

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/002831 A1

(43) Date de la publication internationale
02 janvier 2020 (02.01.2020)

(51) Classification internationale des brevets :
B02C 23/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/051570

(22) Date de dépôt international :
26 juin 2019 (26.06.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1855810 27 juin 2018 (27.06.2018) FR

(71) Déposant : INSTITUT NATIONAL DE LA RE-
CHERCHE AGRONOMIQUE - INRA [FR/FR] ; 147
Rue de l'Université, 75007 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **MAYER, Claire** ; 14 rue du Muguet, 34070
Montpellier (FR). **BLANC, Nicolas** ; 236 rue Buffon,
34070 Montpellier (FR). **DELENNE, Jean-Yves** ; Les Col-
verts Ent 3, 900 Av. de la Pompignane, 34000 Montpellier
(FR). **MOTTE, Jean-Charles** ; 2 rue germaine denancy,
80250 Jumel (FR). **ROUAU, Xavier** ; Serre de la Roquette,
Le pré, 30440 Saint Roman de Codières (FR).

(74) Mandataire : **LE CACHEUX, Samuel** et al. ; JACO-
BACCI CORALIS HARLE, 32 rue de l'Arcade, 75008
PARIS (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),
européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES,
FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title: METHOD FOR CRUSHING A MINERAL MATERIAL IN THE PRESENCE OF AT LEAST ONE GRINDING AID

(54) Titre : PROCÉDÉ POUR LE BROYAGE D'UNE MATIÈRE MINÉRALE, EN PRÉSENCE D'AU MOINS UN AGENT DE MOUTURE

(57) Abstract: The invention concerns a method for crushing a mineral material, which method comprises: -a step of providing said mineral material to be crushed and at least one grinding aid, said at least one grinding aid is chosen from organic plant materials in order to form a plant grinding aid, - a step of crushing said mineral material in the presence of said at least one grinding aid. And, according to the invention, said at least one grinding aid is composed of particles. And in the course of the crushing step, the at least one plant grinding aid is mixed with the mineral material in a proportion by mass less than 5% of the total mass.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé pour le broyage d'une matière minérale, lequel procédé comprend: -une étape de fourniture de ladite matière minérale à broyer et d'au moins un agent de mouture, lequel au moins un agent de mouture est choisi parmi les matières organiques végétales pour former un agent de mouture végétal, -une étape de broyage de ladite matière minérale, en présence dudit au moins un agent de mouture. Et, selon l'invention, ledit au moins un agent de mouture est composé de particules. Et au cours de ladite étape de broyage, ledit au moins un agent de mouture végétal est mélangé avec ladite matière minérale dans une proportion massique inférieure à 5% de la masse totale.



WO 2020/002831 A1

totale­ment compris. La mise au point de nouveaux agents de mouture découle ainsi généralement d'une démarche totalement empirique.

Compte tenu de ce qui précède, il existe toujours un besoin de nouveaux procédés de broyage, en présence d'au moins un agent de mouture, dont le rendement de broyage serait amélioré.

OBJET DE L'INVENTION

Afin de remédier aux incon­vé­nients précités de l'état de la technique, la présente invention propose un procédé pour le broyage d'une matière minérale, en présence d'au moins un agent de mouture.

Plus particulière­ment, on propose selon l'invention un procédé comprenant :

- une étape de fourniture de ladite matière minérale à broyer et d'au moins un agent de mouture, lequel au moins un agent de mouture est choisi parmi les matières organiques végétales pour former un agent de mouture végétal, et
- une étape de broyage de ladite matière minérale, en présence dudit au moins un agent de mouture.

Ledit au moins un agent de mouture végétal est composé de particules (avantageusement dépourvu de milieu liquide ou de phase continue externe liquide). Et, au cours de ladite étape de broyage, ledit au moins un agent de mouture végétal est mélangé avec ladite matière minérale dans une proportion massique inférieure à 5% de la masse totale.

Les inventeurs démontrent que de tels agents de mouture améliorent le rendement du broyage des matières minérales.

De manière intéressante, un faible taux en agent de mouture végétal permet d'augmenter la surface volumique atteinte pour une dépense énergétique fixe ; il peut même permettre une augmentation de la surface volumique maximale atteignable.

Encore de manière générale, l'ajout de l'agent de mouture végétal peut permettre d'obtenir, plus rapidement, une certaine finesse (et donc d'économiser de l'énergie), mais également d'augmenter la surface volumique maximale atteignable.

Un tel procédé de broyage selon l'invention, en présence dudit au moins un agent de mouture végétal, permet ainsi :

- une augmentation de la quantité de matière produite lors du broyage, pour une même consommation d'énergie et une même finesse, ou
- une augmentation de la finesse du produit pour une même consommation énergétique.

En outre, dans la présente invention, ledit au moins un agent de mouture est utilisé à l'état solide (particules solides).

L'un des avantages de cette forme particulière (solide) est d'éviter (ou au moins de limiter) les phénomènes de rétention (par exemple absorption et/ou adsorption) des particules

composant l'agent de mouture sur la surface de la matière minérale à broyer.

Cette approche permet ainsi un broyage de la matière minérale plus uniforme.

Du fait de la forme particulière, la surface spécifique de l'agent de mouture augmente en même temps que le broyage est effectué puisqu'il se forme des particules de plus en plus
5 fines.

D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses du procédé de broyage conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

10 - ledit au moins un agent de mouture végétal consiste en un mélange de particules ou une poudre ;

- ledit au moins un agent de mouture végétal est incorporé dans une proportion massique inférieure ou égale à 1%, avantageusement de 0,1% à 1% (voire entre 0,1% et 1%), de préférence de 0,5% à 1% (voire entre 0,5% et 1%) de la masse totale ;

15 - ledit au moins un agent de mouture végétal est choisi parmi les matières organiques végétales comprenant l'un au moins des composants suivants : la lignine, la cellulose, un polysaccharide pariétal (avantageusement l'un au moins parmi une hémicellulose, une pectine, un hydrocolloïde) ;

20 - ledit au moins un agent de mouture végétal est choisi parmi les matières lignocellulosiques, avantageusement les matières lignocellulosiques non raffinées, de préférence encore parmi un coproduit de l'exploitation forestière ou de l'industrie du bois (par exemple bois raméal, plaquettes, sciure, écorces, etc.), un coproduit de l'agriculture ou de l'industrie agroalimentaire (par exemple pailles, balle de riz, sons), une plante pérenne (par exemple myscanthus, switchgrass ou panic érigé, taillis à courte rotation comme par exemple saule, peuplier, eucalyptus), une algue ou un coproduit d'exploitation des algues (par exemple
25 algues vertes comme laitue de mer, algues brunes comme fucus ou laminaires source d'alginate, algues rouges comme certaines rhodophycées source d'agar-agar et de carraghénanes, micro-algues cultivées pour l'énergie et la chimie) ;

30 - avant ladite étape de broyage, les particules composant ledit au moins un agent de mouture végétal ont une taille inférieure ou égale à 1 cm, préférentiellement inférieure ou égale à 0,5 cm, voire inférieure ou égale à 1 mm ; l'étape de fourniture dudit au moins un agent de mouture végétal comprend avantageusement une opération de broyage / séparation d'une matière première organique végétale ;

- les particules composant ledit au moins un agent de mouture végétal ont une teneur en eau inférieure à 50%, avantageusement suite à une opération de séchage ;

35 - ladite matière minérale à broyer est choisie parmi les liants hydrauliques (avantageusement parmi les ciments aluminieux, les ciments Portland), les clinkers, les terres rares, des dérivés de silice (par exemple le quartz) et les minerais métallifères ;

- ledit procédé de broyage comprend une opération de mélange dudit au moins un

agent de mouture avec ladite matière minérale, laquelle opération de mélange est mise en œuvre au début de ladite étape de broyage ou pendant ladite étape de broyage ;

- avant l'étape de broyage, ladite matière minérale à broyer a une taille inférieure ou égale à 1 cm, préférentiellement inférieure ou égale à 0,5 cm, voire inférieure ou égale à 1 mm ;

5 - l'étape de broyage est réalisée à sec, avantageusement au moyen d'un broyeur à media broyant (boulets, billes agitées, vibrants, etc.) ;

- l'étape de broyage est poursuivie jusqu'à obtenir une matière minérale broyée ayant une surface volumique supérieure ou égal à 1 000 m²/L, avantageusement de 1 000 à 3 000 m²/L ;

10 - avant ladite étape de broyage, le ratio dimensionnel de la taille des particules formant l'agent de mouture végétal sur la taille des particules formant la matière minérale à broyer est au maximum de 10, de préférence au maximum de 3, de préférence encore au maximum de 2.

L'invention propose également un procédé pour la fabrication d'un liant hydraulique, lequel procédé comprend :

- une étape de fourniture d'un clinker (par exemple une étape de fabrication de ce clinker),

- une étape de broyage dudit clinker pour obtenir ledit liant hydraulique,

20 laquelle étape de broyage est mise en œuvre selon le procédé de broyage selon l'invention.

La présente invention concerne aussi l'utilisation de matières organiques végétales comme agent de mouture végétal dans un procédé de broyage d'une matière minérale, lequel au moins un agent de mouture végétal est composé de particules et lequel agent de mouture végétal est incorporé dans une proportion massique inférieure à 5% de la masse totale.

25 L'invention concerne également la matière minérale broyée, issue d'un procédé de broyage selon l'invention. Cette matière minérale broyée comprend au moins un agent de mouture végétal composé de particules et incorporé dans une proportion massique inférieure à 5% de la masse totale ; et ladite matière minérale broyée présente une surface volumique supérieure ou égale à 1 000 m²/L, avantageusement de 1 000 à 3 000 m²/L.

30

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN EXEMPLE DE REALISATION

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

35 Sur les dessins annexés :

- la figure 1 représente la variation de la puissance électrique d'un broyeur vibrant (exprimée en W), en fonction de la masse de poudre dans un bol (exprimée en g) ;

- la figure 2 représente l'évolution de la surface volumique en fonction de l'énergie

massique de broyage pour le quartz en présence de paille - a : quartz pur, b : quartz + 0,7 % paille ;

- la figure 3 représente l'évolution de la surface volumique en fonction de l'énergie massique de broyage pour le ciment en présence de paille - a : ciment pur, b : ciment + 0,7 % paille ;

- la figure 4 représente les différences de consommations énergétiques pour la production de ciment en présence de paille (0,7% massique) en comparaison au broyage de ciment pur pour plusieurs finesses - abscisse : surface volumique en m^2/L - a : broyeur à boulets, b : broyeur vibrant ;

- la figure 5 représente les différences de consommations énergétiques pour la production de sable broyé en présence de paille (0,7% massique) en comparaison au broyage de sable pur pour plusieurs finesses - abscisse : surface volumique en m^2/L - a : broyeur à boulets, b : broyeur vibrant et c : broyeur à billes agitées ;

- la figure 6 représente les différences de consommations énergétiques sur ciment pour différents taux de paille (teneur massique en paille en %), en comparaison au broyage de ciment pur - a : 1500 m^2/L , b : 1600 m^2/L et c : 1700 m^2/L ;

- la figure 7 représente l'augmentation surfacique (%) pour le ciment + 0,7% de paille, en comparaison du broyage du ciment pur, pour différentes consommations électriques massiques (kWh/t) sur différents broyeurs (a : broyeur à boulets et b : broyeur vibrant) ;

- la figure 8 représente l'augmentation surfacique (%) pour le sable + 0,7% de paille, en comparaison du broyage de sable pur, pour des consommations électriques massiques (kWh/t) sur différents broyeurs (a : broyeur à boulets, b : broyeur vibrant et c : broyeur à billes agitées).

Procédé pour le broyage d'une matière minérale

La présente invention concerne, de manière générale, un procédé pour le broyage d'une matière minérale en présence d'au moins un agent de mouture végétal.

Par « procédé de broyage », on entend une opération du type trituration consistant à diviser une matière minérale (solide), avantageusement pour augmenter sa surface spécifique et donc sa réactivité.

Le procédé de broyage selon l'invention comprend les étapes successives suivantes :

- une étape de fourniture de ladite matière minérale à broyer et d'au moins un agent de mouture,

- une étape de broyage de ladite matière minérale, en présence dudit au moins un agent de mouture,

Fourniture de la matière minérale à broyer

Une première étape du procédé de broyage selon l'invention consiste donc à fournir

la matière minérale à broyer.

Par « matière minérale », on entend avantageusement un composé naturel solide de substances inorganiques.

5 Cette matière minérale à broyer est avantageusement choisie parmi les liants hydrauliques, les clinkers, les terres rares, des dérivés de silice et les minerais métallifères.

Un liant hydraulique est un liant qui se forme et durcit par réaction chimique avec de l'eau. Il est utilisé dans la construction et dans l'industrie routière.

Les liants hydrauliques englobent avantageusement les ciments alumineux, les ciments Portland.

10 Un ciment alumineux est un ciment résultant de la mouture, après cuisson poussée ou non jusqu'à fusion, d'un mélange composé principalement d'alumine, de chaux, d'oxydes de fer et de silice, dans des proportions telles que le ciment obtenu renferme au moins 30 % de son poids d'alumine.

15 Le ciment Portland est un ciment résultant de la pulvérisation d'un clinker formé principalement de silicates hydrauliques de calcium auquel il peut être ajouté du sulfate de calcium, de la pierre calcaire, de l'eau et des agents de mouture.

Ce ciment Portland englobe notamment le ciment Portland artificiel (CEM I) et les ciments à ajouts (CEM II, III, IV et V).

20 Le clinker est un constituant du ciment, qui résulte de la cuisson d'un mélange composé d'environ 80 % de calcaire et de 20 % d'aluminosilicates.

Dans le cas des terres rares, la matière minérale à broyer est avantageusement choisie parmi la bastnäsite, la monazite, l'apatite, la chéralite, l'eudialyte, la loparite, les phosphorites, le xénotime, la thorite.

25 Les dérivés de silice englobent notamment le quartz, le grès, le quartzite des sables faiblement cimentés ou non consolidés.

Les minerais métallifères sont des minéraux qui contiennent un ou plusieurs éléments métalliques.

30 Ces minerais métallifères englobent quant à eux les oxydes (bauxite pour l'aluminium), les sulfures (galène pour le plomb, sphalérite pour le zinc), les carbonates (malachite pour le cuivre, sidérite pour le fer), les silicates (garniérite pour le nickel et le magnésium), ou l'or (comme élément natif ou comme constituant mineur d'autres minéraux).

Avant l'étape de broyage du procédé selon l'invention, ladite matière minérale à broyer se présente avantageusement sous la forme d'un minéral granulaire (ou solide divisé).

35 Cette matière première minérale, à broyer, est avantageusement composée de particules ayant une taille inférieure ou égale à 1 cm, préférentiellement inférieure ou égale à 0,5 cm, voire inférieure ou égale à 1 mm.

Par « taille », on entend avantageusement une dimension des particules composant ladite matière minérale, issue d'une analyse dimensionnelle par tamisage (voir par exemple la

norme NF EN 933-1).

La dimension d'une particule, et plus généralement d'un constituant d'un mélange granulaire, correspond avantageusement à la longueur de son axe primaire, c'est-à-dire la plus longue ligne droite qui peut être dessinée entre une extrémité de ce constituant et une extrémité opposée.

La dimension d'une particule, et plus généralement d'un constituant d'un mélange granulaire, correspond encore à une dimension caractéristique de la particule.

Dans le cas où des particules présenteraient des formes très éloignées de la sphère (soient du fait de leur allongement, soit de leur aplatissement), il est nécessaire de considérer plusieurs dimensions caractéristiques.

La taille d'un constituant entrant dans la composition d'un mélange granulaire, pour lequel la distribution des tailles des particules présente un pic bien défini, est avantageusement la moyenne des tailles caractéristiques des particules de ce constituant.

De manière générale, la matière première minérale est avantageusement issue des opérations de fabrication suivantes : extraction d'une carrière, puis concassage et enfin homogénéisation.

Fourniture dudit au moins un agent de mouture

La première étape du procédé de broyage selon l'invention comporte également la fourniture dudit au moins un agent de mouture.

Par « agent de mouture », on entend un produit destiné à être mélangé en faible quantité avec la matière minérale à broyer de manière à améliorer le rendement de l'étape de broyage.

Selon l'invention, ledit au moins un agent de mouture est choisi parmi les matières organiques végétales, sous forme de particules, pour former un composant dit « agent de mouture végétal ».

En d'autres termes, des matières organiques végétales sont utilisées comme agent de mouture végétal dans le présent procédé de broyage d'une matière minérale.

Par « matière organique végétale », on entend avantageusement une matière organique fabriquée à partir de végétaux.

Ledit au moins un agent de mouture végétal est avantageusement choisi parmi les matières organiques végétales comprenant l'un au moins des composants suivants : la lignine, la cellulose, un polysaccharide pariétal.

La lignine est une biomolécule, de la famille des macromolécules polymères polyphénoliques, qui est un des principaux composants du bois avec la cellulose et l'hémicellulose.

La cellulose est un glucide constitué d'une chaîne linéaire de molécules de D-glucose (entre 15 et 15 000).

Le polysaccharide pariétal est avantageusement choisi parmi au moins une hémicellulose, une pectine, un hydrocolloïde.

L'hémicellulose est un biopolymère constitutif de la paroi cellulaire végétale et une des composantes du bois. Elle a un rôle de pontage entre les fibres de cellulose, mais aussi
5 avec d'autres composés matriciels.

Les pectines sont des polysaccharides caractérisés par un squelette d'acide α -D-galacturonique et de faibles quantités de α -L-rhamnose (plus ou moins ramifiés).

Par « hydrocolloïde », on entend des familles de biopolymères extraites des végétaux, constitués principalement de polysaccharides et d'autres composés (protides, ions),
10 qui sont généralement extractibles à l'eau et qui possèdent des propriétés texturantes (épaississantes, gélifiantes).

Selon un mode de réalisation préféré, ledit au moins un agent de mouture végétal est avantageusement choisi parmi les matières lignocellulosiques, avantageusement les matières lignocellulosiques non raffinées (dites encore « matières lignocellulosiques brutes »).

Par « matières lignocellulosiques », on entend une matière composée de lignine, d'hémicellulose et de cellulose (en proportions variables).
15

Par « matières lignocellulosiques non raffinées », on entend une matière lignocellulosique qui n'a pas subi de prétraitements pour en séparer les constituants, à savoir par exemple ;

20 - des prétraitements physiques autres qu'un broyage (par exemple chauffage par échangeur thermique ou par irradiation aux micro-ondes, ainsi que la sonication et le raffinage papetier) et/ou

- des prétraitements chimiques (par exemple soude, ammoniacque et/ou ozone).

De manière alternative, les matières lignocellulosiques consistent en des matières
25 lignocellulosiques raffinées.

Dans ce cas, la matière lignocellulosique subit des prétraitements pour en séparer les constituants, à savoir par exemple des prétraitements physiques (par exemple chauffage par échangeur thermique ou par irradiation aux micro-ondes, ainsi que la sonication et le raffinage papetier) et/ou des prétraitements chimiques (par exemple soude, ammoniacque et/ou ozone).

30 En pratique, les matières lignocellulosiques non raffinées consistent avantageusement en un coproduit généré au cours d'un processus industriel.

Un coproduit est une matière, intentionnelle et inévitable, créée au cours du même processus de fabrication et en même temps qu'un produit principal.

Ainsi, les matières lignocellulosiques non raffinées sont avantageusement choisies
35 parmi :

- un coproduit de l'exploitation forestière ou de l'industrie du bois,
- un coproduit de l'agriculture ou de l'industrie agroalimentaire,
- une plante pérenne,

- une algue ou un coproduit d'exploitation des algues.

Le coproduit de l'exploitation forestière ou de l'industrie du bois consiste par exemple en :

5 - un bois raméal, dit encore « bois raméal fragmenté » ou « bois raméaux fragmentés (BRF) », c'est-à-dire un mélange non composté de résidus de broyage (fragmentation) de rameaux de bois (branches), issu majoritairement d'arbres feuillus,

10 - des plaquettes, c'est-à-dire le résultat du broyage par des engins mécanisés (broyeurs à couteaux) des rémanents d'une exploitation forestière ou de bois de faible diamètre ou de faible qualité, se présentant par exemple sous la forme de petits morceaux de bois d'environ 2×2×5 cm,

- la sciure, petites particules et fins copeaux issus du sciage de bois,

- l'écorce.

Le coproduit de l'agriculture ou de l'industrie agroalimentaire consiste par exemple en :

15 - les pailles, coproduit de la production de graines de céréales et représenté par la partie de la tige (ou chaume) de certaines graminées, dites « céréales à paille » (blé, orge, avoine, seigle, riz), coupé pendant la moisson,

20 - les balles ou bales, coproduit dérivé de la transformation des céréales et constitué par l'ensemble des glumes ou glumelles qui renferment le grain (obtenue par battage ou par décorticage),

- le son, coproduit constitué par l'enveloppe du caryopse des céréales après séparation de l'amande (provenant par exemple du blé, du riz ou de l'avoine).

La plante pérenne est par exemple choisie parmi :

25 - *miscanthus*,

- *switchgrass* ou panic érigé (*Panicum virgatum*),

- un taillis à courte rotation ou TCR, comme par exemple le saule, le peuplier ou l'eucalyptus.

Une algue ou un coproduit d'exploitation des algues est par exemple choisi(e) parmi :

30 - les algues vertes (*Chlorophyta*, *Streptophycophyta*, *Euglenophyta*, *Chlorarachniophyta*), comme la laitue de mer,

- les algues brunes (dits encore *Phaeophyceae* ou Phéophycées), comme fucus ou laminaires source d'alginate,

- les algues rouges (ou rhodophytes), comme certaines rhodophycées source d'agar-agar et de carraghénanes,

35 - les microalgues, cultivées pour l'énergie et la chimie.

Avant l'étape de broyage, ledit au moins un agent de mouture végétal est ainsi composé / formé (avantageusement exclusivement) de particules (dites encore « particules solides »).

Ledit au moins un agent de mouture végétal consiste ainsi avantageusement en un mélange granulaire, ou un mélange de particules (dit encore mélange particulaire) ou une poudre.

5 Ledit au moins un agent de mouture végétal est ainsi dépourvu de milieu liquide ou de phase continue externe liquide.

Ledit au moins agent de mouture végétal est donc utilisé sous forme solide (dit encore à l'état solide), c'est-à-dire avantageusement une substance solide formée de particules indépendantes.

10 Les particules ont de préférence une taille inférieure ou égale à 1 cm, préférentiellement inférieure ou égale à 0,5 cm, voire inférieure ou égale à 1 mm.

Par « taille », on entend avantageusement une dimension des particules composant ledit au moins un agent de mouture végétal, issue d'une analyse dimensionnelle par tamisage (voir par exemple la norme NF EN 933-1).

15 La dimension d'une particule, et plus généralement d'un constituant d'un mélange granulaire, correspond avantageusement à la longueur de son axe primaire, c'est-à-dire la plus longue ligne droite qui peut être dessinée entre une extrémité de ce constituant et une extrémité opposée.

La dimension d'une particule, et plus généralement d'un constituant d'un mélange granulaire, correspond encore à une dimension caractéristique de la particule.

20 Dans le cas où des particules présenteraient des formes très éloignées de la sphère (soient du fait de leur allongement, soit de leur aplatissement), il est nécessaire de considérer plusieurs dimensions caractéristiques.

25 La taille d'un constituant entrant dans la composition d'un mélange granulaire, pour lequel la distribution des tailles des particules présente un pic bien défini, est avantageusement la moyenne des tailles caractéristiques des particules de ce constituant.

De préférence, la taille des particules formant l'agent de mouture végétal est similaire à la taille des particules formant la matière minérale à broyer, c'est-à-dire une différence maximale d'un facteur 10 (ratio de la taille des particules formant l'agent de mouture végétal sur la taille des particules formant la matière minérale à broyer).

30 De préférence, la différence maximale est d'un facteur 3, de préférence encore un facteur 2.

Pour cela, l'étape de fourniture dudit au moins un agent de mouture végétal comprend avantageusement une opération de broyage / séparation appliquée à la matière première organique végétale destinée à former l'agent de mouture végétal.

35 Cette opération de broyage / séparation est ajustée pour obtenir le calibre souhaité des particules formant ledit agent de mouture végétal.

L'opération de séparation est par exemple choisie parmi le tamisage, la turboséparation ou le tri-électrostatique (voir par exemple le document Rajaonarivony et al.,

2017, « *Electrostatic separation of mineral and vegetal powders with a custom built corona separator: application to biorefinery of rice husk* », EPJ Web of Conferences, Volume 140, 2017, ou Barakat et al., « *Electrostatic Separation as an Entry into Environmentally Eco-Friendly Dry Biorefining of Plant Materials* », Journal of Chemical Engineering & Process
5 Technology, 2017, Vol 8(4): 354).

Toujours selon une caractéristique avantageuse, ledit au moins un agent de mouture végétal (et particulier ses particules constitutives) a une teneur en eau inférieure à 50%, avantageusement suite à une opération de séchage.

10 Par exemple, la teneur en eau est inférieure à 25%, de préférence encore inférieure à 10%.

Ce séchage a avantageusement pour but d'obtenir un taux d'humidité contrôlé et également de faciliter le broyage.

Etape de broyage

15 L'étape de broyage a pour fonction de diviser la matière minérale (solide) et de diminuer la taille des particules, et donc d'augmenter sa surface spécifique.

La « surface spécifique » est donc une des manières de mesurer la taille des particules résultant du broyage.

20 Elle désigne le rapport entre, d'une part, la surface réelle d'un objet et, d'autre part, la quantité de matière de l'objet (en général sa masse, voire son volume).

Cette surface spécifique peut s'exprimer comme une aire massique (unités de surface par unité de masse), voire comme une aire volumique / surface volumique (unités de surface par unité de volume).

La surface volumique peut être déterminée à partir de l'équation (1) suivante :

25
$$S_v = \sum_{i=1}^n \frac{3\alpha_i}{R_i} \quad (1)$$

dans laquelle

R_i représente le rayon de la $i^{\text{ème}}$ classe granulométrique, et

α_i représente la fraction volumique de cette classe.

La surface volumique calculée est exprimée en m^2/L .

30 L'étape de broyage est avantageusement réalisée dans un broyeur.

Cette étape de broyage est avantageusement réalisée à sec, de préférence au moyen d'un broyeur à media broyant (dit encore broyeur à corps broyant libres).

Le broyeur à media broyant est par exemple choisi parmi :

35 - un broyeur à boulets, avantageusement constitué par un tambour cylindrique ou cylindro-conique à axe horizontal et rempli (par exemple au tiers de son volume) par la charge broyante (boulets d'acier ou de fonte, galets de silex, bâtonnets, tétraèdres ou cylindres en acier dur),

- un broyeur à billes agitées ou à attrition, avantageusement une chambre au centre

de laquelle se trouve un agitateur de géométrie variable (formé soit d'hélices, d'anneaux, de disques pleins, crantés ou troués) pour mettre en mouvement des billes de broyage qui occupent entre 50 et 85% du volume apparent de la chambre de broyage ainsi que la suspension à traiter (les billes de broyage peuvent être en acier, verre, en alumine ou en

5 céramique),

- un broyeur vibrant, comprenant par exemple un bol de broyage produisant des vibrations en forme d'arc de cercle sur un plan horizontal dans lequel des billes viennent frapper la matière à broyer située sur les faces extérieures arrondies.

De tels broyeurs sont par exemple présentés dans l'article Blazy et al., Technique de

10 l'Ingénieur - j3051 - Fragmentation - Technologie.

Au cours de l'étape de broyage, ledit au moins un agent de mouture végétal est mélangé avec la matière minérale dans le broyeur (avant ou pendant son fonctionnement).

Cette opération de mélange est obtenue par l'incorporation dudit au moins un agent de mouture végétal dans le broyeur contenant la matière minérale à broyer.

Ledit au moins un agent de mouture végétal est rapporté dans une proportion

15 massique inférieure à 5% de la masse totale (c'est-à-dire avantageusement la somme de la masse de l'agent de mouture plus la masse de la matière minérale à broyer).

La « masse totale » correspond avantageusement à la masse totale des matières mélangées dans le broyeur au cours de l'étape de broyage.

Cette masse totale est au moins égale à la valeur obtenue par addition de, d'une part, la masse de la matière minérale et, d'autre part, la masse dudit au moins un agent de mouture végétal.

20

De préférence, ledit au moins un agent de mouture végétal est incorporé dans une proportion massique inférieure ou égale à 1%, avantageusement de 0,1% à 1%, de préférence

25 de 0,5% à 1%, de la masse totale.

L'opération de mélange dudit au moins un agent de mouture végétal avec ladite matière minérale à broyer peut être mise en œuvre :

- au début de l'étape de broyage, ou

- pendant cette étape de broyage, entre le début et la fin de ladite étape de broyage.

L'étape de broyage est poursuivie pendant un temps suffisant à l'obtention de matière minérale dans l'état souhaitée.

30

En ce sens, l'étape de broyage est avantageusement poursuivie jusqu'à obtenir une matière minérale broyée ayant une surface volumique supérieure ou égale à 1 000 m²/L, avantageusement de 1 000 à 3 000 m²/L, de préférence encore de 2 000 à 3000 m²/L.

35

Procédé pour la fabrication d'un liant hydraulique

La présente invention concerne encore un procédé pour la fabrication d'un liant hydraulique.

Le procédé correspondant comprend avantageusement les étapes suivantes :

- une étape de fourniture d'un clinker, par exemple sous la forme d'une étape de fabrication de ce clinker,

- une étape de broyage dudit clinker pour obtenir ledit liant hydraulique.

5 L'étape de fabrication du clinker comprend par exemple les étapes suivantes :

- la préparation d'un cru, par voie humide ou voie sèche,

- une cuisson du cru, par exemple à haute température (1 450°C) dans un four à calcination rotatif (processus de cuisson également appelé « clinkérisation »), et

- le refroidissement rapide (la trempe).

10 A la sortie du four, la granulométrie du clinker est trop grossière pour que sa réactivité soit suffisante ; le clinker se présente sous forme de nodules d'une dizaine de millimètre de diamètre.

Le broyage du clinker développe les propriétés hydrauliques du ciment et lui confère ses principales propriétés rhéologiques.

15 L'étape de broyage est mise en œuvre selon le procédé de broyage défini ci-dessus.

En particulier, l'étape de broyage de ce clinker est réalisée en présence dudit au moins un agent de mouture végétal selon les caractéristiques développées ci-dessus.

Toujours lors de cette étape, différents minéraux naturels ou artificiels peuvent être ajoutés simultanément pour ajuster la composition du mélange.

20 Le gypse (3 à 5 %) peut être ajouté au clinker. On obtient alors le ciment Portland artificiel (CEM I).

Les ciments à ajouts (CEM II à V) sont obtenus par l'addition, lors l'étape de broyage, d'éléments minéraux supplémentaires contenus dans des matériaux tels que :

- le laitier de hauts fourneaux,

25 - les cendres volantes de centrales électriques,

- les fillers calcaires (granulats),

- les pouzzolanes (naturelles ou artificielles).

Matière minérale broyée

30 La présente invention concerne encore une matière minérale broyée, issue d'un procédé de broyage selon l'invention (collectée à la fin du procédé de broyage selon l'invention au cours d'une étape de collecte / récupération, avantageusement à la sortie du broyeur).

Cette matière minérale broyée comprend alors avantageusement au moins un agent de mouture végétal composé de particules et incorporé dans une proportion massique 35 inférieure à 5% de la masse totale.

Là encore, la « masse totale » correspond avantageusement à la masse totale des matières mélangées (au moins matière minérale et agent de mouture végétal).

Les particules formant la matière minérale broyée présente une surface volumique

supérieure ou égale à 1 000 m²/L, avantageusement de 1 000 à 3 000 m²/L.

Application

5 Les applications possibles de la présente invention sont nombreuses et regroupent toutes les industries broyant des minéraux.

On peut en particulier citer l'industrie cimentière, où l'efficacité du concept est démontrée sur le ciment alumineux. Le procédé de broyage selon l'invention pourrait être étendu à la production de ciment Portland.

10 Les industries pigmentaires, ou de production de poudres métalliques, peuvent être aussi intéressées.

Exemples

Matériels et Méthodes

15 *Matières premières*

Un végétal (paille de blé tendre) et deux minéraux (sable de quartz et ciment alumineux) sont utilisés ici.

Paille de blé

20 Un pré-broyage sur un broyeur à couteaux (SM100 de Retsch) est réalisé pour la paille de blé.

La paille est broyée successivement dans le broyeur avec des grilles d'ouverture 6, 4, 2 mm puis trois fois à 1 mm pour éviter un échauffement trop important.

25 La paille est chargée dans le broyeur manuellement et le broyeur tourne à 1500 tpm (rpm).

La paille est ensuite tamisée afin de conserver la fraction entre 0,25 et 0,5 mm.

Cette fraction appelée « paille » dans la suite du document est ensuite séchée pendant 24 heures dans une étuve à 65°C.

30 Ce séchage a pour but d'obtenir le même taux d'humidité pour tous les échantillons de paille broyée et également de faciliter le broyage.

Avant utilisation, une mesure de taux d'humidité est effectuée, celui-ci est compris entre 3 et 4%.

Sable de quartz

35 Le sable provient de la Société Nouvelle du Littoral, celui-ci est tamisé entre 0,315 et 1 mm pour obtenir une granulométrie équivalente à la paille.

Le sable étant très peu sujet à la prise d'eau, aucun passage à l'étuve n'est nécessaire avant son utilisation.

Ciment alumineux

Comme pour le sable, le ciment ne subit aucun passage à l'étuve. Il est également tamisé entre 0,315 et 1 mm.

5

Broyeurs utilisés

Deux broyeurs différents (broyeur à boulets FAURE®, broyeur Retsch® MM400) ont été utilisés pour le broyage de ciment (en présence de paille) et pour le sable (en présence de paille).

10 Un troisième broyeur (broyeur à billes agitées), additionnel, a été utilisé pour le broyage de sable (en présence de paille).

Ces trois broyeurs ont été sélectionnés pour leur fonctionnement très différenciés, chacun ayant une quantité de produit, une consommation énergétique, et un principe de fonctionnement bien distincts.

15 Le broyeur MM400 Retsch (broyeur vibrant) est constitué de deux bols vibrants, de 50 mL chacun. Le média broyant utilisé est une bille en acier de 25 mm de diamètre. Pour l'ensemble des mesures, la fréquence de vibration utilisée est de 20 Hz.

20 Le broyeur à boulets FAURE est constitué d'une cuve de 3 L remplie de boulets en acier (3 kg) de diamètres 25, 20 et 15 mm à masse égales ; la vitesse de la rotation de la cuve est de 81 tr.min⁻¹.

Enfin, le broyeur à billes agitées FEMAG est composé d'une cuve de 3 L dans laquelle sont présentes des billes en acier de faible diamètre (6 mm) mises en mouvement par un arbre agitateur dont la vitesse est de 300 tr.min⁻¹, avec une quantité de billes représentant 60% du taux de remplissage de la cuve (soit 7,5 kg).

25

Protocole de broyage

Pour un broyeur donné, les différents broyages sont réalisés à remplissage du broyeur constant.

30 Les densités considérées pour calculer les volumes de poudres sont les densités apparentes des poudres à 10 µm, soit 1608 kg.m⁻³ pour le ciment, 1696 kg.m⁻³ pour le sable et 0,221 kg.m⁻³ pour la paille.

Le volume de poudre inséré dans le broyeur MM400 est de 8 mL, dans le broyeur à boulets est de 273 mL et dans le broyeur à billes agitées est de 740 mL.

35 Dans les résultats présentés ici, la masse de paille représente de 0,7% à 0,16% de la masse totale (5% à 1% du volume de poudre total).

Tout au long du broyage, plusieurs échantillons sont prélevés. Le broyage est ensuite arrêté lorsque l'on considère que la taille n'évolue plus de manière significative.

Mesure granulométrique

Afin de caractériser les poudres obtenues, des analyses granulométriques sont réalisées sur un granulomètre laser MALVERN®, qui donne accès à la surface générée.

La granulométrie laser repose sur le principe de diffraction de la lumière. La poudre
5 passe devant un rayon laser, la déviation du rayon et l'intensité lumineuse est ensuite mesurée.

À l'aide de la théorie de Mie (prise en compte des indices de réfraction et d'absorption des particules), la distribution de taille de la poudre (ou « PSD » pour « particle size distribution ») est déterminée.

A partir de la PSD, la surface volumique est déterminée à partir de l'équation (1)
10 suivante :

$$S_v = \sum_{i=1}^n \frac{3\alpha_i}{R_i} \quad (1)$$

dans laquelle

R_i représente le rayon de la $i^{\text{ème}}$ classe granulométrique, et

α_i représente la fraction volumique de cette classe.

15 La surface volumique calculée est exprimée en m^2/L .

La poudre est dispersée dans de l'éthanol avec ultrasons pour désagglomérer la poudre en suspension dans l'éthanol. Les ultrasons sont activés pendant 3 minutes et la mesure est effectuée 3 minutes après la fin des ultrasons pour éliminer les bulles d'air présentes.

20

Consommation électrique et gain énergétique

Sur les trois broyeurs, la puissance électrique utilisée par le broyeur est mesurée pendant le broyage.

Quel que soit le produit, le broyeur à boulet consomme 69 W. Le broyeur à billes
25 agitées consomme 909 W pour tous les broyages, exceptés pour le broyage sable/paille où le broyeur consomme 885 W. Le broyeur MM400 voit sa consommation varier avec la masse de produit rapportée.

Connaissant la masse de poudre, et la relation liant la masse de poudre et la puissance électrique, la puissance électrique de chaque broyage a pu être calculée (figure 1).

30 Connaissant le temps de broyage et la masse de minéral introduit, la consommation électrique massique est calculée pour chaque point des cinétiques de broyage.

Cette consommation électrique massique est ensuite calculée à des surfaces volumiques fixées.

Cette valeur indique la quantité d'énergie dépensée pour produire 1 kg de minéral à
35 la surface volumique voulue.

Interpolation de l'évolution de la surface volumique

La surface volumique mesurée au granulomètre laser est tracée en fonction de

l'énergie minérale massique pour chaque broyage.

Cette évolution est ensuite interpolée par la fonction (2) suivante :

$$S_v = S_f \left(1 - \alpha \exp \left(-\frac{E_m}{\tau} \right) \right) \quad (2)$$

avec S_f , α et τ , les paramètres de la fonction déterminés à partir de l'interpolation,

5 S_v la surface volumique, et

E_m l'énergie massique de broyage.

Dans la suite, c'est à partir de ces interpolations que tous les gains énergétiques et surfaciques sont calculés.

10 *Calcul des différences de consommations énergétiques*

À partir des interpolations (cf. le paragraphe précédent) de l'évolution de la surface volumique avec l'énergie massique, il est possible de calculer une différence de consommation énergétique pour atteindre une surface donnée.

Cette différence D (en %) est calculée comme suit au moyen de la formule (3)

15 suivante :

$$D(S_v) = \frac{E_m^{adjuvant}(S_v) - E_m^{pur}(S_v)}{E_m^{pur}(S_v)} \quad (3)$$

dans laquelle

$E_m^{adjuvant}(S_v)$ est l'énergie massique de broyage en présence de l'agent de mouture,

$E_m^{pur}(S_v)$ est l'énergie massique de broyage en absence de l'agent de mouture.

20 Une différence négative signifiera donc que l'on a dépensé moins d'énergie pour atteindre une même surface avec de l'adjuvant de mouture. Cela correspond donc à une réduction de la consommation énergétique grâce à l'ajout de la biomasse végétale.

Résultats

25 *Evolution de la surface volumique*

Un exemple d'évolution de la surface volumique en fonction de l'énergie massique de broyage est présenté sur les figures 2 et 3.

Les cinétiques sont interpolées avec la fonction (2) décrite précédemment.

30 Comme on peut le voir, la finesse de la poudre augmente au cours du broyage puis se stabilise à une valeur maximum.

L'ajout de paille permet, à partir d'une certaine finesse, d'obtenir plus rapidement cette finesse (et donc d'économiser de l'énergie) mais également d'augmenter la surface volumique maximale atteignable.

35 *Différence de consommation énergétique*

Les figures 4 et 5 présentent les différences de consommation énergétique pour le broyage du ciment et du sable, par ajout de paille à hauteur de 0,7% en masse sur les

différents broyeurs utilisés pour différentes surfaces volumiques (1400 m²/L correspond à une d50 de 10µm et 2600 m²/L correspond à une d50 de 4,3µm).

5 Le gain énergétique, qui varie entre 15% (broyage ciment/paille à 1400 m²/L sur broyeur à boulets) et 31% (broyage sable/paille à 2600 m²/L sur broyeur FEMAG), est dépendant du matériau et du broyeur utilisé mais globalement augmente avec l'augmentation de la finesse.

10 De plus faibles quantités de paille ont également été testées pour les broyages ciment/paille sur le broyeur MM400 (figure 6). Ces résultats montrent qu'il est possible de diminuer la quantité de paille et d'avoir toujours des gains énergétiques conséquents. Il semble que les meilleurs résultats soient obtenus pour 0,57% de paille.

Augmentation de la surface maximale

Un faible taux de paille permet d'augmenter la surface volumique atteinte pour une dépense énergétique fixée et permet même d'augmenter la surface maximale atteignable.

15 Les figures 7 et 8 présentent les gains de surfaces volumiques observés à différentes dépenses énergétiques pour les broyages en présence d'une teneur de biomasse de 0,7%.

On peut voir que, globalement, le gain surfacique augmente au cours du broyage. Il varie entre 4% en début de broyage (à 1000 kWh/t à une d50 de 13 µm soit une surface de 2200 m²/L pour le sable) jusqu'à 30% en fin de broyage (à 8000 kWh/t à une d50 de 3,5 µm soit une surface de 2730 m²/L pour le sable).

Conclusion

25 L'ajout de faibles quantités de paille dans le ciment et le sable est responsable de l'amélioration de la broyabilité du minéral, provoquant ainsi une réduction des coûts énergétiques et une augmentation de la surface finale.

Ces effets sont observables sur deux minéraux différents aux propriétés chimiques contrastées. Cela permet d'élargir le concept à d'autres matériaux.

De plus, le procédé selon l'invention a prouvé son efficacité sur des broyeurs aux fonctionnements très différents.

30 La très faible quantité de paille ajoutée est un atout puisque cela altère très peu les propriétés de la poudre finale comme le fait un adjuvant de broyage traditionnel.

Les résultats présentés ici mettent en évidence le rôle d'agent de mouture (ou adjuvant de broyage) que joue la paille pour le broyage du sable et du ciment alumineux sur différents broyeurs.

35 Par ailleurs, ces résultats sont tout à fait extrapolables à d'autres biomasses lignocellulosiques (certains essais ont également été réalisés sur de la cellulose pure) ainsi qu'à d'autres minéraux.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour le broyage d'une matière minérale, lequel procédé comprend :

- une étape de fourniture de ladite matière minérale à broyer et d'au moins un agent de mouture, lequel au moins un agent de mouture est choisi parmi les matières organiques végétales pour former un agent de mouture végétal,

- une étape de broyage de ladite matière minérale, en présence dudit au moins un agent de mouture,

caractérisé en ce que ledit au moins un agent de mouture végétal est composé de particules,

et en ce que, au cours de ladite étape de broyage, ledit au moins un agent de mouture végétal est mélangé avec ladite matière minérale dans une proportion massique inférieure à 5% de la masse totale.

2. Procédé de broyage selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit au moins un agent de mouture végétal consiste en un mélange de particules ou une poudre.

3. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit au moins un agent de mouture végétal est incorporé dans une proportion massique inférieure ou égale à 1%, avantageusement de 0,1% à 1%, de préférence de 0,5% à 1%, de la masse totale.

4. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit au moins un agent de mouture végétal est choisi parmi les matières organiques végétales comprenant l'un au moins des composants suivants : la lignine, la cellulose, un polysaccharide pariétal.

5. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit au moins un agent de mouture végétal est choisi parmi les matières lignocellulosiques, avantageusement les matières lignocellulosiques non raffinées, de préférence encore :

- un coproduit de l'exploitation forestière ou de l'industrie du bois,

- un coproduit de l'agriculture ou de l'industrie agroalimentaire,

- une plante pérenne,

- une algue ou un coproduit d'exploitation des algues.

6. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que, avant ladite étape de broyage, les particules composant ledit au moins un agent de mouture végétal ont une taille inférieure à 1 cm, préférentiellement inférieure à 0,5 cm, voire inférieure à 1 mm.

7. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, avant ladite étape de broyage, les particules composant ledit au moins un agent de mouture végétal ont une teneur en eau inférieure à 50%, avantageusement suite à une opération de séchage.

8. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite matière minérale à broyer est choisie parmi les liants hydrauliques, les clinkers, les terres rares, des dérivés de silice et les minerais métallifères.

5 9. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ledit procédé de broyage comprend une opération de mélange dudit au moins un agent de mouture avec ladite matière minérale, laquelle opération de mélange est mise en œuvre :

- au début de ladite étape de broyage, ou
- pendant ladite étape de broyage.

10 10. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que, avant l'étape de broyage, ladite matière minérale à broyer a une taille inférieure ou égale à 1 cm, préférentiellement inférieure ou égale à 0,5 cm, voire inférieure ou égale à 1 mm.

15 11. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que, avant ladite étape de broyage, le ratio dimensionnel de la taille des particules formant l'agent de mouture végétal sur la taille des particules formant la matière minérale à broyer est au maximum de 10, de préférence au maximum de 3, de préférence encore au maximum de 2.

20 12. Procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'étape de broyage est réalisée à sec, avantageusement au moyen d'un broyeur à media broyant.

13. Procédé pour la fabrication d'un liant hydraulique, lequel procédé comprend :

- une étape de fabrication d'un clinker,
- une étape de broyage dudit clinker pour obtenir ledit liant hydraulique,

25 caractérisé en ce que ladite étape de broyage est mise en œuvre selon le procédé de broyage défini dans l'une quelconque des revendications 1 à 12.

14. Utilisation de matières organiques végétales comme agent de mouture végétal dans un procédé de broyage d'une matière minérale,

lequel au moins un agent de mouture est composé de particules, et

30 lequel agent de mouture végétal est incorporé dans une proportion massique inférieure à 5% de la masse totale.

15. Matière minérale broyée, issue d'un procédé de broyage selon l'une quelconque des revendications 1 à 12,

laquelle matière minérale broyée comprend au moins un agent de mouture végétal incorporé dans une proportion massique inférieure à 5% de la masse totale,

35 lequel au moins un agent de mouture végétal est composé de particules, et

laquelle matière minérale broyée présente une surface volumique supérieure ou égale à 1 000 m²/L, avantageusement de 1 000 à 3 000 m²/L.

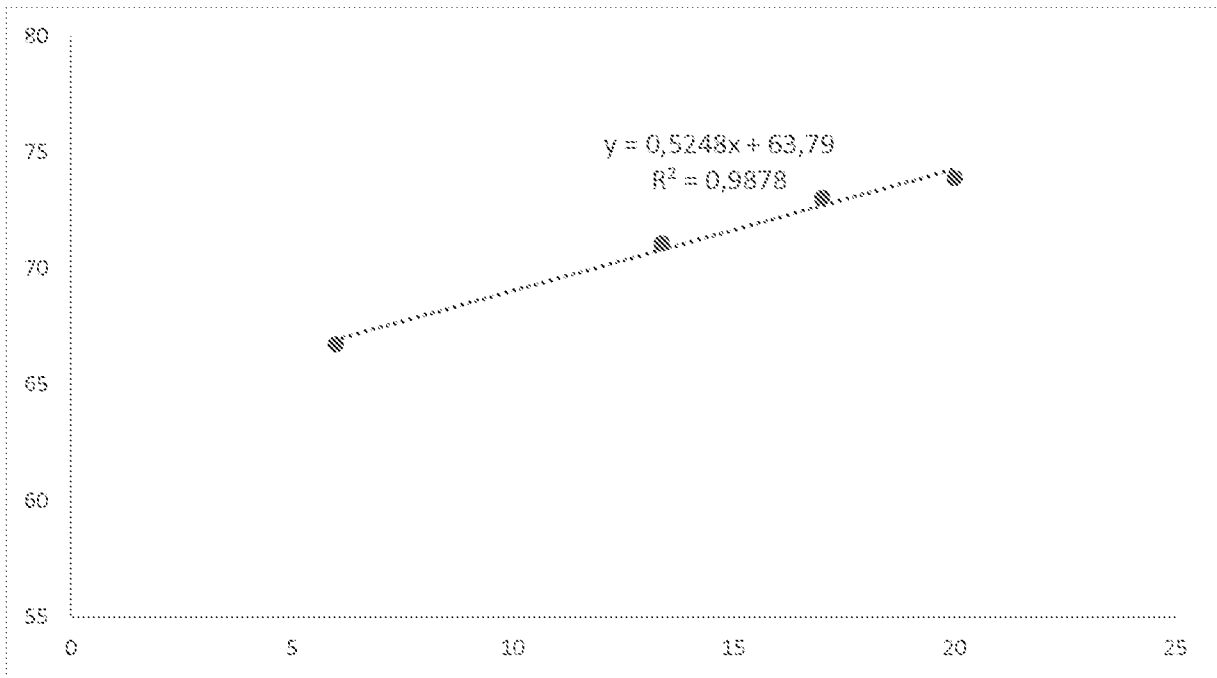


Figure 1

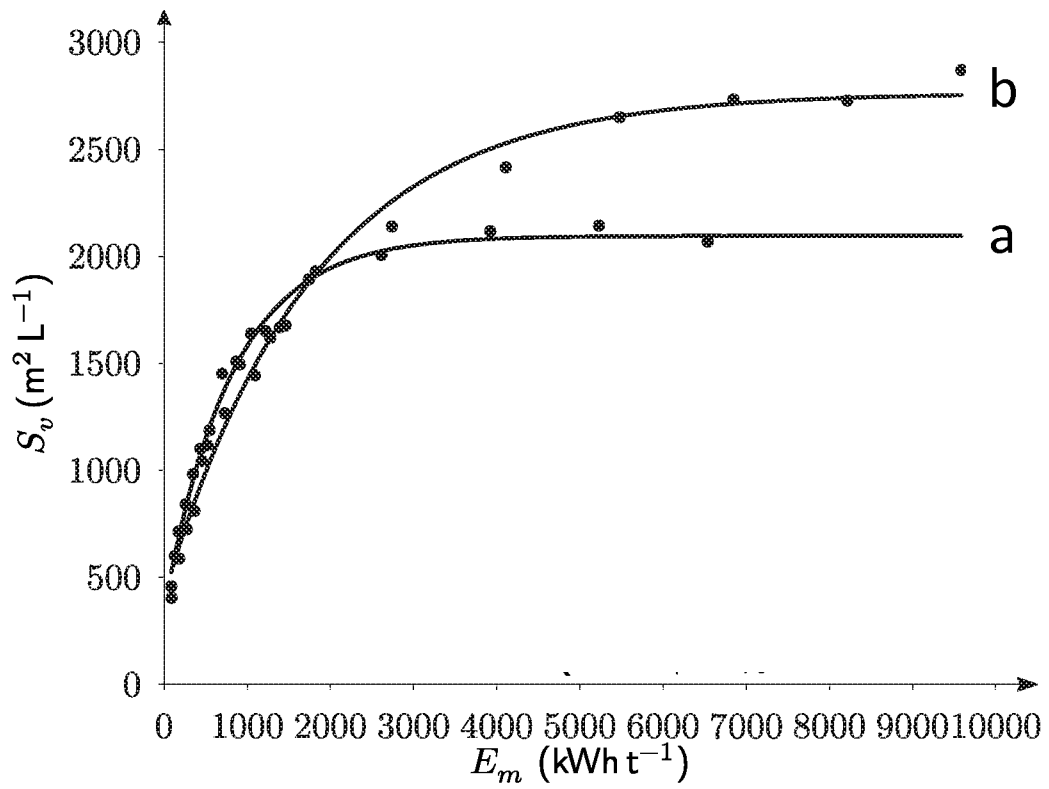


Figure 2

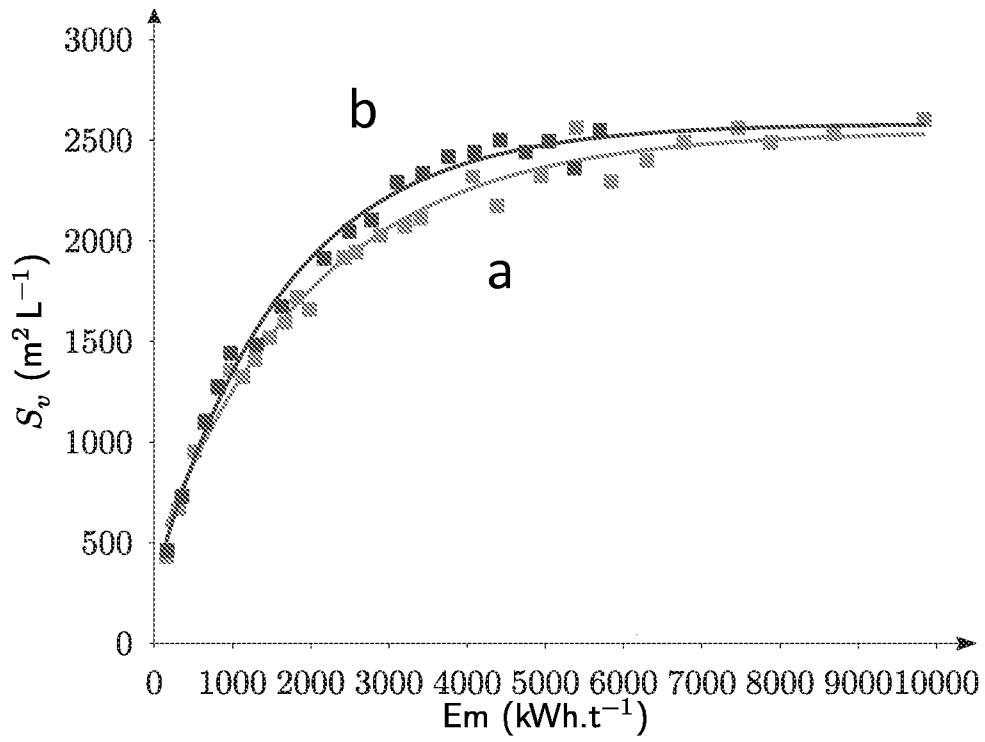


Figure 3

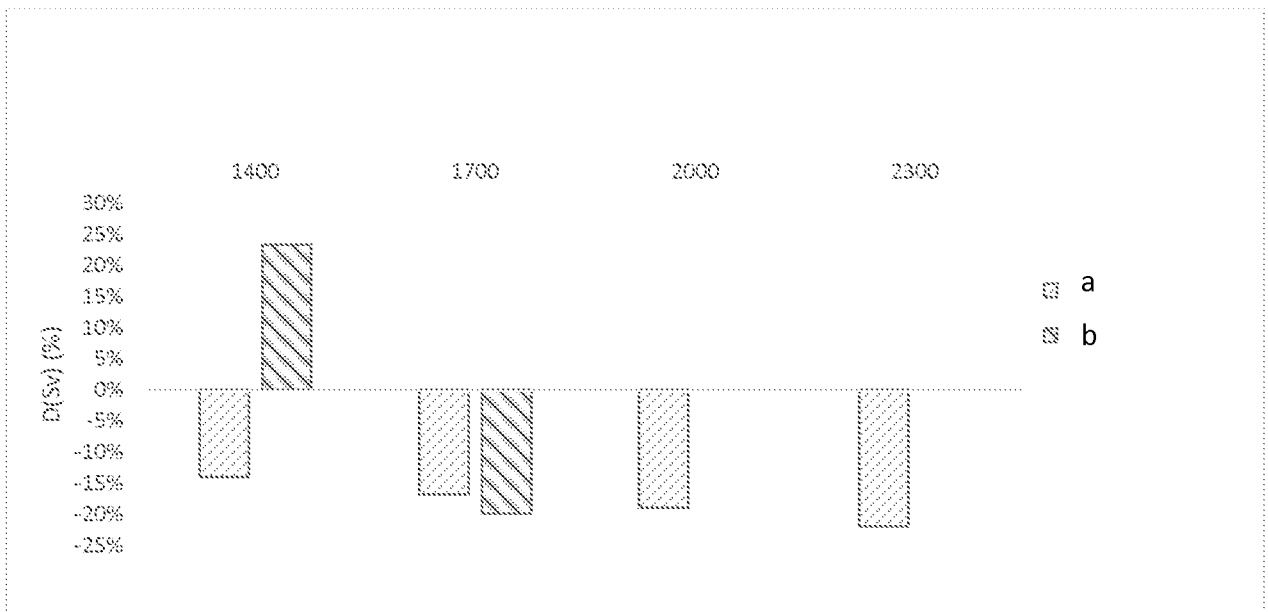


Figure 4

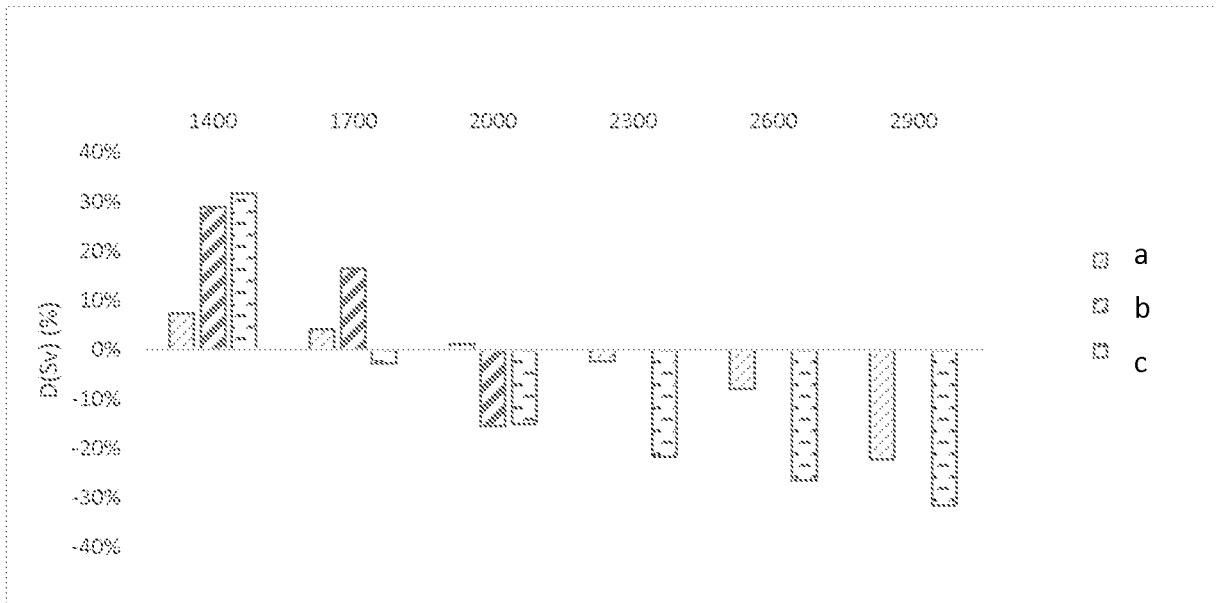


Figure 5

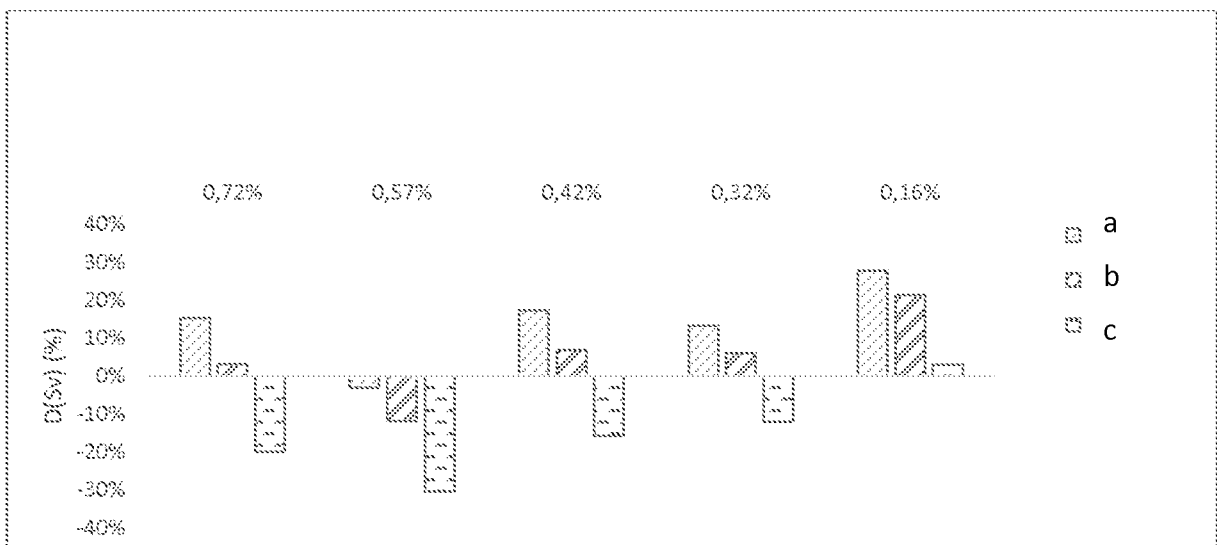


Figure 6

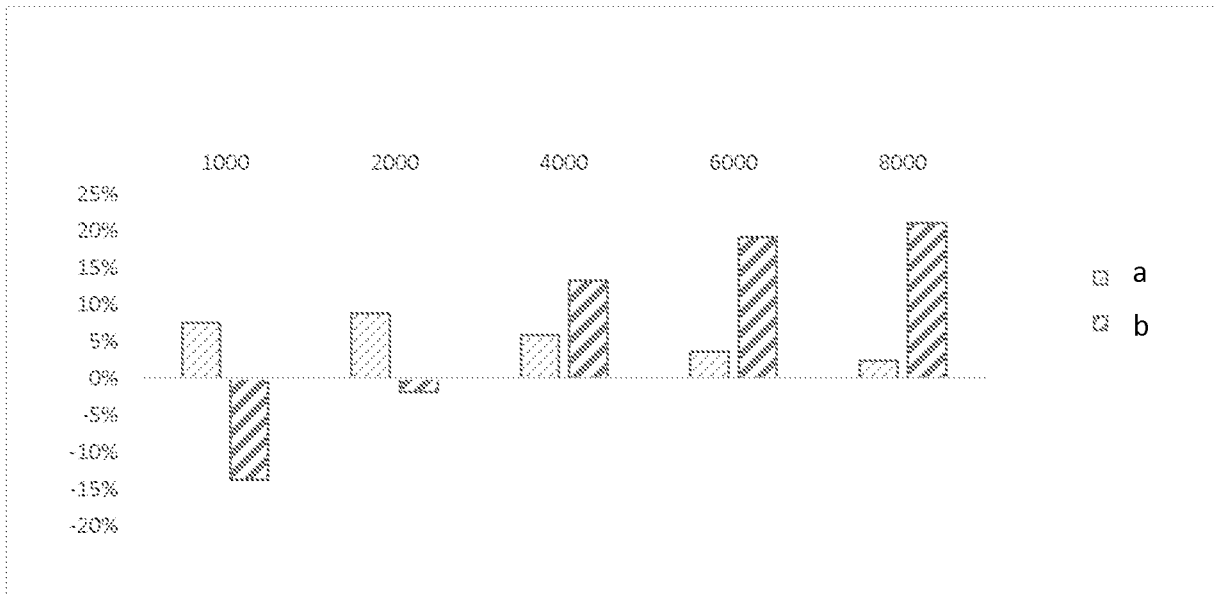


Figure 7

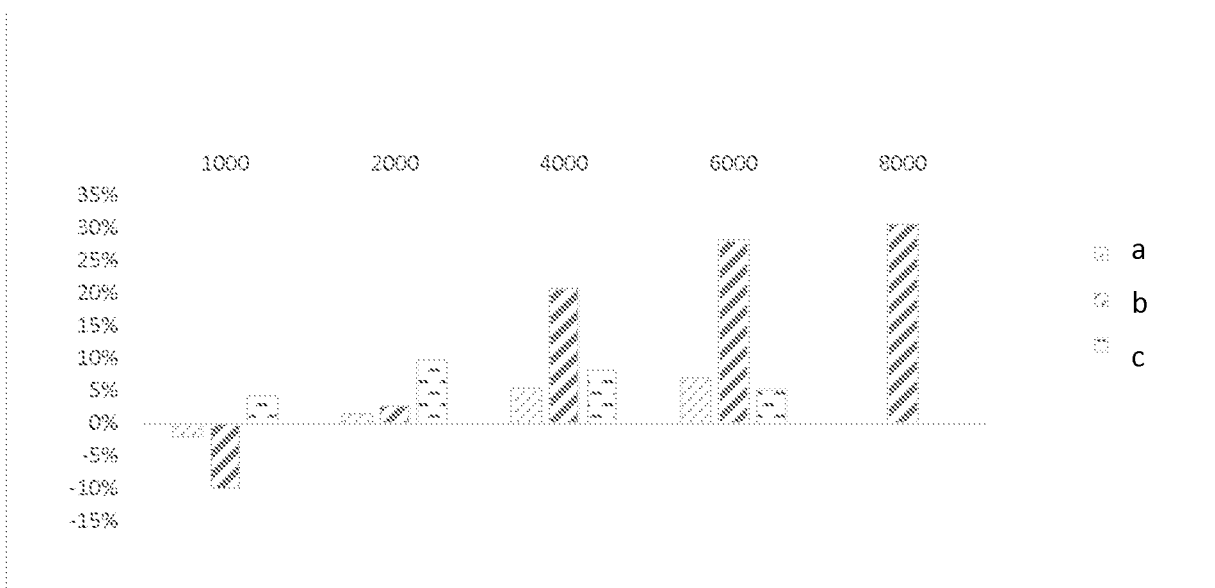


Figure 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/051570

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B02C 23/06(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B02C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5203512 A (FERRARIS CHIARA F [US] ET AL) 20 April 1993 (1993-04-20) cited in the application column 1, line 7 - line 9 column 1, line 41 - line 55 column 2, line 13 - line 32 column 3, line 25 - column 6, line 3 figure	1-15
A	CN 106116202 A (UNIV TONGJI) 16 November 2016 (2016-11-16) cited in the application abstract	1,13-15
A	EP 1728771 A2 (GRACE W R & CO [US]) 06 December 2006 (2006-12-06) cited in the application column 1, paragraph 1 column 2, paragraph 6 - column 4, paragraph 22 column 8, paragraph 42	1,13-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 09 October 2019		Date of mailing of the international search report 16 October 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Redelsperger, C Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/051570

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	5203512	A	20 April 1993	NONE	
CN	106116202	A	16 November 2016	NONE	
EP	1728771	A2	06 December 2006	AU 2006255754 A1	14 December 2006
				BR PI0610911 A2	02 December 2008
				CN 101184702 A	21 May 2008
				CN 104045254 A	17 September 2014
				EP 1728771 A2	06 December 2006
				ES 2634798 T3	29 September 2017
				HK 1201816 A1	11 September 2015
				JP 5767668 B2	19 August 2015
				JP 2008542182 A	27 November 2008
				JP 2013189375 A	26 September 2013
				KR 20080019596 A	04 March 2008
				PT 1728771 T	20 July 2017
				US 2006272554 A1	07 December 2006
				US 2011146540 A1	23 June 2011
				US 2013180436 A1	18 July 2013
				US 2015007755 A1	08 January 2015
				US 2016068437 A1	10 March 2016
				WO 2006132762 A2	14 December 2006
CN	107176800	A	19 September 2017	NONE	

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B02C23/06 ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B02C</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 203 512 A (FERRARIS CHIARA F [US] ET AL) 20 avril 1993 (1993-04-20) cité dans la demande colonne 1, ligne 7 - ligne 9 colonne 1, ligne 41 - ligne 55 colonne 2, ligne 13 - ligne 32 colonne 3, ligne 25 - colonne 6, ligne 3 figure -----	1-15
A	CN 106 116 202 A (UNIV TONGJI) 16 novembre 2016 (2016-11-16) cité dans la demande abrégé ----- -/--	1,13-15
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>	
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p>9 octobre 2019</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>16/10/2019</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Redel sperger, C</p>

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>EP 1 728 771 A2 (GRACE W R & CO [US]) 6 décembre 2006 (2006-12-06) cité dans la demande colonne 1, alinéa 1 colonne 2, alinéa 6 - colonne 4, alinéa 22 colonne 8, alinéa 42</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,13-15
A	<p>CN 107 176 800 A (UNIV FOR SCIENCE & TECHNOLOGY ZHENGZHOU) 19 septembre 2017 (2017-09-19) abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/051570

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5203512	A	20-04-1993	AUCUN

CN 106116202	A	16-11-2016	AUCUN

EP 1728771	A2	06-12-2006	AU 2006255754 A1 14-12-2006
			BR PI0610911 A2 02-12-2008
			CN 101184702 A 21-05-2008
			CN 104045254 A 17-09-2014
			EP 1728771 A2 06-12-2006
			ES 2634798 T3 29-09-2017
			HK 1201816 A1 11-09-2015
			JP 5767668 B2 19-08-2015
			JP 2008542182 A 27-11-2008
			JP 2013189375 A 26-09-2013
			KR 20080019596 A 04-03-2008
			PT 1728771 T 20-07-2017
			US 2006272554 A1 07-12-2006
			US 2011146540 A1 23-06-2011
			US 2013180436 A1 18-07-2013
			US 2015007755 A1 08-01-2015
			US 2016068437 A1 10-03-2016
			WO 2006132762 A2 14-12-2006

CN 107176800	A	19-09-2017	AUCUN
