



(51) Classification internationale des brevets :
C01B 33/38 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/052194

(22) Date de dépôt international :
20 septembre 2013 (20.09.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
12.59231 28 septembre 2012 (28.09.2012) FR

(71) Déposants : CENTRE NATIONAL DE LA RE-
CHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3 rue
Michel Ange, F-75794 PARIS Cedex 16 (FR). UNIVER-
SITÉ PAUL SABATIER TOULOUSE III [FR/FR]; 118
route de Narbonne, F-31400 Toulouse (FR).

(72) Inventeurs : MARTIN, François; 17 rue Paul Verlaine,
F-31570 Sainte Foy D'aigrefeuille (FR). GARDES, Em-
manuel; 6 rue de Bras, F-14000 Caen (FR). MICOUD,
Pierre; 9 chemin de Bonzom, F-31390 Peyssies (FR). LE

ROUX, Christophe; Chemin du Tournal, F-31290 Avi-
gnonet-Lauragais (FR).

(74) Mandataire : CABINET BARRE LAFORGUE & AS-
SOCIÉS; 35 rue Lancefoc, F-31000 Toulouse (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, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, 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, 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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PREPARING A COMPOSITION COMPRISING COLOURED SILICATE MINERAL PARTICLES
AND A COMPOSITION COMPRISING COLOURED SILICATE MINERAL PARTICLES

(54) Titre : PROCÉDÉ DE PRÉPARATION D'UNE COMPOSITION COMPRENANT DES PARTICULES MINÉRALES SILI-
CATÉES COLORÉES ET COMPOSITION COMPRENANT DES PARTICULES MINÉRALES SILICATÉES COLORÉES

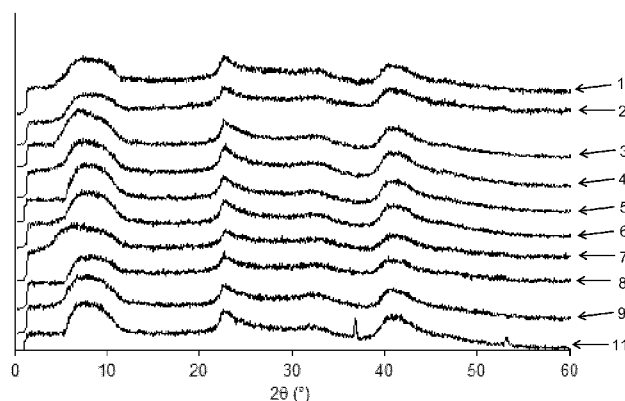


Figure 1

(57) Abstract : The invention concerns a method for preparing a composition comprising silicate mineral particles that have colour-
ring properties in which a talcose composition, comprising phyllosilicate mineral particles chosen from the group formed: from the
particles having the chemical formula: $((\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_{3-2} \text{O}_{10} (\text{OH})_2$, the particles having at least one interlayer space and having the chem-
ical formula: $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_{3-2} \text{O}_{10} (\text{OH})_2, (\text{M}^{\text{mt}})_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$; - M having the formula $\text{Mg}_{y(1)}\text{CO}_{y(2)}\text{Zn}_{y(3)}\text{Cu}_{y(4)}\text{Mn}_{y(5)}\text{Fe}_{y(6)}\text{Ni}_{y(7)}\text{Cr}_{y(8)}$; -
 M^{mt} designating at least one interlayer cation, said silicate mineral particles having a thickness of less than 100 nm and of which the
largest dimension is less than 10 μm , is brought into contact with a dye solution, comprising dye cations, of at least one element cho-
sen from the transition metals, the lanthanides and the actinides. The invention also concerns a composition obtained by means of
this method.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



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))

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

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

L'invention concerne un procédé de préparation d'une composition comprenant des particules minérales silicatées qui présentent des propriétés de coloration dans lequel on met en contact une composition talqueuse, comprenant des particules minérales phyllosilicatées choisies dans le groupe formé: des particules ayant pour formule chimique: $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_3\text{O}_{10} (\text{OH})_2$ des particules présentant au moins un espace interfoliaire et ayant pour formule chimique: $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_{3-x} \text{O}_{10} (\text{OH})_2$, $(\text{M}^{\text{mm}+})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; - M ayant pour formule $\text{Mg}_{y(1)}\text{CO}_{y(2)}\text{Zn}_{y(3)}\text{Cu}_{y(4)}\text{Mn}_{y(5)}\text{Fe}_{y(6)}\text{Ni}_{y(7)}\text{Cr}_{y(8)}$; - $\text{M}^{\text{mm}+}$ désignant au moins un cation interfoliaire, lesdites particules minérales silicatées présentant une épaisseur inférieure à 100 nm et dont la plus grande dimension est inférieure à 10 μm , avec une solution colorante, comprenant des cations colorants, d'au moins un élément choisi parmi les métaux de transition, les lanthanides et les actinides. L'invention concerne également une composition obtenue par ce procédé.

PROCÉDÉ DE PRÉPARATION D'UNE COMPOSITION COMPRENANT DES
PARTICULES MINÉRALES SILICATÉES COLORÉES ET COMPOSITION
COMPRENANT DES PARTICULES MINÉRALES SILICATÉES COLORÉES

L'invention concerne un procédé de préparation d'une
5 composition comprenant des particules minérales silicatées colorées ainsi qu'une
composition comprenant des particules minérales silicatées colorées, ainsi obtenue.

Les phyllosilicates sont constitués par un empilement
irrégulier de feuillets élémentaires de structure cristalline, dont le nombre varie de
quelques unités à quelques dizaines d'unités. Parmi les phyllosilicates (silicates
10 lamellaires), le groupe comprenant notamment le talc, le mica et la montmorillonite
est caractérisé par le fait que chaque feuillet élémentaire est constitué par
l'association de deux couches de tétraèdres situées de part et d'autre d'une couche
d'octaèdres. Ce groupe correspond aux phyllosilicates 2:1, dont font notamment
partie les smectites. Au vu de leur structure, les phyllosilicates 2:1 sont également
15 qualifiées de type T.O.T. (tétraèdre-octaèdre-tétraèdre).

La couche octaédrique des phyllosilicates 2:1 est formée de
deux plans d'ions O^{2-} et OH^- (dans la proportion molaire O^{2-}/OH^- de 2/1). De part et
d'autre de cette couche médiane viennent s'agencer des réseaux bidimensionnels de
tétraèdres dont un des sommets est occupé par un oxygène de la couche
20 octaédrique, tandis que les trois autres le sont par des oxygènes sensiblement
coplanaires. Dans les smectites naturelles, par exemple, les sites tétraédriques sont
généralement occupés par des ions Si^{4+} ou Al^{3+} , et les sites octaédriques le sont le
plus souvent par les cations Mg^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} et/ou Fe^{3+} . Une faible proportion des
sites octaédriques et/ou tétraédriques des smectites n'est pas occupée et est
25 responsable du déficit cationique du réseau cristallin formant les feuillets
élémentaires.

Certains phyllosilicates, tels que les smectites, se caractérisent
également par la présence, entre les feuillets élémentaires, d'espaces interfoliaires
qui renferment de l'eau et des cations et qui forment une phase gonflante du
30 minéral. Les smectites sont donc qualifiées de type T.O.T. gonflant. Dans les

smectites naturelles, ces cations interfoliaires sont généralement des ions Mg^{2+} , Ca^{2+} et/ou Na^{+} .

Les particules minérales phyllosilicatées, telles que le talc, sont utilisées sous forme de fines particules dans de nombreux secteurs industriels, par exemple : le caoutchouc, les thermoplastiques, le papier, la peinture, la pharmacie, la cosmétique, ou encore les produits phytosanitaires. Elles sont utilisées à titre de charge inerte (pour leur stabilité chimique ou encore pour la dilution de composés actifs de coût supérieur) ou de charges fonctionnelles (par exemple pour renforcer les propriétés mécaniques de certains matériaux).

WO 2008/009800 propose un procédé de préparation de compositions d'interstratifié phyllogermanosilicate 2:1 - phyllogermanosilicate gonflant (T.O.T.-T.O.T. gonflant) qui peuvent être utilisées notamment comme précurseur pour la préparation de compositions talqueuses, en particulier de talc synthétique. Ces compositions d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant sont synthétisées par précipitation d'un gel silico/germano-métallique suivie d'un traitement hydrothermal de ce gel à une température de 150° à 300°C. Les paramètres de mise en œuvre du procédé de préparation de ces compositions permettent de contrôler une partie des caractéristiques structurales des particules minérales synthétisées, en particulier la cristallinité et le ratio phase minérale gonflante/phase minérale non gonflante.

Les particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant synthétisées décrites dans WO 2008/009800 peuvent présenter différentes couleurs en fonction du sel de métal utilisé dans le gel silico/germano-métallique de départ.

Cependant, l'obtention de particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant selon WO 2008/009800 nécessite de reproduire entièrement le protocole de synthèse de ces particules pour chaque couleur voulue, et de changer les paramètres de synthèse pour chaque produit de couleur différente voulu. En outre, une fois les particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant synthétisées, leur couleur n'est pas modifiable, la couleur étant déterminée par le choix des réactifs utilisés lors de la première étape de précipitation du gel silico/germano-métallique. D'autre part, le choix des couleurs qu'il est ainsi possible d'obtenir selon

WO 2008/009800 reste limité, celui-ci étant limité par les sels de métaux divalents de départ utilisables.

Par ailleurs, si certains talcs naturels (stéatites) présentent des couleurs variées telles que rose, gris ou vert, lorsqu'ils sont en forme de blocs tels qu'obtenus directement après extraction, leur broyage en fines particules conduit irrémédiablement à l'obtention de poudres de couleur blanche à grisâtre, la couleur du talc naturel étant uniquement due à l'agencement particulier des particules de talc les unes par rapport aux autres. Le broyage de tels talcs naturels conduit donc irrémédiablement à une perte de la coloration éventuellement rosée ou verdâtre naturelle initiale du talc.

L'invention vise à proposer un procédé permettant de préparer, de façon simple et rapide, une composition comprenant des particules minérales silicatées, les particules présentant des propriétés de coloration.

L'invention vise également à proposer un procédé de préparation d'une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées, les particules présentant des propriétés de coloration non seulement modulables selon la nuance et l'intensité de la couleur voulues mais également durables et stables dans le temps, à partir d'une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées déjà synthétisées.

Une telle composition pouvant faire office à la fois de charge minérale fonctionnelle et de pigment, peut présenter un intérêt majeur dans de nombreux domaines, tels que celui des cosmétiques ou encore des charges minérales pour les peintures.

L'invention vise à proposer un tel procédé dont la mise en œuvre est simple et rapide, et est compatible avec les contraintes d'une exploitation industrielle.

L'invention a aussi pour objectif de proposer un procédé permettant de préparer une grande diversité chimique de compositions comprenant des particules minérales de structure et de propriétés similaires à celles des talcs naturels ou des smectites naturelles, et dont les propriétés de coloration peuvent être contrôlées et modifiées aisément.

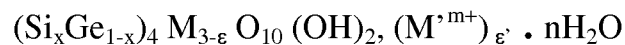
Pour ce faire, l'invention concerne un procédé de préparation d'une composition comprenant des particules minérales silicatées qui présentent des propriétés de coloration dans lequel :

- on choisit une composition, dite composition talqueuse, comprenant des particules minérales phyllosilicatées dans le groupe formé :
 - des particules formées d'un empilement de feuillets élémentaires, et ayant pour formule chimique :



- M désignant au moins un métal divalent et ayant pour formule $\text{Mg}_{y(1)}\text{Co}_{y(2)}\text{Zn}_{y(3)}\text{Cu}_{y(4)}\text{Mn}_{y(5)}\text{Fe}_{y(6)}\text{Ni}_{y(7)}\text{Cr}_{y(8)}$; chaque $y(i)$ représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^8 y(i) = 1$,
- x étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$,

- des particules formées d'un empilement de feuillets élémentaires et présentant au moins un espace interfoliaire entre deux feuillets élémentaires consécutifs, et ayant pour formule chimique :



- M désignant au moins un métal divalent et ayant pour formule $\text{Mg}_{y(1)}\text{Co}_{y(2)}\text{Zn}_{y(3)}\text{Cu}_{y(4)}\text{Mn}_{y(5)}\text{Fe}_{y(6)}\text{Ni}_{y(7)}\text{Cr}_{y(8)}$; chaque $y(i)$ représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^8 y(i) = 1$,
- M'^{m+} désignant au moins un cation, dit cation interfoliaire, présent dans au moins un espace interfoliaire desdits feuillets élémentaires,
- x étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$,
- ε étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 3[$ et désignant un déficit cationique desdits feuillets élémentaires,
- ε' étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 3[$ et désignant une proportion de cation(s) interfoliaire(s) M'^{m+} présent(s) dans l'(les) espace(s) interfoliaire(s) desdits feuillets élémentaires,

- m étant un nombre réel de l'intervalle [1 ; 3] et désignant une charge cationique du cation M'^{m+} ,
 - n étant relatif à un nombre de molécule(s) d'eau associée(s) auxdites particules,
- 5 lesdites particules minérales silicatées présentant une épaisseur inférieure à 100 nm et dont la plus grande dimension est inférieure à 10 μm ,
- on met en contact ladite composition talqueuse avec une solution, dite solution colorante, comprenant des cations, dits cations colorants, d'au moins un élément choisi parmi les métaux de transition, les lanthanides et les
- 10 actinides.

Les inventeurs ont en effet constaté avec surprise qu'un procédé selon l'invention permet de colorer une composition talqueuse comprenant des particules minérales de formule $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4\text{M}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ou $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4\text{M}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (M')^{m+}_\varepsilon \cdot n\text{H}_2\text{O}$, de façon simple, rapide, mais

15 néanmoins durable. Ainsi, un simple barbotage de ladite composition talqueuse dans une solution colorante comprenant des cations d'au moins un élément choisi parmi les métaux de transition, les lanthanides et les actinides, permet d'obtenir une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées. Un tel procédé selon l'invention permet aussi d'obtenir une composition de particules

20 minérales phyllosilicatées présentant des propriétés de coloration désirées à la façon d'un pigment, qui sont aisément ajustables en intensité et en nuance, qui permettent de couvrir toutes les couleurs du spectre visible, et restent ensuite stables dans le temps.

L'effet surprenant lié à cette coloration réside en outre dans le

25 fait qu'elle n'est pas possible avec des particules différentes des particules minérales silicatées selon l'invention et en particulier présentant une épaisseur supérieure à 100 nm et une plus grande dimension supérieure à 10 μm . Il apparaît que la taille des particules minérales silicatées est un facteur primordial pour permettre une telle coloration. Ainsi, les inventeurs ont observé qu'il n'est par

30 exemple pas possible de colorer par un procédé selon l'invention des particules de

talc naturel présentant une épaisseur supérieure à 200 nm, l'épaisseur des talcs naturels les plus fins étant comprise entre 200 nm et 300 nm.

Dans tout le texte, on désigne par « épaisseur » des particules minérales silicatées la plus petite dimension desdites particules, soit la dimension
5 desdites particules selon la direction c du réseau cristallin desdites particules minérales silicatées.

Dans tout le texte, on désigne par « plus grande dimension » des particules minérales silicatées, la dimension la plus grande desdites particules dans le plan (a, b) du réseau cristallin desdites particules minérales silicatées.

10 L'épaisseur et la plus grande dimension des particules minérales silicatées sont mesurées par observation par microscopie électronique à balayage (MEB) ou par microscopie électronique en transmission (MET).

Avantageusement et selon l'invention, lesdites particules présentent une épaisseur comprise entre 1 nm et 100 nm, en particulier entre 5 nm et
15 50 nm, et dont la plus grande dimension est comprise entre 20 nm et 10 μ m.

La durabilité et le caractère irréversible d'une telle étape de coloration restent à ce jour encore inexpliqués, de même que la facilité avec laquelle cette coloration est rendue possible.

La couleur d'une composition comprenant des particules
20 minérales phyllosilicatées colorées obtenue par un procédé selon l'invention peut être visible à l'œil nu sous tout type d'éclairage en lumière visible et/ou à l'aide d'un instrument de détection tel qu'un spectrocolorimètre, les particules minérales phyllosilicatées pouvant absorber une première partie du spectre visible, et en réfléchir une deuxième partie.

25 En particulier, dans tout le texte, on désigne par « colorée(s) » ou « présentant des propriétés de coloration » des particules présentant une couleur, notamment différente de la couleur blanche initiale d'une composition talqueuse, visible à l'œil nu sous tout type d'éclairage en lumière visible et/ou à l'aide d'un instrument de détection.

30 Les particules de formule $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ forment une phase appelée phase non gonflante. Les particules de formule

$(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_{3-\varepsilon} \text{O}_{10} (\text{OH})_2, (\text{M}'^{m+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ forment une phase appelée phase gonflante. Ladite phase non gonflante et ladite phase gonflante sont formées d'un empilement de feuillets élémentaires de type phyllosilicate 2:1.

Ladite phase gonflante se distingue de ladite phase non gonflante en ce qu'elle présente un déficit cationique du métal M et en ce qu'elle comprend des cations interfoliaires M'^{m+} (également appelés « cations compensateurs de charges ») dans l'(les) espace(s) interfoliaire(s) desdits feuillets élémentaires. ε désigne le déficit cationique se rapportant au métal M des feuillets élémentaires de ladite phase gonflante et ε' désigne une proportion de cation(s) interfoliaire(s) M'^{m+} présent(s) dans l'(les) espace(s) interfoliaire(s) des feuillets élémentaires de ladite phase gonflante. Ainsi, avantageusement et selon l'invention, ε est un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$. En outre, avantageusement et selon l'invention, ε' est un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$.

Un procédé selon l'invention permet ainsi d'obtenir une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées.

Un procédé selon l'invention permet de choisir la couleur obtenue, par la sélection du ou des cation(s) colorant(s) de la solution colorante, et son intensité, cette dernière dépendant en particulier de la concentration en cations colorants dans la solution colorante, mais également de la température et de la durée de mise en contact entre ladite composition talqueuse et la solution colorante.

Le(s)dit(s) cation(s) interfoliaires M'^{m+} , présent(s) dans l'(les) espace(s) interfoliaire(s) desdits feuillets élémentaires de ladite phase gonflante peuvent être de toute nature chimique, il peut par exemple s'agir d'au moins un ion ammonium NH_4^+ , un cation ammonium quaternaire tel qu'un cation pyridinium ou un cation imidazolium, ou encore un cation M'^{m+} dans lequel M' représente au moins un métal ayant pour formule :

$\text{Mg}_{z(1)}\text{Co}_{z(2)}\text{Zn}_{z(3)}\text{Cu}_{z(4)}\text{Mn}_{z(5)}\text{Fe}_{z(6)}\text{Ni}_{z(7)}\text{Cr}_{z(8)}\text{K}_{z(9)}\text{Ca}_{z(10)}\text{Ce}_{z(11)}\text{Nd}_{z(12)}\text{Gd}_{z(13)}\text{Ho}_{z(14)}\text{Al}_{z(15)}$; chaque $z(i)$ représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^{15} z(i) = 1$.

Avantageusement et selon l'invention, ladite solution colorante est une solution aqueuse.

Chaque cation colorant contenu dans la solution colorante peut provenir de tout composé adapté pour permettre une coloration, en particulier
5 une coloration durable dans le temps voire irréversible, desdites particules minérales phyllosilicatées de la composition talqueuse. Chaque cation colorant est choisi en fonction du résultat désiré, en termes de composition chimique de la composition talqueuse colorée et bien sûr de coloration.

Avantageusement et selon l'invention, la solution colorante
10 comprend des cations colorants d'au moins un élément choisi parmi les métaux de transition, les lanthanides et les actinides, et de préférence parmi les métaux de transition et les lanthanides.

Avantageusement et selon l'invention, ladite solution colorante est une solution comprenant au moins un sel de métal tel que les sels de
15 chrome, les sels de manganèse, les sels de fer, les sels de cobalt, les sels de nickel, les sels de cuivre, les sels de zinc, les sels de cérium, les sels de néodyme, les sels de gadolinium, les sels d'holmium, les sels d'aluminium, et leurs mélanges. Ladite solution colorante est une solution de sel(s) métallique(s), par exemple une solution de chlorure(s) métallique(s), comprenant au moins un sel de métal pouvant
20 notamment être choisi parmi les sels de chrome, tels que CrCl_3 , les sels de manganèse, tels que MnCl_2 , les sels de fer, tels que FeCl_3 , les sels de cobalt, tels que CoCl_2 , les sels de nickel, tels que NiCl_2 , les sels de cuivre, tels que CuCl , les sels de zinc, tels que ZnCl_2 , les sels de cérium, tels que CeCl_3 , les sels de néodyme, tels que NdCl_3 , les sels de gadolinium, tels que GdCl_3 , les sels d'holmium, tels que HoCl_3 ,
25 les sels d'aluminium, tels que AlCl_3 , les sels de potassium, tels que KCl , les sels de calcium, tels que CaCl_2 , les sels de magnésium, tels que MgCl_2 , et leurs mélanges. Il peut également s'agir de sels organiques tels que des carboxylates.

En particulier, avantageusement et selon l'invention, ladite solution colorante est une solution comprenant au moins un sel de métal choisi
30 parmi les sels de chrome, les sels de manganèse, les sels de fer, les sels de cobalt, les sels de nickel, les sels de cuivre, les sels de zinc, les sels de cérium, les sels de

néodyme, les sels de gadolinium, les sels d'holmium, les sels d'aluminium, et leurs mélanges.

Dans un procédé selon l'invention, la durée de l'étape de coloration pendant laquelle on met en contact ladite composition talqueuse
5 comprenant des particules minérales phyllosilicatées avec au moins un cation colorant, la concentration de chaque cation colorant dans la solution colorante et la température à laquelle a lieu cette étape, sont adaptées pour permettre une fixation des cations colorants aux particules minérales phyllosilicatées de ladite composition talqueuse et donc une coloration de la composition talqueuse.

10 Avantageusement et selon l'invention, la durée pendant laquelle on met en contact ladite composition talqueuse avec la solution colorante est suffisante pour permettre l'obtention de particules minérales phyllosilicatées colorées. Une durée de quelques minutes (par exemple supérieure à 2 minutes) peut être suffisante dans certains cas pour obtenir une légère coloration, notamment à
15 une température suffisante et en présence d'une concentration en cation colorant suffisante et éventuellement en soumettant la solution colorante et la composition talqueuse aux ultrasons. Avantageusement et selon l'invention, ladite durée prédéterminée, pendant laquelle on met en contact ladite composition talqueuse avec une solution colorante, est supérieure à 5 minutes, notamment comprise entre 5
20 minutes et 7 jours, en particulier entre 10 minutes et 24 heures, par exemple entre 1 heure et 2 heures.

Avantageusement et selon l'invention, la concentration du(des) cation(s) colorant(s) présent(s) dans la solution colorante est choisie en tenant compte notamment de la température, de la durée de mise en contact avec la
25 composition talqueuse, de la nature de la composition talqueuse et de la nature du (ou des) cation(s) colorant(s) utilisé(s), ladite concentration du(des) cation(s) colorant(s) étant choisie de façon à être suffisante pour permettre l'obtention de particules minérales phyllosilicatées colorées. Avantageusement et selon l'invention, la concentration du(des) cation(s) colorant(s) présent(s) dans la solution
30 colorante est comprise entre 0,2 mol/L et la concentration à saturation du sel métallique correspondant au(x) cation(s) colorant(s). La concentration du(des)

cation(s) colorant(s) présent(s) dans la solution colorante est par exemple comprise entre 0,2 mol/L et 5 mol/L.

L'étape de coloration peut être réalisée à toute température à laquelle la solution colorante est à l'état liquide et permettant l'obtention de
5 particules minérales phyllosilicatées colorées. Avantageusement et selon l'invention, cette étape de coloration a lieu à une température comprise entre 5°C et 100°C. La mise en contact qui a lieu dans cette étape d'un procédé selon l'invention peut par exemple être opérée à température ambiante (20°C à 25°C) ou encore à une température légèrement supérieure à la température ambiante, notamment entre
10 30°C et 90°C et par exemple entre 40°C et 70°C, en fonction de la nature des cations colorants et des particules minérales phyllosilicatées à colorer, ainsi que de la nuance et l'intensité de la couleur souhaitée.

L'étape de coloration peut être réalisée en agitant ou non la composition colorante dans laquelle est ajoutée la composition talqueuse. Il est par
15 exemple possible de n'agiter que quelques instants manuellement (par exemple à l'aide d'une tige métallique) la solution colorante au moment de l'ajout de la composition talqueuse à la solution colorante, puis de la laisser au repos le reste de l'étape de coloration. Avantageusement et selon l'invention, on met en contact ladite composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées avec la
20 solution colorante sous agitation, par exemple sous agitation magnétique à l'aide d'un agitateur magnétique. Par exemple, une vitesse d'agitation lente est généralement suffisante pour permettre une mise en contact entre le (ou les) cation(s) colorant(s) et la composition talqueuse permettant l'obtention de particules minérales phyllosilicatées colorées.

25 À l'issue de cette étape de coloration d'un procédé selon l'invention, la composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées obtenue peut être récupérée par élimination de la solution aqueuse colorante. La solution aqueuse colorante peut par exemple être éliminée après décantation naturelle de ladite composition talqueuse comprenant des
30 particules minérales phyllosilicatées colorées et élimination de la solution surnageante ou encore par centrifugation de la solution colorante comprenant ladite

composition talqueuse colorée obtenue. La composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées récupérée peut ensuite être rincée de manière à éliminer les cations restant. La composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées récupérée peut également être conservée et utilisée sans être rincée. Ainsi, avantageusement, dans un procédé selon l'invention, consécutivement à l'étape de coloration, on rince les particules minérales phyllosilicatées colorées obtenues à l'aide d'une solution aqueuse au moins sensiblement dénuée de cations colorants, et en particulier dénuée de cations colorants (c'est-à-dire de cations d'au moins un élément choisi parmi les métaux de transition, les lanthanides et les actinides).

À l'issue de cette étape de coloration d'un procédé selon l'invention, la composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées peut être conservée ou utilisée en l'état, sous forme de gel ou de suspension aqueuse, ou encore être séchée de manière à éliminer au moins en partie, la solution aqueuse, notamment l'eau, encore présente. Avantageusement et selon l'invention, on sèche les particules minérales phyllosilicatées colorées obtenues après mise en contact de ladite composition talqueuse avec au moins un cation colorant, et avant ou après un éventuel rinçage. Ce séchage peut être effectué par tout moyen de séchage permettant l'élimination de cette solution aqueuse. Le séchage peut par exemple être opéré directement dans une étuve (par exemple à une température de l'ordre de 100°C), par atomisation, par séchage par irradiation aux micro-ondes ou encore par lyophilisation. Avantageusement et selon l'invention, on sèche la composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées à une température comprise entre 60°C et 200°C.

En particulier, une étape de séchage dans une étuve à une température de l'ordre de 100°C ou 120°C permet d'intensifier ou de nuancer de façon plus ou moins importante, selon la nature du/des cation(s) colorant(s) notamment, la couleur des particules minérales phyllosilicatées colorées.

En outre, il est possible de réitérer au moins une fois ladite étape de coloration au cours de laquelle la composition talqueuse est mise en contact avec la solution colorante. De cette façon, il est possible de modifier ou de

nuancer de façon plus ou moins importante la couleur d'une telle composition de manière à obtenir la coloration voulue.

En outre, avantageusement et selon l'invention, la composition talqueuse peut être formée d'une interstratification entre ladite phase gonflante et ladite phase non gonflante. Une telle interstratification est également appelée interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant.

Avantageusement et selon l'invention, on prépare lesdites particules minérales phyllosilicatées par un traitement hydrothermal d'une composition comprenant des particules de formule $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_3 \text{O}_{11}, n\text{H}_2\text{O}$.

Avantageusement et selon l'invention, on réalise ledit traitement hydrothermal pendant une durée comprise entre 30 minutes et 60 jours et à une température comprise entre 150°C et 600°C.

En particulier, avantageusement et selon l'invention, ladite composition talqueuse de départ est obtenue par traitement hydrothermal d'un gel silico/germano-métallique de formule chimique $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4 \text{M}_3 \text{O}_{11}, n\text{H}_2\text{O}$, ledit traitement hydrothermal étant réalisé à une température comprise entre 150°C et 300°C.

Avantageusement et selon l'invention, on effectue le traitement hydrothermal dudit gel silico/germano-métallique au moyen d'un autoclave. Il peut par exemple s'agir d'un autoclave formé d'un alliage à base de nickel tel que l'Hastelloy® (commercialisé par Haynes International, Kokomo, Etats-Unis) ou encore d'un autoclave en titane ou éventuellement en acier à chemisage intérieur en polytétrafluoroéthylène (PTFE) dans un cas où la température de traitement hydrothermal ne dépasse pas 250°C. Un tel autoclave peut présenter toute contenance, par exemple une contenance allant de 200 millilitres à 50 litres.

Avantageusement et selon l'invention, on réalise ledit traitement hydrothermal sous agitation. A cet effet, on peut par exemple utiliser un autoclave muni d'une hélice métallique interne.

Avantageusement et selon l'invention, on réalise ledit traitement hydrothermal sous pression de vapeur saturante. Avantageusement et

selon l'invention, on rajoute dans l'autoclave, avec ledit gel silico/germano-métallique, une quantité d'eau (de préférence de l'eau distillée) au moins suffisante pour créer, à l'intérieur de cet autoclave porté à la température de traitement, une atmosphère de vapeur saturante.

5 Avantageusement et selon l'invention, pour une température et une durée de traitement hydrothermal déterminées, on réalise une adjonction complémentaire d'eau audit gel silico/germano-métallique de façon à ajuster le ratio eau/solide représentatif du mélange réactionnel à base de gel silico/germano-métallique à traiter, en fonction du rapport volumique - phase minérale
10 gonflante/phase minérale non gonflante - souhaité pour les particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant.

 En outre, avantageusement et selon l'invention, à l'issue d'au moins ladite étape de coloration, on soumet ladite composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées obtenue à un traitement thermique,
15 pendant une durée prédéterminée et à une température comprise entre 200°C et 600°C, notamment entre 300°C et 600°C.

 Avantageusement et selon l'invention, ledit traitement thermique peut être effectué à basse pression, notamment à une pression inférieure à 5 bars, en particulier à pression atmosphérique, et à l'air ambiant. Un tel traitement
20 thermique permet de convertir de façon très simple une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées présentant au moins une phase gonflante en une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées présentant au moins une phase non gonflante, c'est-à-dire une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées de formule
25 $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4\text{M}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, colorée et structuellement très similaire à une composition de talc naturel. Une telle composition talqueuse colorée peut avantageusement se substituer à une composition de talc naturel dans diverses applications.

 Un tel traitement thermique peut également permettre de nuancer et de modifier de façon plus ou moins importante la couleur des particules
30 minérales phyllosilicatées colorées. Un traitement thermique à 250°C de particules

- ε' étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 3[$ et désignant une proportion de cation(s) interfoliaire(s) M'^{m+} présent(s) dans l'(les) espace(s) interfoliaire(s) desdits feuillets élémentaires de ladite phase gonflante,
- m étant un nombre réel de l'intervalle $[1 ; 3]$ et désignant une charge cationique du cation M'^{m+} ,
- n étant relatif à un nombre de molécule(s) d'eau associée(s) auxdites particules,

lesdites particules minérales silicatées présentant une épaisseur inférieure à 100 nm et dont la plus grande dimension est inférieure à 10 μm .

Une composition selon l'invention présente une stabilité chimique importante. En outre, de telles compositions selon l'invention peuvent présenter diverses couleurs, selon la nature chimique des cations colorants fixés aux particules minérales phyllosilicatées. Des compositions comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées, selon l'invention, peuvent être de toutes couleurs, plus ou moins claires ou foncées et plus ou moins intenses.

Une composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées selon l'invention, peut être obtenue par un procédé de préparation d'une composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées selon l'invention.

Avantageusement, une composition selon l'invention comprend des particules minérales phyllosilicatées colorées formées d'une interstratification entre ladite phase gonflante et ladite phase non gonflante.

En particulier, l'invention concerne une composition obtenue par un procédé selon l'invention.

L'invention concerne aussi un procédé de préparation d'une composition comprenant des particules minérales silicatées colorées, et une composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées, caractérisée en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

D'autres buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaissent à la lecture de la description et des exemples qui suivent et qui se

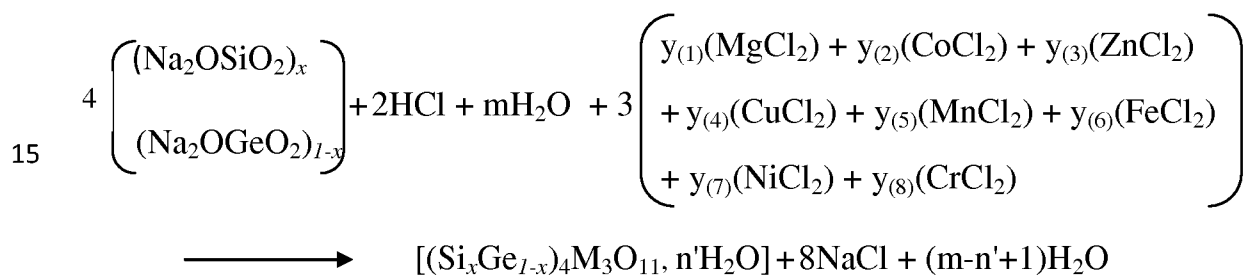
réfèrent à la figure unique qui représente des diffractogrammes correspondant à l'analyse en diffraction des rayons X effectuée sur neuf compositions colorées obtenues par un procédé selon l'invention, à partir de compositions talqueuses comprenant des particules minérales phyllosilicatées, avec des cations colorants
5 différents.

Une composition talqueuse utilisée dans un procédé selon l'invention peut par exemple être préparée selon le protocole de synthèse suivant.

A/ - PROTOCOLE GENERAL DE SYNTHESE D'UNE COMPOSITION TALQUEUSE UTILISÉE DANS UN PROCÉDÉ SELON L'INVENTION

10 1/ - Préparation d'un gel silico/germano-métallique

Selon une première variante, le gel silico/germano-métallique est préparé par une coprécipitation selon l'équation de réaction suivante :



Cette réaction de coprécipitation permet d'obtenir un gel silico/germano-métallique hydraté ayant la stœchiométrie du talc (4 atomes de silicium (Si) et/ou de germanium (Ge) pour 3 atomes dudit métal divalent M).

20 Elle est mise en œuvre à partir de :

1. une solution aqueuse de métasilicate de sodium penta-hydraté ou une solution aqueuse de métagermanate de sodium, ou un mélange de ces deux solutions dans les proportions molaires $x/(1-x)$,
2. une solution de chlorure de métal, préparée avec un ou plusieurs sels de métal
25 (sous la forme de cristaux hygroscopiques) dilué(s) dans de l'eau distillée, et
3. une solution d'acide chlorhydrique 1N.

La préparation du gel silico/germano-métallique est réalisée en suivant le protocole suivant :

1. on mélange les solutions d'acide chlorhydrique et la solution de chlorure(s) de
30 métal (ou de métaux),

2. on ajoute ce mélange à la solution de métasilicate et/ou de métagermanate de sodium ; le gel de coprécipitation se forme instantanément,
3. on récupère le gel après centrifugation (à 7000 tours/min, pendant 15 min) et élimination du surnageant (solution de chlorure de sodium formée),
- 5 4. on lave le gel avec de l'eau distillée ou osmosée, ou avec de l'eau du robinet (au minimum deux cycles de lavage/centrifugation sont nécessaires).

Selon une deuxième variante, le gel silico/germano-métallique peut être préparé par une réaction de coprécipitation impliquant, à titre de réactif, au moins un composé comprenant du silicium, au moins un sel dicarboxylate de
 10 formule $M(R_1-COO)_2$ (R_1 étant choisi parmi H et les groupements alkyles comprenant moins de 5 atomes de carbone) en présence d'au moins un sel carboxylate de formule R_2-COOX dans laquelle X désigne un métal choisi dans le groupe formé de Na et K, et R_2 est choisi parmi H et les groupements alkyles comprenant moins de 5 atomes de carbone.

15 Cette réaction de coprécipitation permet d'obtenir un hydrogel silico/germano-métallique hydraté ayant la stœchiométrie du talc (4 Si/Ge pour 3 M , M ayant pour formule $Mg_{y(1)}Co_{y(2)}Zn_{y(3)}Cu_{y(4)}Mn_{y(5)}Fe_{y(6)}Ni_{y(7)}Cr_{y(8)}$; chaque $y(i)$ représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^8 y(i) = 1$).

20 L'hydrogel silico/germano-métallique est préparé par une réaction de coprécipitation mise en œuvre à partir de :

1. une solution aqueuse de métasilicate de sodium penta-hydraté ou une solution aqueuse de métagermanate de sodium, ou un mélange de ces deux solutions dans les proportions molaires $x/(1-x)$,
2. une solution de sel(s) dicarboxylate(s), préparée avec un ou plusieurs sel(s)
 25 dicarboxylate(s) de formule(s) $M(R_1-COO)_2$ dilué(s) dans un acide carboxylique, tel que l'acide acétique, et
3. une solution de sel(s) carboxylate(s), préparée avec un ou plusieurs sel(s) carboxylate(s) de formule(s) R_2-COOX dilué(s) dans de l'eau distillée.

La préparation de cet hydrogel silico/germano-métallique est
 30 réalisée en suivant le protocole suivant :

1. on mélange les solutions de métasilicate de sodium et de sel(s) carboxylate(s) de formule(s) $R_2\text{-COOX}$,
2. on y ajoute rapidement la solution de sel(s) dicarboxylate(s) de formule(s) $M(R_1\text{-COO})_2$; l'hydrogel de coprécipitation se forme instantanément.

5 A l'issue de cette première phase, on obtient un gel silico/germano-métallique - $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4\text{M}_3\text{O}_{11}, n\text{H}_2\text{O}$ - hydraté et de consistance gélatineuse (éventuellement en présence du ou des sel(s) carboxylate(s) de formule(s) $R_2\text{-COOX}$ et $R_1\text{-COOX}$ dans le cas de la deuxième variante). Ce gel présente un comportement thixotropique, c'est-à-dire qu'il passe d'un état visqueux à
10 un état liquide lorsqu'on l'agite, puis retrouve son état initial si on le laisse au repos pendant un temps suffisant.

Le gel silico/germano-métallique peut également être récupéré après centrifugation (par exemple entre 3000 et 15 000 tours par minute, pendant 5 à 60 minutes) et élimination du surnageant, éventuellement lavage à l'eau
15 déminéralisée (par exemples deux lavages et centrifugations successifs) puis séchage, par exemple dans une étuve (60°C, 2 jours), par lyophilisation, par séchage par atomisation ou encore par séchage sous irradiation de micro-ondes. Les particules silico/germano-métalliques de formule $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4\text{M}_3\text{O}_{11}, n\text{H}_2\text{O}$ peuvent ainsi être stockées sous la forme d'une poudre en vue d'un traitement hydrothermal
20 ultérieur. Les particules silico/germano-métalliques obtenues sont, si nécessaire, broyées à l'aide d'un mortier (par exemple un mortier en agate) de façon à obtenir une poudre homogène.

2/ - Traitement hydrothermal du gel silico/germano-métallique

25 Le gel silico/germano-métallique tel que précédemment obtenu est soumis à un traitement hydrothermal, à une température comprise entre 150°C et 600°C, et notamment à une température comprise entre 150°C et 400°C.

Pour procéder au traitement hydrothermal :

1. on place le gel, dans un réacteur (de 400 ml) ; éventuellement on ajuste le
30 rapport eau/solide en ajoutant de l'eau, notamment pour éviter la calcination de

la fraction solide) ; afin d'éviter tout problème de fuite du réacteur, celui-ci est rempli aux 2/3 de son volume,

2. éventuellement, on ajoute sous agitation une solution comprenant au moins un sel carboxylate de formule $R_2\text{-COOX}$, sous une forme hydratée ou anhydre, X désignant un métal choisi dans le groupe formé de Na et K, et R_2 étant choisi parmi H et les groupements alkyles comprenant moins de 5 atomes de carbone,
3. le réacteur est placé à l'intérieur d'une étuve ou d'un four à conduction, à la température de réaction (établie entre 150°C et 600°C, en particulier entre 150°C et 400°C), pendant toute la durée du traitement (30 minutes à 60 jours).

10 A l'issue de ce traitement hydrothermal, on obtient une composition talqueuse colloïdale comprenant des particules minérales phyllosilicatées, en solution dans l'eau. Les particules minérales obtenues à l'issue de ce traitement hydrothermal peuvent en particulier être des particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant.

15 Le sel carboxylate éventuellement présent pendant le traitement hydrothermal peut être ajouté au moment de réaliser ledit traitement hydrothermal et/ou provenir du milieu de précipitation du gel silico/germano-métallique conformément à la deuxième variante de préparation du gel silico/germano-métallique. La réalisation du traitement hydrothermal en présence
20 d'un sel carboxylate permet d'améliorer la réaction de conversion du gel silico/germano-métallique en une composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées, notamment en l'accéléralant. Dans les cas où le traitement hydrothermal est réalisé en présence d'un tel sel carboxylate, la température à l'intérieur de l'étuve ou de l'autoclave est comprise entre 150°C et 400°C.

25 Au terme de ce traitement hydrothermal, le contenu du réacteur est récupéré après filtration et/ou éventuellement centrifugation (par exemple entre 3000 et 15 000 tours par minute, pendant 5 à 60 minutes) et élimination du surnageant. La composition talqueuse récupérée est éventuellement séchée, par exemple dans une étuve (60°C, 2 jours), par lyophilisation, par séchage
30 par atomisation ou encore par séchage sous irradiation de micro-ondes.

Au terme d'un tel traitement hydrothermal, on obtient une composition solide divisée comprenant par exemple, des particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant ayant pour formule :

- $\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Mg}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Mg}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O},$
- 5 - $\text{Si}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Ni}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Ni}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O},$
- $\text{Si}_4\text{Co}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Co}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Co}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O},$
- $\text{Si}_4\text{Cu}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Cu}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Cu}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O},$
- $\text{Si}_4\text{Mn}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Mn}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Mn}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O},$
- $\text{Si}_4\text{Fe}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Fe}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Fe}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O},$ ou encore
- 10 - $\text{Si}_4\text{Zn}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Zn}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Zn}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O},$

en fonction de la nature du ou des chlorure(s) de métal utilisé(s) pour la préparation du gel silico/germano-métallique (et également, le cas échéant, des proportions respectives de ces chlorures de métal).

B/ - PROCÉDÉ DE PRÉPARATION D'UNE COMPOSITION 15 TALQUEUSE COMPRENANT DES PARTICULES MINÉRALES PHYLLOSILICATÉES COLORÉES SELON L'INVENTION

Les particules minérales phyllosilicatées, par exemple des particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant telles que précédemment obtenues, sont mises en contact avec une solution, dite solution colorante, comprenant au
20 moins un cation colorant d'un élément choisi parmi les métaux de transition, les lanthanides et les actinides.

Pour ce faire :

1. on place les particules minérales phyllosilicatées préalablement séchées (par exemple à l'étuve) dans une solution aqueuse dans
25 laquelle est dissous un sel colorant, tel que défini précédemment pendant une durée

prédéterminée comprise entre 5 minutes et 7 jours, sous agitation ou non, la concentration de ce sel dans la solution étant prédéterminée et comprise entre 0,2 mol/L et 5 mol/L,

2. on récupère les particules minérales phyllosilicatées par centrifugation de la solution, par exemple pendant 10 minutes à 3500 tours/minute, et élimination de la solution surnageante,

3. éventuellement, on rince une à deux fois les particules minérales phyllosilicatées avec de l'eau distillée, par centrifugation, par exemple pendant 10 minutes à 3500 tours/minute et élimination de la solution surnageante à chaque fois, de façon à éliminer les cations colorants en excédant, et

4. on sèche les particules minérales phyllosilicatées obtenues, par exemple pendant 12 heures dans une étuve à 100°C.

EXEMPLES 1 à 11

On prépare ainsi 10 échantillons de particules d'interstratifié

15 T.O.T.-T.O.T. gonflant $\text{Si}_4\text{M}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / (\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4\text{M}_{3-\epsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{M}'^{m+})_{\epsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$:

- à partir de particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant

$\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Mg}_{3-\epsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Mg}^{2+})_{\epsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ et en utilisant comme sel colorant, respectivement CrCl_3 , MnCl_2 , FeCl_3 , CoCl_2 , NiCl_2 , CuCl , CeCl_3 , NdCl_3 et HoCl_3 (échantillons 1 à 9), et

20 - à partir de particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant

$\text{Si}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Ni}_{3-\epsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Ni}^{2+})_{\epsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ et en utilisant FeCl_3 comme sel colorant (échantillon 10).

On utilise 1 gramme des particules d'interstratifié T.O.T.-

T.O.T. gonflant $\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Mg}_{3-\epsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Mg}^{2+})_{\epsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ou

25 $\text{Si}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Ni}_{3-\epsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Ni}^{2+})_{\epsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ préalablement séchées à l'étuve

dans 40 mL d'une solution aqueuse dans laquelle est dissous un sel colorant avec une concentration de 1 mol/L, pendant 1 heure, sous agitation.

L'échantillon 11 correspond à un interstratifié T.O.T.-T.O.T.

gonflant $\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Mg}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Mg}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ n'ayant pas été soumis à une étape de coloration selon l'invention.

Les 11 échantillons ont été préparés selon la première variante de préparation du gel silico/germano-métallique, suivie d'un traitement hydrothermal pendant 48 heures à 160°C.

Les particules minérales d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant des échantillons 1 à 11 présentent une épaisseur inférieure à 10 nm et une plus grande dimension inférieure à 50 nm. En particulier, elles présentent, pour la plupart, une épaisseur inférieure à 5 nm et une plus grande dimension inférieure à 30 nm. L'épaisseur et la plus grande dimension desdites particules ont été mesurées par observation au microscope électronique en transmission (MET).

Sur le tableau 1 sont reportés, pour chacun des échantillons 1 à 10 de particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant, la nature de l'élément M, la nature du cation colorant Z, la concentration massique [Z] en cation colorant $\text{Z}^{\text{P}+}$ dans lesdites particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant mesurée à l'aide d'une microsonde électronique Cameca SX50®, le rapport atomique en cation colorant Z par rapport aux atomes de silicium (Z/Si) et la couleur obtenue.

M	Z	[Z] (% en poids)	Rapport atomique Z/Si	Couleur	N° de l'échantillon
Mg	Cr	2,1	0,036	vert gris	1
Mg	Mn	3,3	0,061	marron	2
Mg	Fe	4,1	0,070	ocre	3
Mg	Co	4,0	0,072	rose	4
Mg	Ni	4,6	0,076	vert clair	5
Mg	Cu	5,2	0,085	bleu	6
Mg	Ce	7,1	0,060	jaune	7
Mg	Nd	6,6	0,054	rose très clair	8
Mg	Ho	7,3	0,058	rose très clair	9
Ni	Fe	2,2	0,047	vert	10
Mg	-	-	-	blanc	11

EXEMPLES 12 à 21

Les échantillons 12 à 21 ont été préparés selon la première variante de préparation du gel silico/germano-métallique, suivie d'un traitement hydrothermal à 300°C pendant 3 jours (72 heures) pour les échantillons 12 à 14 et à 300°C pendant 6 heures pour les échantillons 15 à 21.

On utilise 0,5 gramme de particules minérales phyllosilicatées préalablement séchées à l'étuve dans 40 mL d'une solution aqueuse dans laquelle est dissous un sel colorant avec une concentration molaire $[Z]_2$, pendant une durée Δt_2 , sous agitation.

L'étape de coloration pour les échantillons 12 à 21 est réalisée conformément aux étapes 1 à 3 décrites ci-dessus puis les particules minérales phyllosilicatées colorées obtenues sont séchées dans une étuve à 110°C, pendant 12 heures pour les échantillons 12 à 15 et pendant 36 heures pour les échantillons 16 à 21.

En outre, au cours de l'étape de coloration les échantillons 12 à 15 ont été soumis aux ultrasons pendant les dernières 20 min de cette étape. L'échantillon 15 a également été soumis pendant 1 heure aux ultrasons au début de l'étape de coloration. Par ailleurs, l'échantillon 17 a été soumis aux ultrasons pendant 3 minutes au début de l'étape de coloration et cinq fois pendant 3 minutes au cours de l'étape de coloration.

Les particules minérales phyllosilicatées des échantillons 12 à 21 présentent une épaisseur inférieure à 50 nm et une plus grande dimension inférieure à 200 nm. L'épaisseur et la plus grande dimension desdites particules ont été mesurées par observation au microscope électronique en transmission (MET).

Sur le tableau 2 sont reportés, pour chacun des échantillons 12 à 21 la nature de l'élément M des particules minérales phyllosilicatées, la nature du cation colorant Z, la concentration molaire $[Z]_2$ en cation colorant Z^{p+} dans la solution colorante, la durée Δt_2 de l'étape de coloration et la couleur obtenue.

M	Z	$[Z]_2$ (mol.L ⁻¹)	Δt_2	Couleur	N° de l'échantillon
Mg	Ni	3	6 jours	vert clair	12
Ni	Ni	3	6 jours	vert clair	13
Co	Ni	3	6 jours	rose	14
Mg	Ni	3	7 jours	vert très clair	15
Mg	Ni	3	4 jours	vert clair	16
Mg	Ni	3	4 jours	vert clair	17
Mg	Ni	1	4 jours	vert clair	18
Mg	Mn	1	4 jours	brun	19
Mg	Co	1	4 jours	beige	20
Mg	Fe	1	4 jours	ocre	21

Tableau 2

EXEMPLES 22 à 25

Les échantillons 22 à 25 ont été préparés selon la première
 5 variante de préparation du gel silico/germano-métallique suivie d'un traitement
 hydrothermal à une température T_3 pendant une durée Δt_3 .

L'étape de coloration pour les échantillons 22 à 25 est réalisée
 conformément aux étapes 1 à 3 décrites ci-dessus. On utilise 0,6 gramme de
 particules minérales phyllosilicatées pour l'échantillon 22 (à partir d'un gel à 10%
 10 d'extrait sec), et 1 gramme de particules minérales phyllosilicatées préalablement
 séchées à l'étuve pour les échantillons 23 à 25, dans 40 mL d'une solution aqueuse
 dans laquelle est dissous un sel colorant avec une concentration molaire de 1 mol/L,
 pendant 30 minutes, sous agitation. Les particules récupérées ont ensuite été séchées
 dans une étuve à 110°C pendant 48 heures.

15 En outre, au cours de l'étape de coloration les échantillons 22,
 23 et 24 sont simultanément soumis aux ultrasons. La température à laquelle est
 réalisée l'étape de coloration pour les échantillons 22, 23 et 24 est de 20°C.
 L'échantillon 25 n'a pas été soumis aux ultrasons au cours de l'étape de coloration.
 La température à laquelle est réalisée l'étape de coloration pour l'échantillon 25 est
 20 de 80°C.

Les particules minérales phyllosilicatées des échantillons 22 à 25 présentent une épaisseur inférieure à 50 nm et une plus grande dimension inférieure à 200 nm. L'épaisseur et la plus grande dimension desdites particules ont été mesurées par observation au microscope électronique en transmission (MET).

5 Sur le tableau 3 sont reportés, pour chacun des échantillons 22 à 25 de particules minérales phyllosilicatées, la nature de l'élément M, la nature du cation colorant Z, la température T_3 et la durée Δt_3 du traitement hydrothermal par lequel ont été préparées les particules minérales phyllosilicatées ainsi que la couleur obtenue après l'étape de coloration.

10

M	Z	T_3 (°C)	Δt_3	Couleur	N° de l'échantillon
Mg	Ni	300	6 heures	vert clair	22
Mg	Ni	220	2 jours	vert clair	23
Mg	Ni	160	2 jours	vert clair	24
Mg	Ni	160	2 jours	vert	25

Tableau 3

EXEMPLES 26 à 29

15 Les échantillons 26 à 29 ont été préparés selon la première variante de préparation du gel silico/germano-métallique, suivie d'un traitement hydrothermal à 160°C pendant 3 jours (72 heures) pour les échantillons 26, 27 et 29 et à 160°C pendant 2 jours (48 heures) pour l'échantillon 28.

20 On utilise 1 gramme de particules minérales phyllosilicatées pour les échantillons 26 et 27, et 2 grammes de particules minérales phyllosilicatées pour les échantillons 28 et 29. Les particules minérales phyllosilicatées préalablement séchées à l'étuve sont mises en contact avec 40 mL d'une solution aqueuse dans laquelle est dissous un sel colorant avec une concentration molaire $[Z]_2$, pendant une durée Δt_2 , sous agitation.

25 L'étape de coloration pour les échantillons 26 à 29 est réalisée conformément aux étapes 1 à 3 décrites ci-dessus puis les particules minérales phyllosilicatées colorées obtenues sont séchées dans une étuve à 110°C, pendant 12

heures pour les échantillons 26 et 27, et à 110°C pendant 24 heures pour les échantillons 28 et 29.

En outre, au début de l'étape de coloration les échantillons 28 et 29 ont été soumis aux ultrasons pendant 2 min.

5 Les particules minérales phyllosilicatées des échantillons 26 à 29 présentent une épaisseur inférieure à 50 nm et une plus grande dimension inférieure à 200 nm. L'épaisseur et la plus grande dimension desdites particules ont été mesurées par observation au microscope électronique en transmission (MET).

10 Sur le tableau 4 sont reportés, pour chacun des échantillons 26 à 29 la nature de l'élément M des particules minérales phyllosilicatées, la nature du cation colorant Z, la concentration molaire $[Z]_2$ en cation colorant Z^{p+} dans la solution colorante, la durée Δt_2 de l'étape de coloration et la couleur obtenue.

M	Z	$[Z]_2$ (mol.L ⁻¹)	Δt_2	Couleur	N° de l'échantillon
Ni	Fe	1	60 min	vert	26
Ni	Ni	1	2 heures	vert	27
Mg	Co	1	2 heures	rose à violet	28
Ni	Co	1	2 heures	vert	29

15 Tableau 4

De telles compositions comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées présentent par exemple un intérêt particulier dans le domaine cosmétique. On peut par exemple envisager d'utiliser ces particules dans des compositions cosmétiques de soins et/ou de maquillage, à titre de charges minérales et/ou à titre d'agent de coloration. De telles compositions de particules minérales phyllosilicatées colorées permettront en outre de diminuer ou remplacer les pigments organiques.

EXEMPLE COMPARATIF

25 A titre d'exemple comparatif, des particules d'un talc naturel pur issu de la carrière de Trimouns (Luzenac, France) présentant une épaisseur supérieure à 300 nm et dont la plus grande dimension est supérieure à 20 μ m ont été

5 mises en contact avec des cations colorants dans une étape de coloration selon l'invention.

Lesdites particules de talc naturel (1 gramme) sont disposées dans 40 mL d'une solution aqueuse dans laquelle est dissous un sel colorant (NiCl_2), pendant 30 minutes sous agitation puis 5 heures au repos. La concentration du sel colorant dans la solution est de 1 mol/L. Après une centrifugation pendant 5 minutes à 7000 tours/minute et élimination de la solution surnageante, les particules de talc naturel sont séchées à 120°C pendant 12 heures. Les particules de talc sont ensuite rincées avec de l'eau distillée puis la solution est centrifugée pendant 5 minutes à 10 9000 tours/minute. Le surnageant éliminé est trouble et de couleur verte. Les particules de talc naturel récupérées sont blanches. Après séchage on obtient des particules de talc naturel présentant une couleur identique à leur coloration de départ, c'est-à-dire blanche.

Une étape de coloration selon l'invention réalisée sur des 15 particules de talc naturel présentant une épaisseur supérieure à 100 nm et dont la plus grande dimension est supérieure à 10 μm ne permet donc pas d'obtenir des particules minérales silicatées colorées.

C/ - ANALYSE ET CARACTERISATION STRUCTURELLES

En diffraction des rayons X (RX), un talc naturel tel qu'un 20 talc provenant de la mine d'ARNOLD (Etat de New-York, USA), est connu pour présenter les raies de diffraction caractéristiques suivantes (d'après la publication de Ross M., Smith W.L. et Ashton W.H., 1968, « *Triclinic talc and associated amphiboles from Gouverneur mining district, New York ; American Mineralogist* », volume 53, pages 751-769) :

- 25 - pour le plan (001), une raie située à une distance de 9,34 Å ;
- pour le plan (002), une raie située à une distance de 4,68 Å ;
- pour le plan (020), une raie située à une distance de 4,56 Å ;
- pour le plan (003), une raie située à une distance de 3,115 Å ;
- pour le plan (060), une raie située à une distance de 1,52 Å.

30 La figure unique présente les résultats d'analyses réalisées en diffraction des rayons X obtenus avec les compositions précédentes.

Les diffractogrammes ont été enregistrés sur un appareil CPS 120 commercialisé par la société INEL (Artenay, France). Il s'agit d'un diffractomètre à détecteur courbe permettant une détection en temps réel sur un domaine angulaire de 120°. La tension d'accélération utilisée est de 40 kV et l'intensité de 25 mA. La relation de Bragg donnant l'équidistance structurale est : $d_{hkl}=0,89449/\sin\theta$ (avec l'utilisation d'une anticathode au cobalt).

Les diffractogrammes RX des échantillons 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 sont respectivement représentés par les courbes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 de la figure unique. La courbe 11 de la figure unique représente le diffractogramme RX de particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant $\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 / \text{Si}_4\text{Mg}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Mg}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ n'ayant pas été soumis à un procédé selon l'invention (soit avant coloration et élimination de la solution aqueuse : échantillon 11). Ces analyses confirment donc qu'aucune nouvelle phase n'est formée pendant le procédé de coloration selon l'invention.

Les seules différences à noter entre la courbe 11 et les courbes 1 à 9 consistent dans l'existence, sur la courbe 11, de raies situées à 37° et à 53° représentatives de la présence de sels issus du milieu de traitement hydrothermal. Ces sels ont été éliminés dans la solution colorante et par rinçage en ce qui concerne les échantillons 1 à 9.

D/ - TRAITEMENT THERMIQUE DE COMPOSITIONS D'INTERSTRATIFIÉ T.O.T.-T.O.T. GONFLANT

Une composition d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant colorée préparée comme précédemment décrit, après séchage et broyage, peut être soumise à un traitement thermique anhydre pendant une durée comprise entre 30 minutes et 24 heures, notamment entre 1 heure et 10 heures, et à une température comprise entre 300°C et 600°C, notamment entre 500 et 550° C. Pour ce faire, celle-ci est placée dans un creuset en platine puis est chauffée. On peut également utiliser un creuset en céramique ou en tout autre matériau approprié. La réaction est réalisée à basse pression, inférieure à 5 bars -notamment à la pression atmosphérique-.

Les structures cristalline et lamellaire des particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant colorées obtenues au cours et à l'issue de la mise en œuvre du procédé précédemment défini suivi d'un traitement thermique ont été caractérisées en diffraction des rayons X.

5 Les résultats de ces analyses confirment la possibilité d'obtenir des compositions talqueuses colorées, par un traitement thermique de compositions de particules colorées d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant. La couleur des compositions talqueuses colorées obtenues reste la même après traitement thermique mais peut être plus foncée que celle des compositions de
10 particules colorées d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant correspondantes, avant traitement thermique.

E/ - CARACTERISATION DE LA STABILITÉ DE LA COLORATION DES PARTICULES MINÉRALES PHYLLOSILICATÉES COLORÉES SELON L'INVENTION

15 La stabilité et la durabilité de la coloration des particules d'interstratifié T.O.T.-T.O.T. gonflant $\text{Si}_4\text{Mg}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ / $\text{Si}_4\text{Mg}_{3-\varepsilon}\text{O}_{10}(\text{OH})_2, (\text{Mg}^{2+})_{\varepsilon'} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ colorées par mise en contact avec MnCl_2 (échantillon 2) ont été testées dans l'eau distillée.

1 gramme de particules de l'échantillon 2 est disposé dans un
20 bécher contenant de l'eau distillée. La solution est mélangée mécaniquement pendant 1 minute puis soumise aux ultrasons pendant 30 secondes. La solution aqueuse de particules minérales silicatées de couleur marron est laissée au repos pendant 12 heures. Après 12 heures sans agitation, les particules minérales silicatées de couleur marron forment un dépôt au fond du bécher et la solution aqueuse
25 surnageante est limpide.

Il a ainsi été observé que la mise en solution des particules minérales silicatées colorées selon l'invention n'entraîne pas une perte de la coloration de celles-ci et que la coloration obtenue est stable et durable.

L'invention peut faire l'objet de nombreuses autres
30 applications et de diverses variantes par rapport au mode de réalisation décrit ci-

dessus. En particulier, l'élément Z peut être tout autre élément chimique de formule différente de celles ci-dessus exemplifiées et permettant d'obtenir des compositions de particules minérales phyllosilicatées de couleurs différentes de celles citées ci-dessus. Plusieurs cations colorants différents peuvent également être utilisés

5 simultanément dans une même solution colorante ou successivement.

REVENDICATIONS

1/- Procédé de préparation d'une composition comprenant des particules minérales silicatées qui présentent des propriétés de coloration dans lequel :

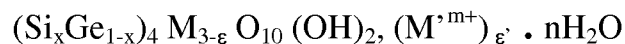
- 5 - on choisit une composition, dite composition talqueuse, comprenant des particules minérales phyllosilicatées dans le groupe formé :

▪ des particules formées d'un empilement de feuillets élémentaires, et ayant pour formule chimique :



- 10 - M désignant au moins un métal divalent et ayant pour formule $\text{Mg}_{y(1)}\text{Co}_{y(2)}\text{Zn}_{y(3)}\text{Cu}_{y(4)}\text{Mn}_{y(5)}\text{Fe}_{y(6)}\text{Ni}_{y(7)}\text{Cr}_{y(8)}$; chaque $y(i)$ représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^8 y(i) = 1$,
- x étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$,

- des particules formées d'un empilement de feuillets élémentaires et présentant au moins un espace interfoliaire entre deux feuillets élémentaires consécutifs, et ayant pour formule chimique :
- 15



- M désignant au moins un métal divalent et ayant pour formule $\text{Mg}_{y(1)}\text{Co}_{y(2)}\text{Zn}_{y(3)}\text{Cu}_{y(4)}\text{Mn}_{y(5)}\text{Fe}_{y(6)}\text{Ni}_{y(7)}\text{Cr}_{y(8)}$; chaque $y(i)$ représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^8 y(i) = 1$,
- 20
- M'^{m+} désignant au moins un cation, dit cation interfoliaire, présent dans au moins un espace interfoliaire desdits feuillets élémentaires,
- x étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$,
- ε étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 3[$ et désignant un déficit cationique desdits feuillets élémentaires,
- 25
- ε' étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 3[$ et désignant une proportion de cation(s) interfoliaire(s) M'^{m+} présent(s) dans l'(les) espace(s) interfoliaire(s) desdits feuillets élémentaires,

- m étant un nombre réel de l'intervalle [1 ; 3] et désignant une charge cationique du cation M^{m+} ,
 - n étant relatif à un nombre de molécule(s) d'eau associée(s) auxdites particules,
- 5 lesdites particules minérales silicatées présentant une épaisseur inférieure à 100 nm et dont la plus grande dimension est inférieure à 10 μm ,
- on met en contact ladite composition talqueuse avec une solution, dite solution colorante, comprenant des cations, dits cations colorants, d'au moins un élément choisi parmi les métaux de transition, les lanthanides et les
- 10 actinides, de façon à obtenir une composition talqueuse comprenant des particules minérales silicatées colorées.
- 2/ - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules présentent une épaisseur comprise entre 1 nm et 100 nm, en particulier entre 5 nm et 50 nm, et dont la plus grande dimension est comprise entre
- 15 20 nm et 10 μm .
- 3/ - Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite solution colorante est une solution aqueuse.
- 4/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite solution colorante est une solution comprenant au moins un sel de
- 20 métal choisi parmi les sels de chrome, les sels de manganèse, les sels de fer, les sels de cobalt, les sels de nickel, les sels de cuivre, les sels de zinc, les sels de cérium, les sels de néodyme, les sels de gadolinium, les sels d'holmium, et leurs mélanges.
- 5/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on met en contact ladite composition talqueuse avec ladite solution
- 25 colorante pendant une durée comprise entre 10 minutes et 24 heures, et en particulier entre 1 heure et 2 heures.
- 6/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on met en contact ladite composition talqueuse avec ladite solution colorante à une température comprise entre 5°C et 100°C.

7/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'on rince les particules minérales silicatées colorées obtenues à l'aide d'une solution aqueuse au moins sensiblement dénuée de cation colorant.

8/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'on sèche les particules minérales silicatées colorées obtenues.

9/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'on sèche la composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées obtenues à une température comprise entre 60°C et 200°C.

10/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, on soumet ladite composition comprenant des particules minérales phyllosilicatées colorées obtenue à un traitement thermique à une température comprise entre 200°C et 600°C.

11/ - Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'on prépare lesdites particules minérales phyllosilicatées par un traitement hydrothermal d'une composition comprenant des particules de formule $(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4\text{M}_3\text{O}_{11}, n\text{H}_2\text{O}$.

12/ - Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on réalise ledit traitement hydrothermal pendant une durée comprise entre 30 minutes et 60 jours et à une température comprise entre 150°C et 600°C.

13/ - Procédé selon l'une des revendications 11 ou 12, caractérisé en ce qu'on réalise ledit traitement hydrothermal sous pression de vapeur saturante.

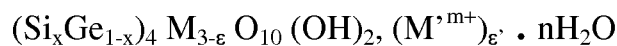
14/ - Composition talqueuse, susceptible d'être obtenue par un procédé selon l'une des revendications 1 à 13, ladite composition talqueuse comprenant des particules minérales phyllosilicatées qui présentent des propriétés de coloration et appartiennent au groupe formé :

▪ des particules formées d'un empilement de feuillets élémentaires, et ayant pour formule chimique :



- M désignant au moins un métal divalent et ayant pour formule $\text{Mg}_{y(1)}\text{Co}_{y(2)}\text{Zn}_{y(3)}\text{Cu}_{y(4)}\text{Mn}_{y(5)}\text{Fe}_{y(6)}\text{Ni}_{y(7)}\text{Cr}_{y(8)}$; chaque $y(i)$ représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^8 y(i) = 1$,
- x étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$,

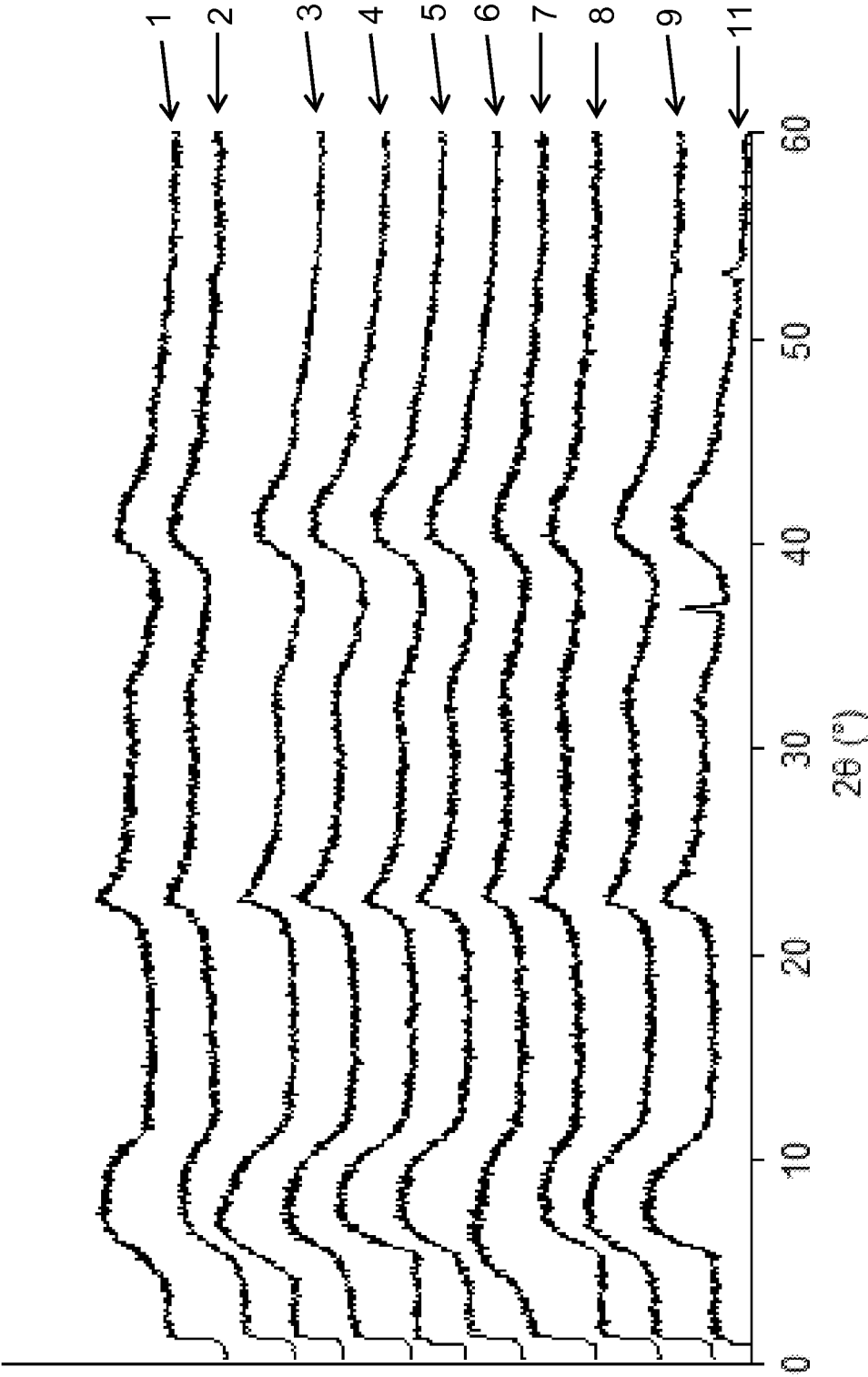
5 ▪ des particules formées d'un empilement de feuillets
élémentaires et présentant au moins un espace interfoliaire entre deux feuillets
élémentaires consécutifs, et ayant pour formule chimique :



- 10 - M désignant au moins un métal divalent et ayant pour
formule $Mg_{y(1)}Co_{y(2)}Zn_{y(3)}Cu_{y(4)}Mn_{y(5)}Fe_{y(6)}Ni_{y(7)}Cr_{y(8)}$; chaque $y(i)$
représentant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$, et tel que $\sum_{i=1}^8 y(i) = 1$,
- 15 - M'^{m+} désignant au moins un cation, dit cation interfoliaire, présent dans au
moins un espace interfoliaire desdits feuillets élémentaires,
- x étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 1]$,
- 20 - ε étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 3[$ et désignant un déficit cationique
desdits feuillets élémentaires,
- ε' étant un nombre réel de l'intervalle $[0 ; 3[$ et désignant une proportion de
cation(s) interfoliaire(s) M'^{m+} présent(s) dans l'(les) espace(s) interfoliaire(s)
desdits feuillets élémentaires de ladite phase gonflante,
- 25 - m étant un nombre réel de l'intervalle $[1 ; 3]$ et désignant une charge
cationique du cation M'^{m+} ,
- n étant relatif à un nombre de molécule(s) d'eau associée(s) auxdites
particules,

lesdites particules minérales silicatées présentant une épaisseur inférieure à 100 nm
25 et dont la plus grande dimension est inférieure à 10 µm.

Figure unique



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2013/052194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. C01B33/38
 ADD.

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)
 C01B

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, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/085239 A1 (UNIV TOULOUSE 3 PAUL SABATIER [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; LE RO) 28 June 2012 (2012-06-28) claims 1-18 page 11, line 1 - line 19 -----	1,2,9-11
A	WO 2008/009800 A2 (LUZENAC EUROP SAS [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; MARTIN FRANCOIS []) 24 January 2008 (2008-01-24) cited in the application page 13, line 12 - page 14, line 8 -----	1,2,9-11
A	WO 00/63299 A1 (TALC DE LUZENAC [FR]; ARSEGUEL DIDIER [FR]; CLAUSS FREDERIC [FR]; BALA) 26 October 2000 (2000-10-26) the whole document -----	1,12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

29 November 2013

Date of mailing of the international search report

11/12/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rigondaud, Bernard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/052194

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012085239 A1	28-06-2012	CN 103370276 A	23-10-2013
		EP 2655251 A1	30-10-2013
		FR 2969594 A1	29-06-2012
		WO 2012085239 A1	28-06-2012

WO 2008009800 A2	24-01-2008	CN 101516776 A	26-08-2009
		EP 2046682 A2	15-04-2009
		FR 2903681 A1	18-01-2008
		US 2009253569 A1	08-10-2009
		WO 2008009800 A2	24-01-2008

WO 0063299 A1	26-10-2000	FR 2792322 A1	20-10-2000
		WO 0063299 A1	26-10-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052194

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. C01B33/38
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
C01B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

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, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2012/085239 A1 (UNIV TOULOUSE 3 PAUL SABATIER [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; LE RO) 28 juin 2012 (2012-06-28) revendications 1-18 page 11, ligne 1 - ligne 19 -----	1,2,9-11
A	WO 2008/009800 A2 (LUZENAC EUROP SAS [FR]; CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; MARTIN FRANCOIS []) 24 janvier 2008 (2008-01-24) cité dans la demande page 13, ligne 12 - page 14, ligne 8 -----	1,2,9-11
A	WO 00/63299 A1 (TALC DE LUZENAC [FR]; ARSEQUEL DIDIER [FR]; CLAUSS FREDERIC [FR]; BALA) 26 octobre 2000 (2000-10-26) le document en entier -----	1,12



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

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

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"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)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"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

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 novembre 2013

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/12/2013

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rigondaud, Bernard

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052194

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2012085239 A1	28-06-2012	CN 103370276 A	23-10-2013
		EP 2655251 A1	30-10-2013
		FR 2969594 A1	29-06-2012
		WO 2012085239 A1	28-06-2012
WO 2008009800 A2	24-01-2008	CN 101516776 A	26-08-2009
		EP 2046682 A2	15-04-2009
		FR 2903681 A1	18-01-2008
		US 2009253569 A1	08-10-2009
		WO 2008009800 A2	24-01-2008
WO 0063299 A1	26-10-2000	FR 2792322 A1	20-10-2000
		WO 0063299 A1	26-10-2000