

## Le gisement de talc de Luzenac : un géant de taille mondiale

La Rédaction<sup>1</sup>.

### Rappel historique

La carrière de Trimouns se situe à 1 700 m d'altitude environ, à 6 km au nord-est de Luzenac et 120 km au sud de Toulouse (Fig.1 et Photo 1). Le gisement s'étend selon une direction Nord 10° Est sur le flanc est du massif de Saint-Barthélémy ; il a été suivi sur 5 km, l'exploitation se limitant à une emprise de 2 km environ. Depuis l'origine, le gisement a produit environ 15 millions de tonnes de talc.

Les travaux des archéologues ont montré que l'homme préhistorique utilisait déjà du talc dans ses peintures (peintures rupestres des grottes de Niaux). Des fouilles effectuées autour du site cathare de Montségur ont permis de découvrir des objets datant du XII<sup>e</sup> siècle. Mais ce n'est qu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle qu'un ramassage artisanal s'organise à Luzenac. Les pierres de talc étaient descendues à dos d'âne ou d'homme puis broyées dans des moulins à farine avant d'être vendues aux droguistes et apothicaires de Toulouse. Il s'agissait alors d'une activité secondaire des villageois.



Figure 1. Localisation du gisement de Luzenac.



Photo 1. Vue aérienne du gisement de Trimouns (cliché SATL).

La première référence au talc, mentionnée dans le rapport de l'ingénieur François (Aperçu géologique de l'Ariège), remonte à 1841. De là démarre la période préindustrielle et l'institution de droits miniers. Jacques Durand, artisan peintre doreur à Toulouse, sera le premier acquéreur de droits d'exploitation du talc sur les communes de Bestiac, Vernaux et Lordat. En 1845, pour 4 000 francs, il acquiert les droits miniers et 6 ha de terrain couvrant la zone du gisement. En 1848, il achète le moulin de Labail à Luzenac. Malgré ses efforts puis ceux de son gendre qui reprendra l'affaire, la liquidation est prononcée en 1888. Entre temps, après avoir racheté en 1886 la propriété de Montségur qui comporte des occurrences talqueuses, Julien Dumas, avocat inscrit au barreau de Toulouse, se porte acquéreur de la succession Durand et engage un centralien, Georges Goubeau, en 1888 pour s'occuper de l'exploitation. La production passe ainsi de 800 t en 1888 à 13 000 en 1900, puis 20 000 t en 1905 avec 340 ouvriers (Photo 2).

Le développement de la papeterie en France marque le début de l'ère industrielle de Luzenac, favorisée par l'arrivée du chemin de fer dans la vallée en 1888. Dès l'origine, le talc est exporté. La SA des Talcs de Luzenac (SATL) dépose ses statuts le 6 juillet 1905 ; elle est introduite en bourse de Paris en 1908. Afin d'augmenter la superficie du gisement, des accords d'occupation des sols pour 99 ans sont passés avec les communes des environs. On aménage également le câble transporteur, expérimenté dès 1889 et ouvert en 1894. Georges Goubeau meurt en 1923 ; il a été le véritable fondateur de la société.



Photo 2. Le chantier en 1903 : exploitation des affleurements de talc au col de Trimouns au début du XX<sup>e</sup> siècle (cliché SATL, ouvrage du centenaire, p. 34).

1. Remerciements à Jean-François Robert, Julien Conté, Yves Desbrosses et Bernard Gavaille pour leur aide dans l'élaboration de ce texte.

En 1919, son gendre, Paul Fédou lui succède, centralien lui aussi. Dès 1920, il installe une pelle à vapeur (Photo 3) puis des pelles électriques importées des États-Unis, qui sont affectées à la découverte de la carrière. L'extraction passe de 29 000 t en 1919 à 80 000 en 1929. Dans l'usine, on installe des broyeurs Raymond en 1924, équipés de filtres électrostatiques. Entre temps (1921), on avait augmenté le capital de la société. Une usine hydroélectrique supplémentaire est construite à Albiès et inaugurée en 1931.

Avec la récession des années 30, les expéditions de talc tombent à 48 000 t, puis se stabilisent autour de 60 000 t avant la Seconde Guerre mondiale. À la Libération, Paul Fédou a 60 ans ; il engage alors un nouveau centralien, Pierre Villemur, qui deviendra son gendre. La production passe de 75 000 en 1944 à 100 000 en 1950 et 200 000 en 1965, tirée par le développement de l'utilisation du talc dans l'industrie papetière. En 1952, la mécanisation s'intensifie avec l'introduction du tandem dumpers – pelles mécaniques en carrière. Les effectifs sont stables, autour de 800 personnes.

Dans cet historique, il importe aussi de dire un mot du gisement de **Montferrier**, situé sur la prolongation vers le nord-ouest de l'accident tectonique auquel est associé le gisement de Luzenac. L'initiative de la mise en exploitation de ce gisement en 1896 revient à Sébastien Molins qui met également en place un téléphérique et un moulin. L'entreprise ne durera pas 10 ans et le 7 septembre 1904, S. Molins vend sa concession à la Société Minière de Montferrier.

En 1929, la SATL devient majoritaire dans la société, qui atteint une production de 9 000 t dans l'année. Suit une longue période de difficultés, qui se poursuivent après-guerre avec la rupture du câble transporteur en 1961. En outre, le minerai n'est pas de bonne qualité et il y a beaucoup de stériles. En 1962, on ne compte plus que 40 ouvriers dont 7 permanents et la mine ferme en 1969. Depuis, la SATL a sécurisé les installations et le site a été rendu aux promeneurs.

Paul Fédou meurt en 1967 et Pierre Villemur devient directeur général. Sous son impulsion, la découverte est puissamment mécanisée avec des chargeuses hydrauliques et des dumpers dont la capacité passe de 25 à 50 t, mais l'extraction du talc reste essentiellement manuelle. En 1974, la production dépasse 300 000 t. Ensuite, les phases marquantes sont les suivantes :



Photo 3. La première pelle à vapeur sur rails, baptisée « La fumeuse », en activité à partir de 1920 (cliché SATL, ouvrage du centenaire, p. 64).

- 1976 : installation d'un nouveau téléphérique ;
- 1982 : mise en œuvre du tri optique en usine, ce qui permet une meilleure récupération du minerai blanc ;
- à partir de cette date, diversification des utilisations du talc en particulier dans les plastiques et poursuite de l'extension géographique avec le développement des acquisitions à l'étranger ;
- en usine, installation des techniques de sélection et de micronisation à l'air comprimé.

En 1982, Joël Bodiou, financier et polytechnicien de formation, prend la suite de Pierre Villemur. En dehors des développements techniques cités plus haut, il introduit la formation interne, la sensibilisation à la sécurité, l'actionnariat des salariés. En 1989, ce qui était devenu le groupe Luzenac rejoint Rio Tinto et poursuit son développement international avec le soutien de son nouvel actionnaire : acquisitions en Italie, États-Unis, Canada et Australie notamment. À noter, pour l'histoire, que la Compagnie Internationale de Développement Minier (CIDEM), créée en 1981 par association 50/50 entre le BRGM et Koweit Foreign Trading Contracting & Investment Cy (KFTCIC) créée au début des années 60, prendra une participation de 11,41 % dans les Talcs de Luzenac, participation qui sera revendue ultérieurement à Rio Tinto.

Créé au sein de Rio Tinto en 1992 après la reprise de la division Talc de Cyprus, le Groupe Luzenac produit au total plus de 1,4 Mt de talc par an, soit 25% de la production mondiale, à partir de 11 mines et 20 unités de transformation réparties en Europe, en Amérique du Nord, en Amérique centrale et dans la région Asie-Pacifique. Depuis 2005, une réorganisation interne a conduit à la création de RTM (Rio Tinto Minerals) qui correspond à la branche « Minéraux industriels » de Rio Tinto dans lequel Luzenac est associé à Borax et Dampier Salt.

L'établissement français qui est devenu RTM-Luzenac Operations en 2005 et dont on a célébré le centenaire la même année, emploie 280 salariés permanents et 75 saisonniers. La production est passée de 300 000 t en 1980 à 400 000 en 2005. Le chiffre d'affaires 2006 a atteint 90 millions d'euros dont 50 % à l'exportation. Les réserves sont estimées à 60 ans de production.

## Géologie générale

Le mur du gisement, à l'ouest, est constitué par les formations cristallines du massif de Saint-Barthélémy, composées ici de migmatites, l'enveloppe de gneiss à sillimanite et silicates calciques, et de micaschistes à biotite et muscovite (rapportée au Cambro-Ordovicien) ayant disparu, alors qu'elle est présente à Montferrier (Fig. 2). Au toit, on trouve des séries épimétamorphiques chloritographiteuses à puissantes intercalations de dolomies (lentilles de 5 à 80 m de puissance) et de séricitoschistes (150 m). Cette série, attribuée aussi à l'Ordovicien supérieur, est surmontée par les schistes noirs du Silurien (130 m), puis par une épaisse série de calcaires dévoniens (> 600 m). Le contact entre les séries du mur et celles du toit est marqué par un accident chevauchant majeur à pendage est, jalonné d'occurrences talqueuses, celle de Trimouns étant de très loin la plus importante. Cet accident est considéré comme le facteur essentiel dans la genèse des gisements de talc. Il a agi en compression des formations et permis les circulations hydrothermales et les transformations minéralogiques.

Cinq phases de déformation ont été identifiées



Figure 2. Carte géologique du massif de Saint-Barthélémy (document SATL).

(Fortuné *et al.*, 1980). Les deux premières sont contemporaines de la migmatitisation des micaschistes et de la mise en place des pegmatites et des leucogranites. La 3<sup>ème</sup> annonce le chevauchement de la couverture sur le socle, qui prendra toute son ampleur avec la 4<sup>ème</sup> phase à laquelle est liée la formation du talc et des chlorites associées. La 5<sup>ème</sup> phase est tardihercynienne ou pyrénéenne et provoque un coulisement senestre du toit sur le mur.

Dans la carrière, le gisement est représenté par une couche de 25 à 75 m de puissance avec un pendage vers l'est variant de 40° dans le bloc nord à 70° au sud ; la puissance se réduit à 10-20 m en direction du nord et du sud. On distingue un ensemble à dominante talqueuse (80-97% de talc) côté toit du gisement à l'est, et un ensemble à dominante chloriteuse (70-90% de chlorite et 10-30% de talc) en direction du mur à l'ouest (Fig. 3). Dans le détail, l'imbrication entre ces deux grands faciès est complexe et implique, à l'extraction, un tri visuel des différentes catégories de minéral.

Les géologues de Luzenac et les chercheurs qui ont travaillé sur le site sont tous d'accord pour dire que le talc provient de la transformation des dolomies, les produits talco-chloritiques de celle des écailles de micaschistes et de schistes, tandis que les chlorites dérivent des aplites et des pegmatites injectées au cœur du gisement et dont on retrouve de gros noyaux qui sont extraits et mis au stérile. Autour d'un cœur de pegmatite ou de micaschiste, on observe une auréole centimétrique rougeâtre à phlogopite qui passe graduellement au minéral chloritique. Des corps annexes à la couche principale apparaissent dans le mur du gisement au niveau des plans de cisaillement, ce qui pose des problèmes de stabilité au mur.

Sur le plan minéralogique, en plus du talc et des chlorites, le minéral comprend : calcite, quartz, pyrrhotite et pyrite. Une étude très approfondie des minéraux de terres rares, synthèse de résultats obtenus entre 1974 et 1990, a été présentée dans Le Règne minéral (2002). Les minéraux de terres rares sont localisés dans des géodes centimétriques des dolomies du toit. Globalement, on a

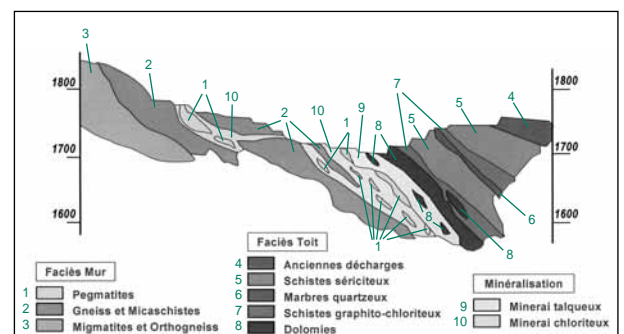


Figure 3. Profil géologique à travers le bloc nord de Trimouns (document SATL).

pu distinguer 5 halogénures, 49 oxydes, 57 carbonates, hydroxyl-carbonates et uranyl-carbonates, 3 borates, 2 sulfates, 1 wolframate, 30 phosphates, 17 arsénates, 2 vanadates, 94 silicates et 3 oxalates et sulfo-oxalates. Pour de Parseval *et al.* 1997, les minéraux de terres rares ont précipité à partir de fluides liés aux phénomènes de chloritisation et de talcification, enrichis en terres rares par dissolution d'une allanite primaire.

La formation du gisement est liée à la coexistence de lentilles de dolomies emballées dans des roches silico-alumineuses et à des discontinuités structurales qui permettent la circulation des fluides. Les résultats obtenus sur inclusions fluides permettent d'envisager des conditions de formation du gisement autour de 320°C et 2,5 kbars. La forte salinité des inclusions (20-30 eq. Wt% NaCl, suggère un lien avec le Trias et par voie de conséquence un âge mésozoïque pour l'altération. Les âges U/Pb sur xénotime et monazite (Schärer *et al.*, 1999) donnent 112 à 97 Ma, ce qui permet de proposer un âge Albién-Aptien pour le gisement, époque de phase alpine liée à l'ouverture de la baie de Biscaye. Cette tranche d'âge est cohérente avec la datation du magmatisme alcalin entre 110 et 91 Ma (Montigny, 1986) et celle du métamorphisme pyrénéen entre 110 et 86 Ma (Golberg, Maluski, 1988).

### Exploitation

Sur la période récente, un **système informatisé** s'appuyant sur le logiciel Logimine ([www.logimine.com](http://www.logimine.com)) a été mis en place qui permet de suivre en temps réel tous les mouvements de camion, qui sont équipés d'un dispositif GPS embarqué permettant de repérer de quel camion il s'agit, le tonnage qu'il transporte, le lieu de destination, les distances parcourues, les périodes de maintenance. Les données correspondantes sont enregistrées automatiquement. Par contre les données concernant les catégories de talc chargées (pelle) et transportées (camions articulés), ainsi que les données de laboratoire doivent être rentrées à la main dans la base. Globalement, le système a montré son efficacité dans le contrôle des volumes transportés ; l'exercice s'avère plus difficile pour les catégories de talc.

La **découverte** est très importante dans la carrière puisque le taux atteint 7/1 et elle se fait généralement par abattage (perforation en diamètre 160). Des dumpers Komatsu de 100 t de charge utile, chargés avec une pelle Liebherr 994 de 15 m<sup>3</sup> de godet, transportent le stérile vers un site de stockage dans la vallée en contrebas de la carrière (Photo 4). Le stockage est organisé en banquettes successives de 15 m de haut et 8 m de plateau (Photo 5). Afin de favoriser au maximum la prise de la végétation, on



Photo 4. Chargement d'un Komatsu de 100 t à la pelle Liebherr 994 (cliché Gérard Sustrac).



Photo 5. La verse à stérile en contrebas de la carrière de talc (cliché Gérard Sustrac).

étaie de la terre sur le plateau et la pente de la verse. Le déficit de terre végétale a conduit la société à faire des essais de plantation sur du schiste broyé. Une aire expérimentale de ce type existe en marge de la carrière.

Dans la **carrière de talc**, on exploite sans abattage par gradins de 5 m, en distinguant sur des critères de couleur **13 qualités** de base, 7 pour les produits talqueux et 6 pour le chloriteux. Ces qualités sont reconnues visuellement et extraites à la pelle hydraulique pour constituer des **petits stocks** de 250 t environ (Photos 6 et 7). À ce contrôle visuel s'ajoute un contrôle sur **échantillons** prélevés sur chacun des stocks. Autrefois, l'échantillon était collecté à la pelle en remontant la pente du tas. Par la suite, une étude a montré que les fines étaient représentatives de la qualité et on s'est alors limité à échantillonner le pourtour du tas. Depuis le début des années 90, on procède par carottage par battage en biais à travers le stock, à raison d'un carottage par lot de 50 t. Dans le laboratoire de la carrière, l'échantillon est ensuite divisé, broyé et analysé pour blancheur et chimie des majeurs (fluo-X). L'analyse minéralogique est faite dans le laboratoire central de l'usine.



Photo 6. Pelles au travail dans la carrière de talc (cliché Gérard Sustrac).



Photo 7. Constitution d'un stock monoqualité de 250 t environ (cliché Gérard Sustrac).

La production est organisée de façon à alimenter le téléphérique et les stocks de produits primaires dans l'usine. Les petits stocks de 250 t environ constitués en carrière, sont repris à la pelle et chargés dans des camions articulés Volvo qui transportent le minerai jusqu'aux stocks du téléphérique (3 couverts et les autres à ciel ouvert). Les minerais sont concassés à 100 mm par un **concasseur** à mâchoires, situé en tête du téléphérique (Photo 8). Le **téléphérique**, de 5 km de long, achemine le minerai à l'usine installée en fond de vallée, à Luzenac. Il est équipé de 120 godets de 1,4 t de capacité, dont 60 sont en descente et 60 en remontée, permettant le transport de 180 t à l'heure. Bénéficiant de l'énergie de la descente des godets, le système produit sa propre électricité et fournit 15 % des besoins électriques de Trimouns.

Comme le gisement est situé à 1 700-1 800 m d'altitude, il n'est pas exploité toute l'année. Autrefois, la période d'exploitation s'étendait de mai à octobre ; aujourd'hui, l'extraction se déroule sur 8 à 10 mois. Quoiqu'il en soit, ce type d'exploitation impose de constituer un **stock important** pour permettre à l'usine de fonctionner toute l'année. La capacité de stockage couvert à l'usine est de 295 000 t.

Un mot pour terminer sur le **suivi de l'environnement** dans l'exploitation. Les eaux issues de la carrière sont décantées. Dans le secteur nord, elles sont traitées avant rejet dans le milieu naturel. Dans la partie sud, elles alimentent un bassin qui sert pour les besoins en eau de la carrière. La **surveillance environnementale** porte sur les **eaux** (une dizaine de points de contrôle effectués mensuellement ou annuellement selon le cas : pH, DCO, t, etc.), les **poussières** (arrosage des pistes chaque fois que nécessaire ; contrôle mensuel des poussières sur jauges) et le suivi topographique au théodolite des vers et bassins. Par ailleurs, le mur du gisement, fragilisé par des injections talco-chloriteuses le long de cisaillements, fait l'objet d'un **suivi géotechnique**. Les glissements sont lents, pas brutaux.

## Traitement en usine

La photo 9 donne une vue générale de l'usine. Environ 250 000 t sur les 400 000 extraites annuellement en carrière passent d'abord dans une installation de **tri optique** qui est destinée à récupérer le talc blanc (blancheur  $Y < 86$ ). Le tri est précédé d'un lavage criblage qui permet de séparer 4 granulométries (0-5, 5-15, 15-25 et 25-100 mm). Après contrôle, la fraction 0-5 rejoint directement le stock de minerai correspondant à l'usine, tandis que les fractions 5-15 et 15-25 passent sur un trieur équipé d'une caméra calibrée sur la distinction noir-blanc avec un niveau de blancheur donné. De petites buses à air comprimé chassent les grains en fonction de leur couleur dans la trémie voulue. La fraction 25-100 passe sur un trieur M26 suivi d'un affinage par tri manuel sur bande. Plusieurs passages dans les installations peuvent être nécessaires, en fonction des résultats recherchés. L'eau du lavage est floculée pour récupérer les fines, puis recyclée dans l'installation.

Les **13 qualités** extraites en carrière, qu'elles passent ou non par le tri optique, sont stockées séparément



Photo 8. Site du concasseur primaire et plate-forme de départ du téléphérique (cliché Gérard Sustrac).



Photo 9. Vue générale de l'usine (cliché Gérard Sustrac).

dans des compartiments couverts. La capacité de stockage est de 295 000 t dont 30 000 t sont simplement concassées et produisent du talc de qualité céramique vendu directement. Les 370 000 t restantes (sur les 400 000 extraites), reprises par convoyeurs, passent d'abord sur un trommel qui permet de faire une coupure à 30 mm. La fraction < 30 mm passe au four sécheur, la fraction > 30 mm au concasseur à marteaux. Au total, il y a 5 lignes comportant convoyage, passage au trommel, séchage des fines et stockage, chaque ligne étant affectée à une gamme de produits, ceci afin d'éviter la pollution des minerais blancs. Les fours sécheurs sont à double enveloppe : le gaz passe par un tube central ; autour duquel le talc est séché. Le minerai contient en moyenne 5% d'eau.

Les deux fractions, grossière et fine, sont ensuite remélangées et stockées dans les 17 **silos de talc sec**, chacun dédié à un produit de talc blanc, « gris » ou « industriel ». L'alimentation des lignes est organisée de façon à ce que les silos de talc sec soient toujours pleins. Dans toute la suite des traitements, le transport du talc se fait de façon pneumatique, avec des systèmes de stockage et de reprise à chaque étape.

Les talcs passent ensuite en **broyeur pendulaire** (17 au total) dont sont issus deux produits : un produit à 40 microns (190 000 t/an), utilisable pour tous les marchés et un produit intermédiaire à 25 microns qui passe ensuite, soit dans un **microniseur** (autobroyage fin) qui donne des produits à 10 ou 20 microns (60 000 t/an), soit dans un **sélecteur** (tri des particules par courant d'air) que l'on peut régler pour obtenir des finesses comparables à celles obtenues par micronisation. Le produit micronisé est ensuite soit vendu comme tel, soit en granulés (talc + eau + additif) de 5 mm utilisés dans l'industrie du papier ou du plastique. Le produit de la sélection est utilisé dans les peintures. Les produits finaux et intermédiaires font l'objet de contrôles en **laboratoire**, essentiellement pour blancheur et granulométrie. Cela fait partie du cahier des

charges de la carrière de s'assurer de la qualité des 13 catégories entrant en usine.

Les produits finis sont stockés dans des silos d'où ils sont distribués soit en vrac à partir de 11 postes de chargement de citernes (camions citernes de 25 t ou wagons citernes de 50 t), soit conditionnés dans des sacs en général de 25 kg mis sur palette (2 lignes d'ensachage), partiellement en *big bags* de 0,4 à 1,2 t (Photo 10). La distribution en vrac porte sur 60% de la production ; le conditionnement, 30%, le solde étant constitué par le talc brut à finalité céramique qui ne passe pas en usine (10%). Le transport par camion domine très largement ; la voie ferrée n'intervient plus que pour 10% du tonnage expédié.

Au fil des années, le traitement en usine a été constamment amélioré même si le système de broyage pendulaire a existé depuis les débuts : introduction de la sélection dans les années 70, du tri optique dans les années 80, puis mise en route de la micronisation et de la granulation dans les années 90. L'ensemble de l'usine aujourd'hui fonctionne avec seulement 3-4 personnes par poste.

### Utilisations du talc

L'offre comporte environ 200 produits commerciaux conditionnés issus d'une soixantaine de poudres destinées à une grande variété d'usages : plastique, papier, peinture, cosmétiques et pharmacie, céramique, alimentation et agriculture. Le prix moyen des produits est de l'ordre de 150 euros la tonne, mais ce chiffre peut monter à 500 euros et plus la tonne pour les produits de haut de gamme.

Dans le **plastique**, le talc offre une meilleure rigidité et résistance aux chocs, ainsi qu'une meilleure stabilité thermique à long terme. En outre, les matières plastiques contenant du talc sont plus légères et plus faciles à recycler. Dans le **papier**, le talc donne une meilleure impression ; il limite les cassures et facilite le recyclage (élimination des



Photo 10. Le hall de conditionnement (cliché Gérard Sustrac).

matières nocives, absorption des matières collantes, réduction de l'utilisation de produits chimiques). En **peinture**, le talc améliore l'adhérence, renforce le pouvoir couvrant et facilite l'application. Il offre une meilleure résistance à l'eau, aux craquelures et à la corrosion et augmente la durée de vie des peintures.

Grâce à sa douceur et son glissant, le talc est facile d'application dans les **cosmétiques** et la **pharmacie**. Il permet en outre de diminuer la quantité de produits chimiques présents dans les cosmétiques. En **céramique**, il offre une meilleure résistance aux chocs thermiques et il réduit la durée et la température de cuisson. En **agriculture**, le talc facilite l'écoulement des produits stockés en silo dans les usines d'aliment pour bétail et d'engrais, il diminue la présence de poussières dans les engrais et réduit le taux d'hydrocarbure utilisé comme liant dans la fabrication des granulés d'engrais.

Dans le domaine de l'**alimentation**, le talc est utilisé comme anticollant en confiserie, polissage du riz, protection des fruits contre les excès du soleil, production de l'huile d'olive (limpidité notamment). Dans le secteur du **caoutchouc**, le talc diminue la viscosité des mélanges caoutchouc (pièces moulées), augmente la résistance aux UV des pièces extérieures automobiles et sert comme isolant (câbles électriques) et anti-collant (pneus).

## Pour en savoir plus

### Coordonnées

- Rio Tinto Minerals - Toulouse : 2 place Édouard Bouillères, 31000 Toulouse. Tél. : 05 61 50 20 20.
- Rio Tinto Minerals - Luzenac Operations : Route Nationale, BP 11, 09250 Luzenac, Ariège. Tél. : 05 61 02 04 06.

### Sites internet

- [www.riotintominerals.com](http://www.riotintominerals.com)
- [www.luzenac.com](http://www.luzenac.com)

### Ouvrage du centenaire

- Calmein M., Jones L., Pons R., Robert J.-F., Vinandy G., 2005 : L'épopée du talc de Luzenac. Talc de Luzenac, 175 p.

### Bibliographie géologique

- Boiron M. C., Boulvais P., Cathelineau M., *et al.*, 2005 : Fluid circulation at the origin of the Trimouns talc deposit (Pyrenees, France). *In*: ECROFI XVIII meeting, Siena, 6-9 July, 1 p.
- Coll., 2002 : Les minéraux de terres rares de Trimouns, Luzenac (Ariège). *Le Règne Minéral*, hors série VIII, 76 p.
- Fortuné J.-P., 1971 : Contribution à l'étude minéralogique et génétique des talcs pyrénéens. Thèse Univ. Toulouse, 277 p. + bibliographie.

- Fortuné J.-P., 1972 : Genèse des talcs pyrénéens. 24th Int. Geol. Congr. Montréal, Sect. 4, 498-508.
- Fortuné J.-P., Gavaille B., Thiébaud J., avec la participation de P. Moreau et G. Procureur, 1980 : Le gisement de talc de Trimouns près Luzenac (Ariège). 26<sup>ème</sup> CGI. Gisement français. Fasc. E10, 43 p.
- Francois J., 1841 : Aperçu géologique de l'Ariège. *Les Annales agricoles, littéraires et industrielles de l'Ariège*.
- Golberg J.-M., Maluski H., 1988 : Données nouvelles et mise au point sur l'âge du métamorphisme pyrénéen. *C. R. Acad. Sci.*, II, 306, 429-435.
- Höffler P., Vinandy G., 2000 : Talc de Luzenac: Trimouns, un engagement environnemental. *Chron. Rech. Min.*, 541, 47-55.
- Martin F, Micoud, P., Delmotte L., Marichal C., Le Dred R., Parseval (de) P., Mari A., Fortuné J.-P., Salvi S., Béziat D., Grauby O., Ferret J., 1999 : The structural formula of talc from the Trimouns deposit, Pyrénées, France. *The Canadian Mineralogist*, 37, 997-1006.
- Moine B., Gavaille B., Thiébaud J., 1982 : Géochimie des transformations métasomatiques à l'origine du gisement de talc et chlorite de Trimouns (Luzenac, Ariège, France), mobilité des éléments et zonalités. *Bull. Minéralogie*, 105, 62-75.
- Moine B., Fortuné J.-P., Moreau P., Viguier F., 1989 : Comparative mineralogy, geochemistry and conditions of formation of two metasomatic talc and chlorite deposits : Trimouns (Pyrénées, France) and Rabenwald (Eastern Alps, Austria). *Econ. Geol.*, 84, 1398-1416.
- Montigny R., Azambre B., Rossy M., Thuizat R., 1986 : K-Ar study of Cretaceous magmatism and metamorphism in the Pyrenees: age and length of rotation of the Iberian peninsula. *Tectonophysics*, 129, 257-273.
- Parseval (de) P., Moine B., Fortuné J.-P., Ferret J., 1993 : Fluid-mineral interactions at the origin of the Trimouns talc and chlorite deposit (Pyrenees, France). *In*: Fenoll Hach-Ali, Torres Ruir and Gervilla eds.: *Current research in geology applied to ore deposits*, 205-208.
- Parseval (de) P., 1992 : Minéralogie et géochimie du gisement de talc et chlorite de Trimouns (Pyrénées, France). Thèse Univ. P. Sabatier, Toulouse, 227 p.
- Parseval (de) P., Fontan F., Aigouy T., 1997 : Composition chimique des minéraux de terres rares de Trimouns (Ariège, France). *C. R. Acad. Sci.* 234, IIa, 625-630.
- Parseval (de) P., Martin F., Höfler P., 2001 : Le gisement de talc de Trimouns. *Bull. Liaison SFMC*, V. 13, 133-137.
- Parseval (de) P., Fontan F., Martin F., Ferret J., 2004 : Geology and ore genesis of the Trimouns talc-chlorite ore deposit, Pyrénées, France. *Acta Petrologica Sinica*, 20 (4), 877-886.
- Saint-Blanquat (de) M., Lardeaux J.-M., Brunel M., 1990 : Petrological arguments for high-temperature extensional deformation in the Pyrenean Variscan crust (St Barthélémy massif, Ariège, France). *Tectonophysics*, 177, 245-262.
- Schärer I, Parseval (de) P., Polvé M., Saint Blanquat (de) M., 1999 : Formation of the Trimouns talc-chlorite deposit (Pyrénées) from persistent hydrothermal activity between 112 and 97 Ma. *Terra Nova*, 11 (1), 30-37.