivés, des succinoglycanes, des superplastifiants comme des polycarboxylates ou des mélamines formaldéhydes, des colloïdes minéraux, en particulier la silice et les argiles, et leurs mélanges.

12. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant en outre un agent hydrophobant choisi dans le groupe des sels d'acides gras comme les stéarates et les oléates, des huiles végétales et minérales, des silanes, des siloxanes et de leurs mélanges.

13. Composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, comprenant en outre un liant organique choisi dans le groupe des latex industriels comme par exemple des latex à base de copolymères d'acétate de polyvinyle/éthylène, d'acétate de polyvinyle/versatate, de styrol / butadiène.

14. Utilisation d'une composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans un enduit léger contenant des agrégats végétaux ou bio-sourcés comme le bois ou le chanvre.

15. Utilisation d'une composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans un mortier contenant des agrégats végétaux ou bio-sourcés comme le bois ou le chanvre.

16. Utilisation d'une composition de liant selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans un béton contenant des agrégats végétaux ou bio-sourcés comme le bois ou le chanvre.

17. Utilisation selon les revendications 14 à 16, dans laquelle lesdits agrégats végétaux ou bio-sourcés ont une forme de pailles de longueur de 5 à 50 mm et de largeur inférieure à 10 mm.



**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION  
SUR LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 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*

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 39057	Date de dépôt : 03/12/2014
Déposant : S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT	Date d'entrée en phase nationale : 25/05/2016
	Date de priorité: 06/12/2013
Intitulé de l'invention : COMPOSITION DE LIANT POUR MORTIERS, BETONS ET ENDUITS LEGERS A AGREGATS VEGETAUX OU BIO-SOURCES	
<b>Classement de l'objet de la demande :</b> CIB : C 04B 20/00, C 04B 28/10, C 04B 28/02	
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	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: A EL KADIRI	Date d'établissement du rapport : 16/11/2017
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	



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

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

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
  - Revendications  
17
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
  - Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
  
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 5: Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-17 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-17 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-17 Revendications aucune	Oui Non

D1 : WO2011/098814

D2 : BE1006309

D3 : EP2263985

**1. Nouveauté (N) :**

Aucun document de l'état de l'art cité ne divulgue les caractéristiques techniques contenues dans les revendications 1-17. Par conséquent, l'objet des revendications 1-17 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 (AI) :**

Le document D3 considéré comme l'état de l'art le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un matériau composite de construction respectueux de l'environnement comportant un liant à base de chaux et d'un composé minéral (le métakaloin) ainsi que des granulats de chènevette de chanvre, en plus des adjuvants tels qu'un durcisseur hydrofuge, un accélérateur de durcissement et un entraîneur d'air.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que la composition de liant pour mortiers, bétons et enduits à agrégats végétaux ou bio-sourcés, comprend de la chaux éteinte pulvérulente présentant une surface spécifique calculée selon la méthode BET supérieure à 22 m<sup>2</sup>/g.

Le problème à résoudre par la présente invention peut être considéré comme étant de procurer une composition de liant permettant de réduire l'impact néfaste des produits d'extraction ou de décomposition du matériau végétal ou bio-sourcés sans altérer le fonctionnement global du mortier, béton ou enduit résultant.

La solution proposée par l'objet de la revendication 1 peut être considéré comme impliquant une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Etant donné que la caractéristique distinctive n'est pas divulguée dans l'état de l'art D1-D3, et l'homme du métier ne trouve aucune incitation des documents D1-D3 seuls ou combinés pour utiliser une chaux éteinte pulvérulente présentant une surface spécifique

supérieure à 22m<sup>2</sup>/g dans le but de réduire l'impact néfaste des produits d'extraction ou de décomposition du matériau végétal ou bio-sourcés sans altérer le fonctionnement global du mortier, béton ou enduit résultant.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

L'objet des revendications dépendantes 2-13 de la revendication 1 implique lui aussi une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le même raisonnement sur la revendication 1 s'applique à l'objet des revendications d'utilisation 14-17, qui lui aussi 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. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

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.