

Les principaux minéraux industriels en France



Andalousite p.2

Carbonates de calcium p.3

Diatomite p.5

Feldspath p.6

Kaolin, Argiles kaoliniques p.8

Mica p.11

Silice p.12

Talc p.15



Andalousite

DÉFINITION

L'andalousite est un silicate d'alumine $Al_2O_3SiO_2$. Elle fait partie du groupe des silicates d'alumine anhydres avec la sillimanite et le disthène. C'est un minéral résistant à des hautes températures apprécié donc pour ses propriétés réfractaires remarquables.

PROPRIÉTÉS & USAGES

L'industrie des réfractaires est le principal consommateur de toute la production d'andalousite dans le monde. En raison de sa résistance mécanique et chimique, sa résistance aux chocs thermiques et son faible coefficient d'expansion, elle est le constituant essentiel des briques pleines ou isolantes et des pâtes réfractaires à haute teneur en alumine.

Ces produits sont utilisés en grandes quantités, surtout en sidérurgie, aciérie et fonderie mais aussi en cimenterie, verrerie, céramique, (briques crues ou cuites, garnissage des haut-fourneaux, fours de cimenteries, fours de verrerie, gazetterie pour l'industrie céramique, moules de fonderie à la cire perdue).



Brique réfractaire (andalousite calcinée qui est devenue de la mullite)

LOCALISATION & QUELQUES CHIFFRES

L'andalousite est un minéral typique du métamorphisme de contact, rencontré fréquemment dans les roches métamorphiques autour des massifs de granites (schiste et micaschistes). On le trouve également dans certaines pegmatites ou filons de quartz. Le seul gisement d'andalousite de taille économique exploité dans l'Union Européenne est situé sur la commune de Glomel (Côtes d'Armor). Il représente 25 % de la production mondiale.



Silicate d'alumine présent dans les roches métamorphiques sous forme de cristaux blancs, l'andalousite (ou kerpélite)



Site de Glomel (Bretagne)

Ce gisement, de classe mondiale unique en Europe, assure la totalité de la production française. La plus grande partie est exportée, principalement en Europe.

Sources bibliographiques & Pour en savoir plus

« Les Minéraux Industriels » Mines & Carrières, Fiche technique : Les Techniques III-IV/98. Revue de la société de l'industrie minière. Supplément à novembre 1998.

« Panorama du marché français des matériaux de carrières et produits dérivés » - page 39. Dossier « minéraux industriels » Mines & Carrières supplément Hors Série n°, - page 79. « Panorama des activités minières en France en 1999 » - page 11 et « 2000 » - page 32. Carte des gisements en exploitation.



Les carbonates de calcium

DÉFINITION

Le carbonate de calcium (CaCO_3) est composé d'ions carbonate (CO_3^{2-}) et d'ions calcium (Ca^{2+}). Il est très abondant dans la nature essentiellement sous forme de calcite.

GÉOLOGIE

La calcite est le composant majeur des roches sédimentaires **calcaires**, comme la **craie**, mais également du **marbre**, **une roche métamorphique**. C'est aussi le constituant principal des **coquilles** d'animaux marins, du corail et des **escargots**.

Mais les roches carbonatées ne se restreignent pas à ces seules roches : il existe aussi des carbonates de magnésium : **les dolomies**.

Des carbonates naturellement blancs

Les formations carbonatées sont très largement distribuées à la surface du globe. Elles constituent près de 15% des séries sédimentaires qui couvrent elles-mêmes les $\frac{3}{4}$ des continents. Mais elles ne présentent que rarement la pureté suffisante pour la production de charges minérales entrant dans la fabrication de produits aussi variés que le papier, les plastiques, les peintures.



Parmi toutes les roches à carbonates de calcium, trois répondent aux critères recherchés et satisfont à elles seules près de 90% des besoins en carbonates naturels de la planète : la craie, roche tendre, friable constituée par l'accumulation de squelettes de micro-organismes marins, les **coccolithes**; les calcaires en particulier le cas des calcaires blancs d'origine récifale et les marbres très purs (la craie, les calcaires, les marbres très purs).

PROPRIÉTÉS & USAGES

Bien qu'étant de nature et d'origine différentes, les roches précédemment décrites ont en commun leur très grande richesse en carbonate de calcium (plus de 95% de CaCO_3). Pour satisfaire à ces critères, les cibles retenues doivent présenter une grande pureté tant à l'échelle du minéral (calcite) qu'à celle de la roche, qui ne doit pas contenir d'impuretés telles que le fer, les matières organiques, le graphite et les sulfures qui peuvent altérer la blancheur etc.

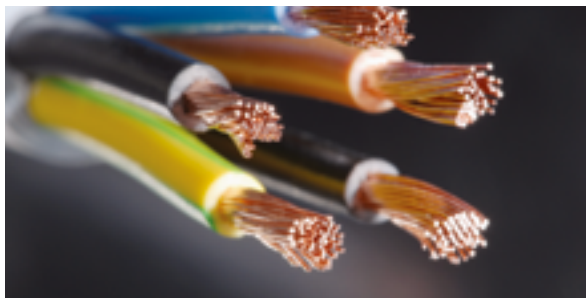
Les produits commercialisés sont soit du GCC (Ground Calcium Carbonate), roche finement broyée, soit du PCC (precipitated Calcium Carbonate), un carbonate de calcium de synthèse employé pour des usages haut de gamme comme la pharmacopée.



Les principaux marchés sont l'industrie du papier, des matières plastiques, de la peinture, vernis et adhésifs ainsi que l'industrie du bâtiment, l'environnement, la pharmacie, l'agriculture et la nutrition animale.

Dans toutes ces applications, leur rôle s'étend des procédés d'élaboration aux propriétés d'usage conférant à la charge un caractère de plus en plus fonctionnel qui dépend à la fois de ses propriétés naturelles (couleur, densité, pureté chimique...) et des traitements appliqués (finesse, forme des particules, surface spécifique...).

- Dans le papier, les carbonates de calcium représentent une part de plus en plus grande des charges minérales. Dans les peintures et les enduits, la très grande blancheur des carbonates évite l'usage de pigments plus onéreux comme l'oxyde de titane ; leur finesse et leur faible pouvoir absorbant permettent d'augmenter la quantité de charge sans affecter la viscosité et d'améliorer de cette façon certaines propriétés d'application comme le pouvoir couvrant, l'opacité, l'aspect final et le temps de séchage des peintures à dispersion aqueuse.



- Les plastiques et les élastomères sont un autre grand domaine d'emploi des carbonates de calcium. Ils entrent dans les formules de nombreux "compounds" (mélanges de résines et d'additifs) pour en améliorer les propriétés d'usage comme la résistance thermique et mécanique, l'aspect et la finition des produits finis (PVC profilés blancs) et la résistance électrique (gaine d'isolation électrique). Le taux d'incorporation peut atteindre 80 % en poids (revêtements de sol).



- Le carbonate de calcium est aussi utilisé dans des produits alimentaires aussi bien que dans des formulations pharmaceutiques – avant tout pour un apport en calcium élémentaire hautement biodisponible, mais aussi comme additif multifonctionnel.



- On observe aussi une demande en additifs adaptés dans les produits actuels d'hygiène personnelle : le carbonate de calcium offre des avantages considérables quand on l'utilise dans des dentifrices, du baume pour les lèvres, des produits de soin de la peau et bien d'autres encore.

- Il existe bien d'autres applications des carbonates dans les domaines de l'environnement : traitement de l'eau potable, désulfurisation des fumées, lutte contre l'acidification de milieux naturels sans oublier l'agriculture en amendements des sols et nutrition animale

LOCALISATION & QUELQUES CHIFFRES

Des exemples de gisement français...

Le Bassin parisien est formé entre autres d'une puissante formation de craie déposée au Crétacé, précisément au Sénonien, il y a 70 à 80 millions d'années. Elle est mondialement connue car elle forme les célèbres falaises d'Etretat et de Douvres. La craie est exploitée sur plusieurs sites, notamment à Omev en Champagne, et Précly-sur-Oise en Picardie.

Le gisement de craie d'Omev en Champagne

Le dépôt de craie est régulier, stratifié en bancs métriques et possède une blancheur et une pureté minéralogique qui ont été mises à profit pour la fabrication de charges minérales micronisées (poudres et slurries).

Au total une quinzaine de mètres de craie blanche sont extraits de façon sélective sous un recouvrement qui ne dépasse pas 2 à 3 m. L'absence de silex et la très faible teneur en argiles et autres impuretés (magnésium, phosphore...) ont contribué au développement industriel de ce site.

Au total plus de 20 sites de production sont répartis sur le territoire national (les craies du bassin de Paris, les calcaires dans le bassin d'Aquitaine, d'autres engagés dans des structures péri-alpines à proximité de la vallée du Rhône, d'autres jalonnent l'extrémité orientale de la chaîne pyrénéenne, sans oublier les marbres des Pyrénées de Haute-Garonne).

La richesse naturelle de son sous-sol en carbonates de calcium : craie, calcaire et dans une moindre proportion marbre, a largement contribué à la naissance puis à l'essor d'une importante production nationale qui se place au 5^{ème} rang des pays européens.

Sources bibliographiques & Pour en savoir plus :

Fiches Détaillées « *Les carbonates blancs* » la SIM, par Jean Michel Negroni.
 Beun Sébastien, 2009. « *Gitologie, extraction et utilisation des carbonates comme charges minérales*. » Hors-série « Mines & Carrières » n°159, mai 2009, pp 45-48.
 CCA-Europe, 2005. « *Le carbonate de calcium*. » Fiche IMA Europe. 2p.
 Gony Jean-Noël, 1998. « *Calcaires blancs pour charges*. » Revue de l'Industrie minière « Les Techniques » n°III-IV 98, pp 93-96.
 Gutierrez Thomas, 2009. « *La craie: du dépôt à l'application industrielle*. » Hors-série « Mines & Carrières » n°159, mai 2009, pp 49-52.
 Harben Peter W. et Kuzvart Milos, 1996. « *Carbonates rocks*. In *Industrial Minerals, A global geology*. » pp 81-90. Editions Industrial Minerals Information, Metal bulletin PLC London.
 Mannoni Luciana et Tiziano, 1984. « *Le marbre, matière et culture*. » 270p. Editions SAGEP Gênes, Italie.
 Negroni Jean-Michel, 1989. « *Notice de présentation du gisement de calcaires blancs de Sainte-Croix- de-Mareuil en Dordogne*. » Rapport interne AGS-BMP. 6p.
 Pasquet Jean-François, 1996. « *Calcaires blancs pour charges*. » Mémento roches et minéraux industriels. Rapport BRGM R 38742. 53p.
 Roskill, 2000. « *Carbonates in Western Europe*. » Vol.1 pp 38-99.



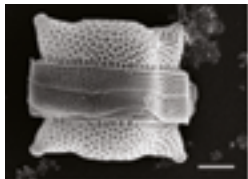
Diatomite

Utilisées dès l'Antiquité comme adjuvant minéral dans certaines poteries ou dans la fabrication de briques légères, les terres à diatomées vont connaître à partir de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle un développement économique remarquable lié à leurs propriétés naturelles.

DÉFINITION

« Terre à Diatomées ou Diatomite »

Reconnues comme des roches sédimentaires, les terres à diatomées sont formées par l'accumulation en milieu aquatique de carapaces siliceuses finement structurées de micro-organismes : les diatomées. D'autres termes comme « diatomite » ou « kieselguhr » désignent ces roches légères, peu consolidées et de couleur claire principalement constituées de fins débris de diatomées. Les diatomées sont des algues unicellulaires de la famille des bacillariophycées se développant en milieux aquatiques, lacustres ou marins sous des formes qui peuvent être fixées au substrat « benthiques » ou flottantes « planctoniques ». Leur anatomie se compose d'une membrane externe, d'une carapace siliceuse ou « frustule » et d'une cellule membraneuse. Les frustules siliceux peuvent sédimenter à des rythmes pouvant varier de quelques millimètres à plus de 2 centimètres par an.



PROPRIÉTÉS & USAGES

Leurs propriétés naturelles telles que porosité, faible densité et forte inertie chimique combinées à l'évolution des technologies de calcination et sélection granulométrique font des diatomites d'excellents supports de filtration pour toutes sortes de liquides des industries agro-alimentaires, chimiques et pharmaceutiques. Elles sont notamment utilisées pour faire « briller » la bière ainsi que pour les différentes étapes de fil-

tration des vins (dégrossissage, clarification et stabilisation). Leur finesse, leur rigidité et leur micro-structure ont permis de développer ces dernières années de nombreuses applications comme additif fonctionnel (charge minérale). Parmi celles-ci figurent la plus ancienne : l'utilisation des terres à diatomées pour stabiliser la nitroglycérine et les applications les plus modernes comme les supports de catalyse en passant par les abrasifs doux pour le polissage (bois, métaux, marbres...) et les charges minérales pour les peintures, papiers et plastiques. Certaines de ces applications nécessitent l'emploi de diatomites calcinées et activées.



D'autres propriétés comme l'absorption, la faible masse volumique sont mises à profit dans le domaine des bétons, celui des absorbants industriels pour le nettoyage des sols, l'absorption des huiles et graisses et l'amendement de certains sols.

LOCALISATION & QUELQUES CHIFFRES

Tous les gisements identifiés à ce jour dans le Massif Central sont apparus dans des dépressions lacustres dont la forme circulaire et la structure profonde sont reconnus comme l'empreinte de cratères volcaniques de type « maar ». Les gisements de Saint Bazile en Ardèche, de Virargues et de Nouvialle dans le Cantal datent de la fin du Miocène (9 à 5 Ma). La composition (type de diatomées), le degré de pureté et l'épaisseur moyenne des dépôts varient d'un gisement à l'autre ; celui de Nouvialle présente deux niveaux distincts séparés par une fine couche de cendres volcaniques. L'épaisseur totale fortement influencée par la structure volcanique varie d'une à plusieurs dizaines de mètres avec des recouvrements alluvionnaires de quelques mètres d'épaisseur, terme ultime du comblement sédimentaire de la structure.

En Europe, la production française se situe au premier rang.

Sources bibliographiques & Pour en savoir plus :

- «Diatomite», fiches techniques, la SIM, Jean-Michel Negroni (géologue IMERYS).
- Baes Damien (septembre 2006), «Les applications des diatomées», Présentation Journée technique district Auvergne – Limousin.
- Cardini Jean-Louis (octobre 2001), «Les Terres à Diatomées», Congrès de l'Industrie Minérale de Clermont-Ferrand.
- David Henri (septembre 2006), «La Narse de Nouvialle - Projet d'ouverture d'une carrière de diatomite», Présentation Journée technique district Auvergne-Limousin.
- Industrial Minerals Association Europe, «Diatomite, Industrial minerals».
- Kadery Frederic L., Jr (1983), «Diatomite, Industrial Minerals and Rocks» (5th edition), S.J. Lefond. ed., Aime, New York, pp 677-708.
- Negroni Jean-Michel (septembre 2006), «Les gisements de diatomées - Pétrographie et Géologie», Présentation Journée technique district Auvergne-Limousin.
- Rochier Philippe (décembre 1995), «Diatomite, Mémento roches et minéraux industriels».



Les Feldspaths

DÉFINITION

Les feldspaths sont des minéraux très abondants dans la croûte terrestre. Chimiquement, ce sont des aluminosilicates que l'on regroupe en deux familles selon leur composition chimique.

Les feldspaths alcalins : s'étendent d'un pôle potassique ($K [AlSi_3O_8]$) à un pôle sodique ($Na [AlSi_3O_8]$) dont l'orthose et le microcline, potassiques, sont les variétés les plus fréquentes.

Les feldspaths plagioclases : s'étendent d'un pôle sodique, l'albite ($Na [AlSi_3O_8]$) à un pôle calcique, l'anorthite ($Ca [Al_2Si_2O_8]$).

GÉOLOGIE

Les feldspaths sont des constituants majeurs des roches magmatiques et de nombreuses roches métamorphiques, utilisés pour établir la classification de ces roches. Ils sont particulièrement abondants dans les roches plutoniques telles que le granite, qui contient jusqu'à 50 à 70 % de feldspaths alcalins ; il est toutefois rarement exploité pour sa teneur en feldspath.

C'est à leur observation sous forme de cristaux centimétriques dans des champs développés sur des granites altérés en Allemagne et en Suède qu'ils doivent leur dénomination : feldt (champ labouré) spat (cristal).

PROPRIÉTÉS ET USAGES

Les feldspaths ont une forte teneur en alumine et en alcalins (potassium et sodium) qui leur confère des qualités de fusibilité très appréciées dans l'industrie, et donne une couleur blanche des produits après cuisson (céramiques) ou après fusion (verres).

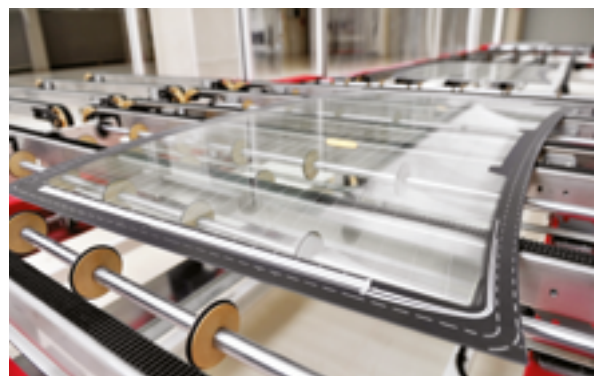
La fabrication de la majorité des produits que nous utilisons quotidiennement utilise du feldspath : le verre pour les boissons, le verre de protection, la laine de verre pour l'isolation, le carrelage de notre salle de bains, la vaisselle dans laquelle nous mangeons...

Les feldspaths jouent un rôle de fondants dans la céramique et le verre, et sont également utilisés comme charges fonctionnelles dans les industries de la peinture, du plastique, du caoutchouc et des colles.



Céramiques :

Le feldspath est l'ingrédient le plus important après l'argile dans la fabrication des céramiques. Il fond progressivement selon les variations de température, ce qui facilite la fusion du quartz et des argiles et permet, grâce à un mélange approprié, de moduler cette importante phase dans la fabrication de la céramique. Dans le secteur du carrelage, le feldspath est utilisé comme fondant pour abaisser la température de vitrification. Il améliore la fusibilité de la vaisselle afin d'obtenir un produit sans défaut.



Pare-brise

Verre :

Le feldspath est un ingrédient très important dans la fabrication du verre en raison de son action de fondant qui réduit la température de fusion du quartz et contrôle la viscosité du verre, L'industrie verrière représente actuellement 25 à 30 % de la consommation totale de feldspaths. L'usage de plus en plus développé de verre recyclé sous forme de calcin tend à réduire la consommation de matières premières, dont le feldspath.



LOCALISATION & QUELQUES CHIFFRES

La production française assurée à partir de 3 centres : Feldspaths du Sud Lansac (66), Montebbras (23) et Etang-sur-Arroux (71). Les exportations sont principalement pour le carrelage vers l'Italie et vers l'Espagne. La production d'Etang-sur-Arroux est essentiellement destinée au marché français du verre d'emballage et du sanitaire. A noter enfin une production de 30 kt /an de phonolite à Roche-en-Régner (43).

En France, le site de Montebbras dans la Creuse, est exploité pour la céramique depuis 1930. Il correspond à une lame de granite à albite avec aussi étain-tantale, épaisse d'une trentaine de mètres, formant une coupole entre une intrusion de microgranite au mur et le granite de Chanon encaissant, bien plus ancien. Sa composition moyenne est de 40% de quartz, 26% d'albite, 18% de microcline et 15% de muscovite avec une minéralogie accessoire variée. La teneur en Fe_2O_3 est inférieure à 0,20%.

Sources & Données complémentaires sur les feldspaths:

Fiches Techniques « *Les Feldspaths* » Marcel Pouliquen, la SIM
« *Panorama du marché français des matériaux de carrières et produits dérivés* » - page 43 et 44.

« *Les Minéraux Industriels* » Mines & Carrières supplément à novembre 1998 - pages 101 à 104.

Dossier « *Minéraux industriels* » Mines & Carrières supplément Hors Série n°, - pages 67 à 69.

« *Panorama des activités minières en France en 1999* » - page 14 et « *2000* » - page 40.



Comme charges minérales, les feldspaths épurés et finement broyés présentent une bonne blancheur, une bonne résistance aux agents chimiques et à l'abrasion, un indice de réfraction intéressant et la résistance au gel. Ils font d'excellentes charges dans les peintures, les plastiques, le caoutchouc, les adhésifs et les mastics.



Kaolin et argiles kaoliniques

DÉFINITION

Roches ou minéraux ? Souvent utilisé dans la vie courante, le terme « argile » n'est pas évident à définir car il reflète plusieurs aspects.

On a pour habitude de nommer « argiles » des minéraux qui ont certaines capacités comme le gonflement, la sorption de l'eau, ou encore le passage à l'état de boue. En réalité, de nombreux gisements sont constitués par des mélanges de minéraux (donc des roches) dont des argiles que les spécialistes nomment « minéraux argileux » pour les distinguer de la roche. C'est par exemple le cas pour la distinction entre le kaolin (roche) et la kaolinite (minéral). Les roches argileuses, les « argiles » sont donc constituées par une prédominance en minéraux argileux mais souvent en association avec plusieurs types d'argiles et d'autres minéraux (quartz, micas etc.).

Pour les spécialistes, les roches argileuses contiennent au minimum 50% de minéraux argileux. Souvent, plusieurs minéraux viennent s'ajouter aux minéraux argileux dans la roche argileuse, sables (quartz) et silicates (feldspath, mica), carbonates, oxydes et hydroxydes, sels solubles, matériaux ferifères et matière organique.

Les minéraux argileux possèdent un réseau cristallin parfaitement organisé en feuillets, ce qui explique leur aptitude à se déliter en lamelles extrêmement fines, et sont constitués des éléments oxygène, aluminium, magnésium, potassium,

calcium présents à l'état ionique, ainsi que d'eau adsorbées entre les feuillets. On compte plus d'une cinquantaine de minéraux argileux, parmi lesquels on peut citer la kaolinite, la montmorillonite (découverte à Montmorillon en France), la saponite, la beidellite, l'attapulgite etc. Ces minéraux sont regroupés en familles dont les membres ont des compositions et des propriétés voisines : les smectites (avec la montmorillonite, la nontronite, la saponite...), aussi appelées argiles gonflantes, en sont la principale. Une des propriétés phare des argiles est leur pouvoir d'absorber l'eau, puis de l'évacuer si la température ou la pression augmente.



Site de Clerac (Nouvelle-Aquitaine)

GÉOLOGIE

Les minéraux argileux sont très présents dans les roches sédimentaires, et dans les altérites issues de l'altération de tout type de roche, y compris magmatique et métamorphique. Les minéraux argileux se forment donc à la surface de la croûte terrestre.

Les roches argileuses sont abondantes dans la croûte terrestre. Ce sont des roches sédimentaires continentales ou marines, tendres, rayables à l'ongle, fragiles à l'état sec, formant une pâte plastique une fois hydratées et durcissant à la cuisson. Ces roches peuvent être disposées en couches épaisses ou alternées avec d'autres couches (ex : calcaire, marne, grès, etc.). Du fait de leur imperméabilité, elles jouent un grand rôle dans la circulation et l'accumulation de divers fluides (ex : eau, pétrole, gaz).

Clín d'œil historique :

En Chine, il y a 1 800 ans, ont été fabriquées les premières porcelaines à partir de matériaux altérés de granite d'une butte appelée « Kao Ling » (haute colline), près de Jingdezhen dans la province du Jiangxi. En anglais, le terme kaolin est souvent mentionné « China clay ».

L'usage du kaolin en Europe débute à partir du XVII^e siècle, d'abord pour la céramique, avant de s'étendre à l'industrie papetière (qui est le principal usage actuel), aux réfractaires, aux charges en peinture, aux plastiques, au caoutchouc, à la fibre de verre. Le kaolin résulte essentiellement de l'altération de roches riches en feldspaths, principalement des roches acides (granite, granodiorite, pegmatite). Les produits

de cette altération restent sur place : c'est le « kaolin résiduel », aussi appelé « kaolin primaire ». Dans le cas où les produits d'altération subissent un transport puis un dépôt, on parle de « kaolin sédimentaire » ou « kaolin secondaire ». Ces derniers représentent la majeure partie des réserves.



Site de Plœmeur (Bretagne)

KAOLIN, KAOLINITE ET ARGILES KAOLINIQUES

Le kaolin et les argiles kaoliniques sont souvent cités dans la littérature comme des « argiles nobles », par opposition aux « argiles communes » regroupant les autres types d'argiles, moins blanches et dédiés à des applications moins « nobles », mais néanmoins très utiles à l'industrie !

La kaolinite, de formule $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$ ou $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ est un minéral argileux et le principal constituant du kaolin et des argiles kaoliniques. Le kaolin est une roche argileuse qui contient entre 90 et 100 % de kaolinite, les argiles kaoliniques sont des roches argileuses qui contiennent de 90 à 50 % de kaolinite, donc moins « nobles ». Les autres minéraux, présents en plus ou moins grande quantité selon la qualité originelle sont le quartz, les micas, les feldspaths, d'autres argiles, des illites, des oxydes et hydroxydes de fer etc.

PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES ET USAGES DU KAOLIN & ARGILES

Le kaolin et les argiles kaoliniques sont des roches argileuses avec kaolinite prédominante. Les autres minéraux associés influencent directement les propriétés de cette argile, tels que l'illite (fondant), la smectite (améliore la plasticité) ou les hydrates d'alumine (améliore le caractère réfractaire).

La kaolinite possède une densité de 2,6 pour une dureté d'environ 2,5 sur l'échelle de Mohs. Onctueuse au toucher et mat à l'éclat, la kaolinite absorbe facilement l'eau et devient plastique. Ce minéral est un bon réfractaire et fond entre 1 750 et 1 800 °C.

Les argiles sont utilisées dans de nombreuses industries, et constituent plus particulièrement un composant vital pour la fabrication de céramiques. Associées aux kaolins blancs mais peu plastiques, elles permettent d'obtenir la cohésion nécessaire au façonnage des pièces céramiques.

Les appareils sanitaires, vaisselle, carrelages de sol et carrelages muraux, émaux et engobes utilisent des argiles pour assurer une plasticité élevée et une bonne blancheur après cuisson, en combinaison avec du kaolin, du feldspath et du quartz.



Boudin de pâte céramique





Une capacité de résistance aux températures très élevées fait des argiles fines et chamottes (des argiles alumineuses calcinées) des produits idéaux pour leur usage dans des produits réfractaires pour le garnissage de fours.



Des argiles entrent dans la fabrication des composants en porcelaine assurant l'isolation pour les produits destinés à la haute tension.



Les argiles sont utilisées comme charges fines et agents d'allongement dans les polymères, les colles, les plastiques, les engrais et les insecticides.

La filière papier (charge en masse et agent de couchage), est l'application principale du kaolin et des argiles kaoliniques (environ la moitié du marché), deux matériaux également utilisés en verrerie pour fabriquer la fibre de verre. De manière plus anecdotique, le kaolin et les argiles kaoliniques sont employées en pharmacie, cosmétique, agriculture et alimentation animale. Dans ces derniers secteurs, les contraintes sur la qualité du gisement sont particulièrement exigeantes sur l'absence de contaminants toxiques : métaux (Pb, As, Hg, Cd).



Fibre de verre utilisée dans les pales

LOCALISATION & DONNÉES CHIFFRÉES

La France recèle différents gisements de kaolin, d'argiles kaoliniques et d'argiles grâce à la diversité géologique de son sous-sol. La répartition sur le territoire métropolitain est assez homogène avec de grands gisements notamment de kaolin en Bretagne et dans l'Allier et d'argiles kaoliniques (bassin provinois et en Charente)

Sources bibliographiques & pour en savoir plus :

« Kaolin et argiles kaoliniques » Mémento / Rapport final / BRGM/RP-67334-FR / Fév. 2018
- fiche technique Michel Rautureau.
« Panorama du marché français des matériaux de carrières et produits dérivés » - page 27.
« Les Minéraux Industriels » Mines & Carrières supplément à novembre 1998 - page 86.
Dossier « Minéraux industriels » Mines & Carrières supplément Hors Série n°, - page 75.
« Panorama des activités minières en France en 2000 » - page 43, 2011.



Mica

DÉFINITION

Les micas sont des silicates à structure en feuillets, les phyllosilicates, constitués par des empilements de feuillets minéraux constitués par deux couches $(\text{Si,Al})_2\text{O}_5$ légèrement décalées l'une par rapport à l'autre. La taille des cristaux est variable : généralement millimétrique (mica en paillettes), elle peut dépasser 1 m (mica en plaque) dans les pegmatites. Le mot mica vient du latin micare signifiant briller, scintiller.

La famille des micas comporte de nombreux membres, parmi lesquels la muscovite, la biotite, le lépidolite, le phlogopite, la zinnwaldite etc. La muscovite est de loin le mica le plus utilisé dans l'industrie.

La France est un producteur de micas en paillettes, uniquement de la muscovite, récupéré lors du traitement du kaolin en Bretagne et du feldspath dans le Morvan.



Traitement du Kaolin dans l'installation de Plœmeur en Bretagne

PROPRIÉTÉS ET USAGES

Le mica est caractérisé par sa structure feuilletée, son éclat brillant et sa grande résistance à la chaleur. Ses propriétés d'isolant électrique et thermique, sa capacité d'isolation acoustique, et sa transparence, font qu'on le retrouve dans de nombreuses utilisations industrielles.



Il est utilisé par exemple, comme charge dans des peintures, des enduits, des matières plastiques.

Il est aussi incorporé à d'autres matériaux comme isolant acoustique (voitures automobiles) ou anti-feu (portes coupe-feu). On l'utilise également pour son aspect esthétique et décoratif (en cosmétique).

Le mica a remplacé l'amiante dans un certain nombre d'applications à haute température ou de protection contre l'incendie, car il ne présente pas de risques analogues (matériau inerte, non toxique, se présentant sous forme de paillettes et non de fibres).

LOCALISATION

Les producteurs français de paillettes de micas sont situés en Bretagne (Plœmeur) et dans le Morvan (Etang-sur-Arroux).

Sources bibliographiques & Pour en savoir plus :

« Panorama du marché français des matériaux de carrières et produits dérivés » - page 47.
 « Les Minéraux Industriels » Mines & Carrières supplément à novembre 1998 - page 116.
 « Panorama des activités minières en France en 1999 » - page 17 et « 2000 » - page 45.



Silice

DÉFINITION

La silice est exclusivement composée de silicium et d'oxygène, qui sont les deux éléments les plus abondants de la croûte terrestre. Malgré une composition chimique simple, SiO_2 , elle se rencontre sous plusieurs formes, généralement cristallines, dont une extrêmement courante, le quartz, mais aussi amorphes comme la calcédoine, constituant principal des silex, et l'opale, sa variante hydratée.

Un peu d'histoire

La silice accompagne l'histoire de l'humanité depuis ses origines jusqu'à nos jours, que ce soit sous forme naturelle ou transformée. C'est en effet, à la manière dont ils façonnaient les roches siliceuses que l'on identifie le degré d'évolution des premiers hominidés voilà près de 2,5 Ma.

Le nom de silicium vient du latin silex : caillou. Le verre, probablement né en Egypte ou Mésopotamie il y a plus de 5000 ans, et majoritairement composé de silice, est aussi la plus ancienne matière synthétique que l'homme ait su élaborer.

GÉOLOGIE

La silice naturelle utilisée par l'industrie est pratiquement toujours du quartz, présent dans deux catégories de matériaux : les sables siliceux et les matériaux en blocs ou massifs, plus diversifiés (quartz, quartzites, galets de quartz et galets de silex). Les sables siliceux représentent les plus grands gisements et l'essentiel de la ressource exploitée. En France, les célèbres sables de Fontainebleau en sont le meilleur exemple. Ils sont souvent d'une grande pureté (plus de 98 % SiO_2).



Blocs extra siliceux (Ile-de-France).

Les matériaux massifs sont plus variés. Il peut s'agir de galets de quartz charriés par d'anciennes rivières (Dordogne), de galets de silex des côtes normandes (avec une exploitation très réglementée), ou de roches composées de grains de quartz soudés entre eux (quartzites et grès hypersiliceux).

PROPRIÉTÉS & USAGES

L'expression minéralogique la plus répandue de la silice est le quartz qui possède une bonne réfractarité (température de fusion de 1 600 °C), une forte inertie chimique et un bon pouvoir isolant. Le quartz est également piézo-électrique, c'est-à-dire que, soumis à une contrainte, il présente des charges électriques sur ses faces cristallines.

Toutes ces propriétés en font un matériau très employé dans l'industrie.



Dans l'industrie verrière, les sables siliceux rentrent pour 60-70% dans la composition du verre. Ce chiffre global masque de grandes différences selon le type de verre. Ainsi, le verre à bouteille courant (verre vert) se fabrique avec environ 95 % de calcin (verre recyclé) et 5 % seulement de matières premières.

Un certain nombre d'industries de haute technologie ont notamment un besoin stratégique de cette silice très pure pour produire des verres spéciaux comme les verres à cristaux liquides et les verres électro-chromes, de même que les panneaux à plasma ou les aérogels de silice. Les fibres de verre sont fabriquées à partir de poudres finement broyées. Les fibres de verre, utilisées surtout pour renforcer les matériaux composites ou dans les tissus décoratifs sont fabriqués à partir de farine de silice et/ou de kaolin. Quant à la laine de verre, elle est utilisée pour l'isolation.



La silice est le composant principal de presque tous les types de verres : pour les récipients (bouteilles et pots), le verre plat (vitres, miroirs, pare-brise), la vaisselle (verres, récipients, carafes), le verre d'éclairage (ampoules, tubes fluorescents), les écrans de TV et d'ordinateurs (y compris les écrans plats), le verre de décoration, le verre optique, etc.

L'industrie verrière, au 3^{ème} rang mondial par ses exportations, utilise des sables siliceux de haute pureté.

Dans l'industrie céramique, la vaisselle, les sanitaires, les objets décoratifs, les carrelages, les céramiques à haute technologie incorporent à des degrés variés de la poudre de silice finement broyée. Cette farine est un constituant important des émaux céramiques mais également des briques réfractaires, et des revêtements de creuset.

Dans l'industrie des produits de construction, le sable et les farines de silice sont des matériaux de base du secteur de la construction (béton cellulaire, correcteurs de sable à béton, colles pour carrellage, enduits...)



Noyau de radiateur.

Dans la fonderie, les pièces de fonderie, la silice cristalline possède un point de fusion supérieur à celui du fer, du cuivre et de l'aluminium. Cette propriété permet de réaliser des pièces moulées par coulage de métal en fusion dans des moules constitués de sable de silice et d'un liant, utilisées dans les industries mécaniques et aéronautiques entre autres.

Dans l'industrie métallurgique, le silicium métal, le ferro-silicium et le carbure de silicium sont élaborés par procédés électrométallurgique à partir de matériaux siliceux à haute pureté en silice, comme les galets de quartz.

Le silicium métal sert à fabriquer des alliages à base d'aluminium, de cuivre et de nickel. Le ferrosilicium est l'un des composants des alliages de fer et d'acier.

L'industrie électrométallurgique nationale, qui est la 3^{ème} productrice mondiale de silicium métallurgique et la 4^{ème} productrice mondiale de ferrosilicium, consomme la totalité des grès hypersiliceux extraits en France : il s'agit donc pour elle d'une source vitale d'approvisionnement.

Dans le secteur chimique, les sables siliceux de très haute pureté élevée sont utilisés pour fabriquer des produits chimiques à base de silicium, comme le silicate de sodium, le gel de silice, les silicones, le tétrachlorure de silicium, les silanes et le silicium pur. Le silicium pur est utilisé pour les puces électroniques en informatique. L'essentiel (≈ 95 p. 100) des composants électroniques actuels est à base de silicium monocristallin. Les produits à base de silicium sont employés dans la production de détergents, de produits pharmaceutiques et cosmétiques.

En chimie de spécialité, la silice intervient dans des filières industrielles où la France est numéro 1 mondial pour les méta-silicates (fabrication de détergents en substitution aux phosphates), numéro 2 mondial pour les silices précipitées (charges minérales, abrasifs, agents stabilisants),



Quartz (premier plan flouté) et silicium (en arrière-plan).



Dans les peintures et plastiques, polymères, caoutchoucs, mastics et colles, la silice cristalline, est utilisée à l'état de farine comme charge de renforcement dans tous ces produits. Elle apporte une résistance à l'abrasion et à l'attaque chimique, très appréciée notamment en applications marines..

Dans la filtration, le sable de silice est utilisé comme filtre dans le traitement des eaux usées pour séparer les matières solides.

Dans les sports et loisirs, le sable de silice est utilisé pour les terrains d'équitation, ainsi que pour l'aménagement de champs de courses. Il est également utilisé pour la réalisation de couches d'enracinement et comme matériau de drainage pour les terrains de sports professionnels et pour les terrains de golf.

LOCALISATION & QUELQUES CHIFFRES

Les sables de la région parisienne représentent 60% de la production française avec respectivement 25% pour les sables de Fontainebleau au sud de l'Ile-de-France et 35% pour les sables de Beauchamp en Picardie.

Les sables dits de Fontainebleau sont considérés en quantité et en qualité comme le meilleur gisement européen de sable siliceux avec celui de Mol en Belgique. Ils s'étendent de Nemours à Etampes et Dourdan.

Les principaux autres gisements de silice à usage industriels sont très localisés, dans le nord de l'Alsace, le Lot, la Dordogne, autour d'Avignon et en région aquitaine.

Sources bibliographiques & Pour en savoir plus :

Fiches détaillées SIM, « *La silice industrielle* » par Christine Bonnet.

« *La silice à usage industriel* » (2008), Mémento roches et minéraux industriels, 80p, Editions BRGM.

« *Les sables industriels dans la grande région Ile de France* » (2004), revue Géologues n°142, pp 24-27, UFG.

« *Panorama régional des minéraux et matériaux industriels en Ile de France* » (2007) : IAURIF DRIRE, MIF, SFIC, SNIP, FFBT.

Schéma départemental des carrières de Seine et Marne – Parties « *ressources* » et « *besoins* » - rédaction DRIRE, BRGM, et MIF.

« *La Silice* », (2005), Fiche IMA-Europe, 2p.

Quartz, Silice ; Minéralogie, gemmologie, Industrie (1979) ;

Ouvrage collectif, 144p, Edition de l'Association Régionale de

Paléontologie-Préhistoire et des Amis du Muséum de Lyon.

Negroni Jean-Michel (septembre 2006), « *Les gisements de diatomées* » -

« *Pétrographie et Gîtologie* », Présentation Journée technique district Auvergne-Limousin.

Rochier Philippe (décembre 1995), « *Diatomite, Mémento roches et minéraux industriels* ».



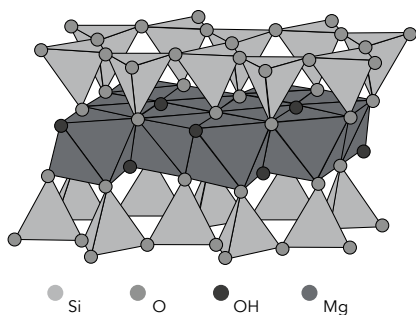
Talc

DÉFINITION

Le talc est le minéral le plus tendre au monde, il n'existe pas deux talcs totalement identiques.

Le talc est un silicate de magnésium hydraté (en feuillets) de formule $Mg_3 Si_4 O_{10} (OH)_2$. Le feuillet élémentaire est composé d'une couche d'octaèdres de magnésium-oxygène/hydroxyle, prise en sandwich entre deux couches de tétraèdres de silicium-oxygène. Les feuillets élémentaires sont empilés les uns sur les autres. Les feuillets élémentaires sont empilés les uns sur les autres comme un millefeuille et les forces de cohésion qui les relient sont très faibles. Par conséquent, les lamelles glissent les unes sur les autres au moindre contact, ce qui procure au talc sa douceur caractéristique.

LA STRUCTURE MOLÉCULAIRE DU TALC



Le talc est pratiquement insoluble dans l'eau, dans les acides et les bases faibles. Il n'est ni explosif, ni inflammable. Malgré sa très faible réactivité chimique, le talc possède une affinité marquée pour certaines substances chimiques organiques, il est en fait organophile.

Minéraux associés

Les minerais de talc diffèrent également par leur composition minéralogique (c'est-à-dire le type et la quantité de minéraux associés présents). Ils peuvent être classés en deux grands

types de gisements: talc-chlorite et talc-carbonate qui se forment dans deux contextes géologiques très différents : à péridotites pour les premiers, à dolomies pour les seconds. Le carbonate est essentiellement de la magnésite (carbonate de magnésium) ou de la dolomite (carbonate de magnésium et de calcium).

PROPRIÉTÉS & USAGES

Le talc est un élément vital de notre vie quotidienne. Les magazines que nous lisons, les polymères présents dans nos voitures et nos maisons, les peintures que nous utilisons et le carrelage sur lequel nous marchons sont quelques-uns des produits que le talc améliore.

Les propriétés du talc (lamellarité, douceur, hydrophobie, organophilie, inertie et composition minéralogique) remplissent des fonctions spécifiques dans de nombreuses industries.



Applications et marchés

Le talc est une charge fonctionnelle dont les applications industrielles découlent des propriétés physiques et chimiques. La gamme de ses applications est extrêmement étendue. De plus, elle est en constante évolution et a su s'adapter aux besoins du marché et coller aux mutations technologiques. C'est ainsi que, à côté de son rôle bien connu dans les poudres cosmétiques, les applications traditionnelles du talc étaient principalement, jusqu'à une époque récente, la charge papetière et le support de produits phytosanitaires appliqués en poudre pour les traitements agricoles et viticoles. Ces deux fonctions ont fortement diminué.



Aujourd'hui les principaux segments d'application sont :

- **le domaine des soins corporels et cosmétiques.** Ces utilisations sont directement en relation avec les propriétés de surface du minéral, comme la rétention de parfum, sa douceur au toucher, son caractère hydrophobe ;
- **la pharmacie** où le talc est l'excipient par excellence, neutre, chimiquement inerte et parfaitement inoffensif. Par ses propriétés lubrifiantes (lipophiles), il aide au pressage des comprimés.
- **en peinture**, dans le segment des peintures décoratives, il entre dans tous les types de formules grâce à sa lamellarité et son pouvoir couvrant, comme charge fonctionnelle, opacifiante ou agent de matage. Pour les variétés très blanches, il joue le rôle d'extendeur de titane. Dans les peintures industrielles (anticorrosion), le talc est utilisé pour l'effet barrière apporté par sa lamellarité.
- **dans les plastiques**, sa lamellarité associée à son inertie thermique contribue à l'amélioration des propriétés mécaniques (rigidité, résistance aux chocs) des polymères renforcés. Le talc est de plus en plus utilisé dans l'industrie automobile (tableaux de bord, garnitures, pare-chocs, etc.) où il contribue à la réduction du poids des véhicules. Il est intéressant de noter qu'une voiture moderne contient en moyenne 8kg de talc ! Il est également utilisé comme charge fonctionnelle dans le polypropylène d'aspect (électroménager blanc), l'emballage, les tubes et profilés.
- **en papeterie**, s'il a perdu en partie la place prépondérante qu'il occupait dans le domaine de la charge en milieu acide, le talc reste utilisé comme charge fonctionnelle en complément d'autres minéraux (carbonates, kaolins) pour ses propriétés de surface et sa lamellarité. Il garde un rôle prédominant dans l'application «pitch and sticky» c'est-à-dire comme agent de passivation des résines résiduelles pendant la fabrication de la pâte et le traitement des papiers recyclés, augmentant ainsi la productivité des machines à papiers. Enfin dans le cou-

chage, il contribue à améliorer l'aspect de surface de la feuille et son imprimabilité.

- **dans l'industrie du caoutchouc**, c'est une charge renforçante utilisée pour améliorer les écoulements de matière au moment de la fabrication des pièces moulées ou extrudées et les propriétés de résistance au feu. Il est utilisé dans les pneumatiques pour accroître l'imperméabilité (effet barrière).
- **en céramique**, les applications du talc s'apparentent d'avantage à la fonction d'un minéral dans le sens où, mélangé aux autres constituants, il est chargé d'apporter du magnésium à la formule. Dans les céramiques traditionnelles, le magnésium joue un rôle de fondant permettant d'abaisser la température de cuisson, tandis que dans les céramiques techniques (cordiérite) c'est un catalyseur physico-chimique. Dans le cas de minerais chloriteux, l'apport d'aluminium s'ajoute à celui de magnésium.
- il faut encore citer l'utilisation du talc comme anti-motant et agent lubrifiant dans l'industrie des engrais, l'alimentation animale et humaine.



Gisement de Talc à 1800 m (Occitanie).

LOCALISATION & QUELQUES CHIFFRES

Le talc en France : Luzenac

Situé à 130 km à vol d'oiseau au Sud-Est de Toulouse dans les Pyrénées Ariégeoises, près du village de Luzenac, le gisement de Trimouns est exploité à ciel ouvert depuis le milieu de XIX^e siècle. C'est un des plus gros gisements du monde.

Sources bibliographiques & Pour en savoir plus :

Fiches détaillées, la SIM, Le Talc, Jean-François Robert.
Fiches IMA EUROPE www.ima-europe.eu

Remerciements :

Sandra Rimey, Philippe Cunin et Eric Marcoux.
Réalisation : cplusr.fr / Impression : NH Impression (89240)
Images : © Istockphoto / © Marion Leflour /
© Wilfried Antoine Desveaux

