



# **LES MINÉRAUX INDUSTRIELS EN FRANCE**



# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
 CHAPITRE 1 : <b>QU'EST-CE QUE LES MINÉRAUX INDUSTRIELS ?</b>	 <b>4</b>
1. ROCHES ET MINÉRAUX	5
2. CLASSIFICATION GÉOLOGIQUE	6
3. CLASSIFICATION CHIMIQUE	8
4. LA VARIÉTÉ DES MINÉRAUX ET GISEMENTS FRANÇAIS	10
 CHAPITRE 2 : <b>LES MULTIPLES USAGES DES MINÉRAUX INDUSTRIELS</b>	 <b>15</b>
1. UNE RESSOURCE INDISPENSABLE	16
2. LES 3 TYPES D'UTILISATIONS DES MINÉRAUX INDUSTRIELS	20
 CHAPITRE 3 : <b>L'EXTRACTION ET LA TRANSFORMATION DES MINÉRAUX INDUSTRIELS : CARRIÈRES ET USINES</b>	 <b>27</b>
1. L'EXTRACTION EN CARRIÈRE	30
2. LES PROCÉDÉS MINÉRALURGIQUES OU LA PREMIÈRE TRANSFORMATION	35
3. CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT	47
4. UN IMPACT MAÎTRISÉ	48
 CHAPITRE 4 : <b>CARRIÈRES ET ENVIRONNEMENT</b>	 <b>51</b>
1. LE CADRE LÉGAL... ET AU-DELÀ	52
2. CARRIÈRES ET BIODIVERSITÉ	56
3. RÉAMÉNAGEMENTS ET AMÉNAGEMENTS DU TERRITOIRE	61
 CHAPITRE 5 : <b>UN DÉFI SOCIO-ÉCONOMIQUE</b>	 <b>67</b>
1. MÉTIERS ET FORMATIONS	68
2. L'APPROVISIONNEMENT DE NOS INDUSTRIES : ENJEUX DE COMPÉTITIVITÉ ET INDÉPENDANCE NATIONALE	74
 <b>SOURCES &amp; REMERCIEMENTS</b>	 <b>78</b>







# INTRODUCTION

Depuis les premières pierres sommairement façonnées jusqu'aux tablettes digitales, l'être humain a depuis toujours su utiliser les ressources minérales pour concevoir des outils qui matérialisent sa culture. Comme le dit le paléanthropologue Pascal Picq, nos cousins avaient « *une grande connaissance des propriétés physiques de la matière, une capacité à opter pour des modes de débitage idoines en fonction du résultat escompté.* » D'ailleurs les historiens évoquent l'âge de pierre, l'âge du cuivre, l'âge de bronze, l'âge de fer...

D'hier à aujourd'hui, ce principe reste le même. Pourtant, dans l'imaginaire collectif, les matériaux tirés de carrières sont considérés comme des produits sans valeur ajoutée, extraits et élaborés de manière rudimentaire et surtout source d'inconvénients (poussières, bruit, modification du paysage...).

Bien loin de cette image largement répandue, les minéraux industriels sont en fait des produits essentiels, intelligents et bénéfiques, qui constituent des ressources aussi précieuses que méconnues. Leurs propriétés très spécifiques sont indispensables à la fabrication d'un nombre infini de produits artisanaux ou industriels, depuis les objets usuels de notre quotidien jusqu'aux technologies de pointe qui dessinent les usages de demain. Verre sous toutes ses formes (bouteilles pour vins et spiritueux, flaconnage de parfumerie et de pharmacie, arts de la table et verres spéciaux comme la vitrocéramique, etc), produits céramiques (carrelage, lavabos, assiettes, briques...), énergies renouvelables, papiers et cartons, santé, agriculture, automobile, aéronautique, aérospatial, cosmétique... Tous les secteurs utilisent les minéraux.

Leur empreinte sur le territoire est inversement proportionnelle à cette multiplicité d'usages : de la même façon que l'agriculture totalise 2% d'emplois mais nourrit 98% de la population, les carrières de minéraux industriels ne représentent que 0,007%

du territoire mais permettent de faire vivre, communiquer, soigner, transporter, éduquer, divertir les êtres humains sur l'ensemble du globe.

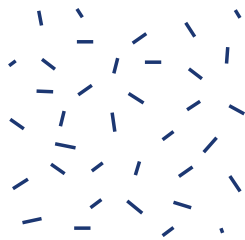
La France a la chance de bénéficier d'un patrimoine géologique remarquable, dont l'exploitation a contribué de manière décisive à son développement industriel et économique dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Elle a ainsi développé un savoir faire précieux, pour lequel elle continue à rayonner dans le monde entier. Aujourd'hui encore, les secteurs de l'industrie extractive et première transformation mobilisent d'importants efforts de recherche et une très grande diversité de métiers, dont l'expertise doit être préservée.

Cette brochure est une introduction pédagogique et non exhaustive à cette industrie lithique moderne. C'est une invitation à explorer cet univers minéral de l'infiniment petit dont le monde dépend et à découvrir l'habileté de l'homme à conjuguer fabrication de minéraux naturels et maîtrise des impacts sur l'environnement et l'humain, tout en ouvrant un nouveau champ des possibles en terme d'écologie, en faisant des carrières une opportunité pour la biodiversité.

Comprendre les minéraux industriels est d'autant plus essentiel aujourd'hui que l'accès aux gisements représente un enjeu stratégique pour l'avenir des territoires et le bien-être des générations futures.

# QU'EST-CE QUE LES MINÉRAUX INDUSTRIELS ?

Les minéraux industriels sont des matières premières naturelles non métalliques et non énergétiques, formées dans des environnements géologiques particuliers et extraites de l'écorce terrestre pour leurs propriétés physiques et chimiques.



Présents dans des environnements géologiques très variés sous forme de roches plus ou moins consolidées, dures ou friables, imperméables ou poreuses, les minéraux industriels se distinguent par une grande diversité liée à leur nature pétrographique et à leur composition chimique. Ainsi, argile malléable, sable fluviatile ou mica feuilleté n'ont en apparence aucun point commun... mais appartiennent pourtant à la même famille.



Quartz



Feldspath

## 1. ROCHES ET MINÉRAUX

Un minéral est un solide naturel de composition chimique définie et à structure cristallisée, c'est-à-dire dans laquelle les atomes le constituant sont parfaitement « rangés ». Le diamant et le graphite sont deux minéraux, de même composition (du carbone pur) mais de structures différentes. Le quartz est un minéral formé de silicium et d'oxygène.

Une roche est une association naturelle de plusieurs minéraux. Un granite, par exemple, est une roche composée de 3 minéraux : quartz, feldspath et mica. Certaines roches peuvent être composées à plus de 95 % par un seul minéral, comme le marbre, composé presque exclusivement de calcite.



Mica





## 2. CLASSIFICATION GÉOLOGIQUE

Les roches et/ou minéraux représentent l'aboutissement de processus géologiques longs et complexes qui, dans la nature, façonnent et structurent en permanence les matériaux de l'écorce terrestre : ouverture et fermeture des océans, naissance des montagnes, érosion...

Trois grands processus sont majoritairement à l'oeuvre dans la croûte terrestre : le magmatisme, la sédimentation et le métamorphisme. Ils créent les trois grandes catégories de roches de la croûte et conduisent à la formation de gisements de roches et minéraux industriels.







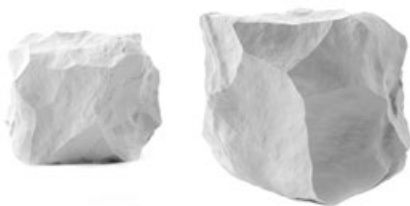
Pegmatite



Granite



Calcaire



Marbre

## Roches magmatiques

Elles sont le résultat du refroidissement d'un magma (un liquide silicaté de haute température) qui peut s'effectuer en surface à la suite d'une éruption, et on parle dans ce cas de roches volcaniques ; ou bien refroidir et cristalliser lentement à plus ou moins grande profondeur : il s'agit alors de roches plutoniques.

Exemples : perlite (roche volcanique), pegmatite et granite (roches plutoniques)

## Roches sédimentaires

Elles se forment à la surface de la Terre ou au fond des océans, par dépôt de sédiments nés de l'érosion d'autres roches, transportés par les courants ou les vents et/ou transformés par l'action des organismes vivants.

Exemples : sables, calcaires...

## Roches métamorphiques

Anciennes roches magmatiques ou sédimentaires, elles ont été transformées en profondeur par augmentation de pression ou de température, généralement lors de la formation de chaînes de montagnes.

Exemples : marbre, schistes...

### 3. CLASSIFICATION CHIMIQUE

La classification de tous les minéraux, industriels ou pas, repose sur leur composition chimique.

On distingue 9 familles - ou classes - minéralogiques, parmi lesquelles les silicates et les carbonates. Mais l'industrie crée aussi des composés qui ont des caractéristiques proches des minéraux, comme les aluminates.

#### Les silicates

Les silicates sont les minéraux les plus répandus compte tenu de l'abondance du silicium et de l'oxygène : ils représentent à eux seuls plus de 90% des minéraux de la croûte terrestre avec près de 900 espèces inventoriées.

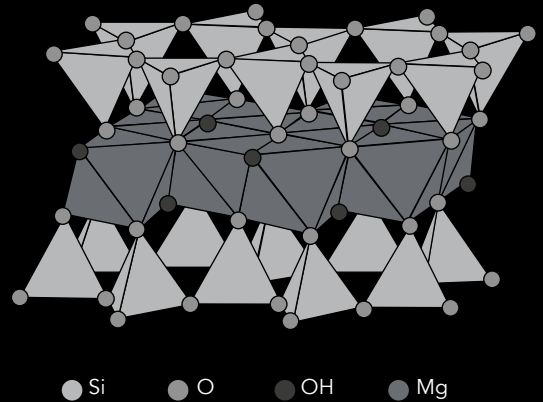
Ils ont pour motif de base de leur structure le tétraèdre  $\text{SiO}_4$ , dont le nombre et le mode d'agencement dans l'espace, la structure cristalline, constituent le second critère de leur classification.

Leur composition chimique peut être simple comme celle du quartz ( $\text{SiO}_2$ ) mais devenir complexe par le jeu des substitutions d'atomes comme le remplacement d'une partie du silicium par de l'aluminium et l'ajout de différents cations.

Dans cette classe, on trouve la silice sous toutes ses formes, les différentes familles de feldspaths, le talc, les micas, les argiles....

Lorsque les proportions d'aluminium dans la composition chimique augmentent, on les désigne sous le vocable de silicates d'alumine, comme c'est le cas pour l'andalousite.

#### LA STRUCTURE MOLÉCULAIRE DU TALC







Calcaire



Chamotte



Craie



Calcaire



Marbre

## Les carbonates

Les carbonates se distinguent chimiquement par la présence du groupement anionique  $\text{CO}_3$ . Avec près de 110 espèces reconnues, dont la calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) et la dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) très répandues, ils sont les constituants fondamentaux de roches sédimentaires (calcaires, dolomies, craie...) mais aussi de certaines roches métamorphiques (marbre, cipolins...).

Leur abondance, associée dans certains cas à une grande pureté chimique, en font d'excellentes matières premières pour la fabrication de charges minérales blanches.

## Les aluminates

Les aluminates ne désignent pas à proprement parler une classe minéralogique, car ils n'ont pas une origine naturelle. C'est un vocable d'origine industrielle qui correspond à un ensemble de substances naturelles ou façonnées dont les propriétés d'application sont essentiellement corrélées à leur teneur en alumine ou en aluminosilicates. On trouve dans cette catégorie les substances réfractaires dont la résistance à la chaleur croît avec la teneur en alumine comme les chamottes, les aluminés calcinés, les ciments aluminocalciques...

Les minéraux industriels sont identifiés sur la base de leurs principaux constituants minéralogiques et ces derniers sont classés à partir de leur composition chimique. L'homme d'aujourd'hui, « homo faber », à partir de l'analyse des relations existantes entre la composition chimique d'un solide, l'arrangement géométrique et les forces de liaison entre les atomes constituant le réseau, sait identifier les propriétés physiques et chimiques du minéral en fonction de sa structure et en trouver les applications.



### 1 formule, 3 minéraux

La craie, le calcaire et le marbre présentent des similitudes sur le plan minéralogique avec, pour les trois, une nette prédominance de la calcite ( $\text{CaCO}_3$ ). Ces roches sont des sources potentielles de production de carbonates de calcium. Pourtant, craie et calcaire sont des roches sédimentaires qui se présentent sous forme de matériaux friables disposés en couches régulières près de la surface, alors que le marbre est une roche métamorphique : la température très élevée à laquelle il a été soumis a changé ses propriétés, lui donnant sa dureté et sa densité mais aussi dans certains cas une blancheur exceptionnelle.



# 100 Ma

Ancienneté du gisement de Trimouns : 100 millions d'années

## 4. LA VARIÉTÉ DES MINÉRAUX ET GISEMENTS FRANÇAIS

### Un patrimoine minéral exceptionnel

Formée de massifs anciens, de bassins sédimentaires et de montagnes jeunes, la France possède un patrimoine minéral exceptionnel par sa diversité. Elle abrite en outre des gisements de premier plan à l'échelle mondiale, comme la carrière de talc de Trimouns dans les Pyrénées qui produit plusieurs centaines de milliers de tonnes de talc par an.

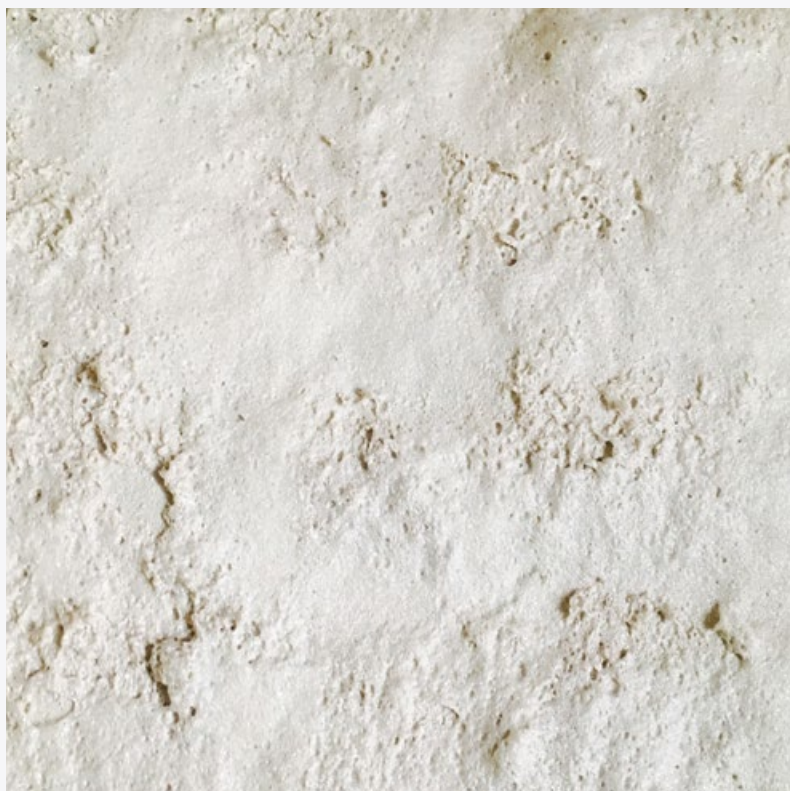


### La formation du gisement de talc de Trimouns

Le gisement de Trimouns (ou Luzenac) s'est formé il y a environ 100 millions d'années, au début de la surrection des Pyrénées, dans une faille apparue entre deux masses rocheuses, l'une composée de micaschiste, l'autre de dolomies. Broyée par ces deux masses, la roche a subi des infiltrations d'eau chargée en magnésium, qui a transformé les dolomies en silicate de magnésium : le talc !



## 2 kaolins sur un même gisement

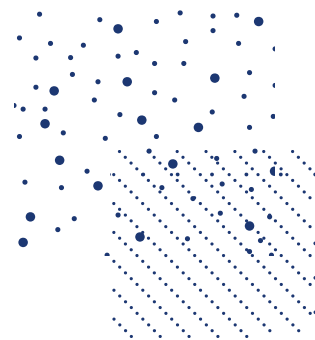


Un même gisement peut abriter des minéraux partageant la même formule chimique, mais offrant des propriétés différentes, du fait d'une histoire géologique spécifique et très localisée.

Le site d'Echassières (Allier) abrite ainsi sur une superficie de 7km<sup>2</sup> un grand gisement de granite à 2 micas (blanc et noir), le granite des Colettes.

Au sud du gisement, une petite coupole abrite cependant un autre granite, très particulier : le granite de Beauvoir, riche en feldspath et mica blanc, très pur et d'une blancheur exceptionnelle, comportant du lithium et moins de 0,2% de fer, qui pourra donner un gisement de lithium de taille mondiale. C'est le seul kaolin de qualité porcelainière produit en France.

Ce sont les phénomènes de différenciation géologique qui ont donné ces 2 types de granite dans un même gisement.



### AVIS D'EXPERT

Pierrick Graviou,  
Géologue au BRGM

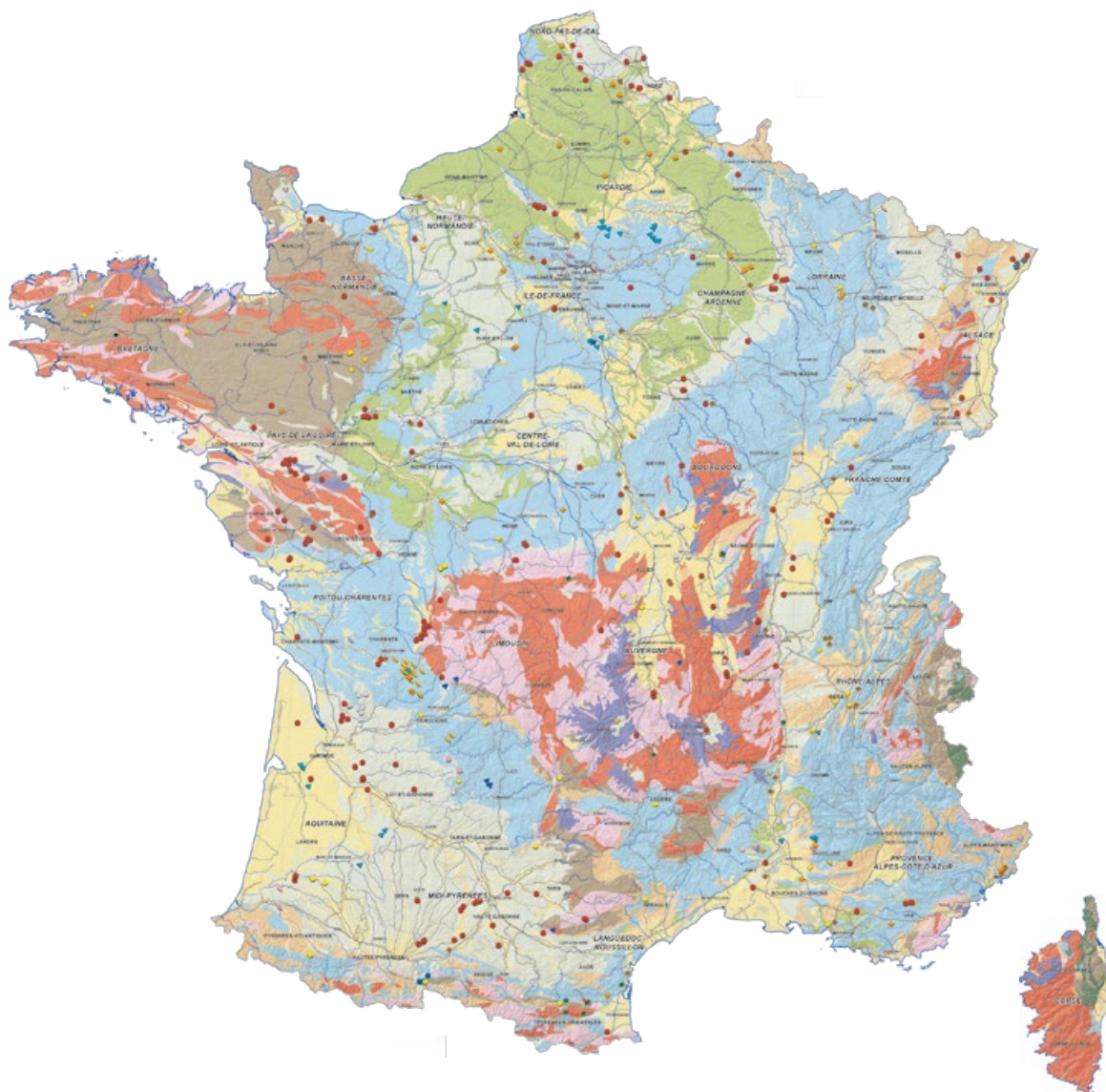
### • La France, un petit pays à l'histoire géologique incroyable •

La France est un petit pays mais son histoire géologique, à la fois longue et mouvementée, est incroyable. Les roches les plus anciennes ont 2 milliards d'années, ce qui représente près de la moitié de l'âge de la Terre. Sur cette période, la France a vu l'émergence de plusieurs chaînes de montagnes. Elle a subi de ce fait différents épisodes de collisions, de déformation, d'érosion, et de sédimentation. Ces phénomènes géologiques ont produit un panel de roches magmatiques, métamorphiques ou sédimentaires absolument remarquable. Les paysages français traduisent d'ailleurs cette diversité à travers une mosaïque de reliefs, de cultures, de végétations, mais aussi d'architecture traditionnelle. Des paysages dont la variété explique en partie la valeur touristique de la France.



## 1. QU'EST-CE QUE LES MINÉRAUX INDUSTRIELS ?

### Implantation des principaux gisements



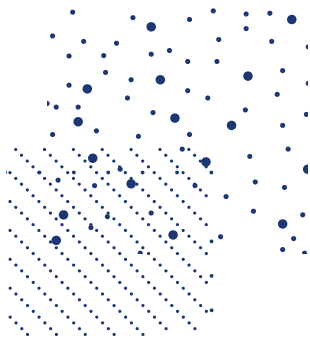
#### Substances minérales exploitées

Argiles	Carbonates
● Argiles communes - 195*	◆ Calcaires pour chaux - 27
● Argiles Kaoliniques - 43	◆ Calcaires pour ciments - 36
● Argiles montmorillonitiques - 1	◆ Calcaires pour industrie / agroalimentaire - 24
● Argiles bentonitiques - 5	◆ Craie pour ciments - 4
	◆ Craie pour industrie / agroalimentaire - 12
	◆ Marbres - 4
	◆ Dolomites pour industrie / agroalimentaire - 14
Silices	
▲ Sables extra-siliceux - 37	
▲ Quartz (galets et filons) - 9	
▲ Quartzites - 8	
▲ Sillex - 3	

\* Les chiffres indiquent le nombre de carrières actives.

#### Géologie simplifiée

Minéraux spécifiques	Roches sédimentaires	Roches magmatiques
★ Andalousite - 1	■ Sables	■ Basaltes et rhyolites
★ Diatomite - 4	■ Grès	■ Granites
★ Feldspaths - 11	■ Calcaires, marnes et gypse	
★ Gypse et anhydrite - 19	■ Craie	
★ Kaolin - 9	■ Argiles	
★ Talc - 1		
★ Mica - 2		
★ Ogres et Pigments - 27		
	<b>Roches métamorphiques</b>	
	■ Schistes et grès	
	■ Micaschistes	
	■ Ophiolites	
	■ Gneiss	



#### AVIS D'EXPERT

Jean-Michel Négroni,  
Géologue du groupe Imerys

• **Les nouvelles techniques vont prolonger la longévité des gisements** •

En ce qui concerne les ressources en minéraux, l'évolution des techniques et des usages permettra une bien plus grande longévité des gisements, parce que l'on sait maintenant optimiser l'utilisation des matières extraites, pour ne consommer que les volumes strictement requis, sans gaspillage. Comme pour le pétrole, dont la France consommait 120 millions de tonnes/an dans les années 70 et prévoyait alors une consommation de plus de 200 millions de tonnes à l'horizon 2020, alors que notre consommation annuelle est actuellement de 85 millions de tonnes sous l'effet conjugué des progrès technologique et des changements du «mix» énergétique.

## Présentation des principaux minéraux industriels en France

Les principaux minéraux, leurs propriétés, usages, localisation et chiffres clés sont présentés dans le cahier inséré dans cette brochure.

### Andalousite

### Les Carbonates de calcium

### Diatomite

### Les Feldspaths

### Kaolin, Argiles kaoliniques

### Les Micas

### Les Silices

### Talc







# LES DIFFÉRENTS USAGES DES MINÉRAUX INDUSTRIELS

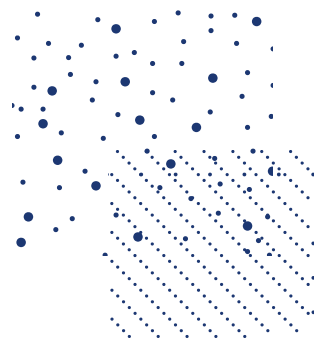
De la nature minérale émergent des paysages spectaculaires et la vie : la croûte terrestre comme les êtres vivants sont constitués d'éléments chimiques. De la même façon que la plante extrait des sels minéraux, l'homme se sert du « caillou » et de ses multiples propriétés physiques et chimiques pour produire nourriture, outils, habitat, etc. Ces possibilités offertes par les substances minérales rythment depuis toujours l'évolution de l'homme et conditionnent les enjeux socio-économiques de nos sociétés.

# 1. UNE RESSOURCE INDISPENSABLE

## Les 1001 vies des minéraux industriels

Les minéraux industriels sont discrets et pourtant partout présents dans notre quotidien, à travers des usages aussi nombreux que sophistiqués. Du médicament au téléphone portable, de la peinture industrielle à l'énergie renouvelable, de la papeterie à l'aéronautique en passant par la construction et les cosmétiques, leurs applications sont innombrables et essentielles depuis toujours. Elles ne cessent par ailleurs d'évoluer, les industriels investissant massivement en recherche et développement pour répondre aux nouveaux usages.





## Des propriétés irremplaçables

Les minéraux sont des matériaux de grande qualité, remarquables pour leurs propriétés physiques et chimiques naturelles, difficilement substituables. Leur rôle peut être structural et/ou chimique, et ils apportent aux produits finis blancheur, lissage, imperméabilité, pouvoir lubrifiant, abrasivité, échanges ioniques, résistance aux agressions chimiques, etc.

En règle générale, la sophistication croissante des produits vendus par l'industrie et le développement des exigences de qualité se traduisent, pour les fournisseurs de matières premières, par la nécessité de produire des matériaux de plus en plus élaborés. Par exemple, les matériaux utilisés dans la fabrication du verre nécessitent une grande pureté et surtout une régularité parfaite de la composition chimique et de la granulométrie. Dans les céramiques, la régularité de composition est également indispensable.

La multiplicité des techniques mises en jeu pour répondre aux cahiers des charges très stricts des clients est importante : tout est passé au crible ! Avant l'extraction, une connaissance fine du gisement est indispensable pour bien connaître les propriétés spécifiques des matériaux extraits, ce qui requiert de nombreux sondages de reconnaissances à maille de plus en plus serrée, des analyses et des tests industriels très nombreux. Pendant l'exploitation, un échantillonnage et un contrôle qualité sont effectués à toutes les étapes, dans la carrière et dans l'usine.

Producteur et transformateur en usine forment donc un véritable binôme pour une exploitation et une valorisation optimales des gisements permettant de répondre très précisément aux demandes des industriels.





## 2. LES DIFFÉRENTS USAGES

### Un enjeu socio-économique crucial

De très nombreux secteurs économiques sont dépendants des minéraux industriels pour la fabrication de produits de qualité : sans silice, pas de verre, ni d'écran tactile, sans argiles, pas d'assiettes, sans andalousite, pas de sidérurgie ni de verrerie, etc.

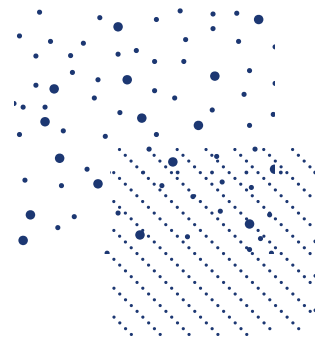
Ce rôle essentiel des minéraux industriels fait de leur exploitation un enjeu stratégique d'indépendance : il s'agit de préserver la souveraineté minérale ou l'auto-suffisance de la France en ressources minérales, en permettant l'accès à ces gisements d'intérêt national pour approvisionner les filières utilisatrices.

L'enjeu n'est d'ailleurs pas seulement économique, il est aussi social et environnemental : alors que la France n'a cessé de progresser dans ces deux dimensions, un approvisionnement massif à l'étranger se ferait sans garantie des conditions sociales et environnementales selon lesquelles les matériaux auraient été extraits et transformés. L'autre risque serait, à terme, la délocalisation des secteurs aval, la perte des emplois et de la maîtrise de la qualité et des savoir-faire.

#### 1. Briques réfractaires.







#### AVIS D'EXPERT

Sébastien Colin,  
Géologue au BRGM

#### • L'exploitation d'une carrière répond à des besoins •

La diversité géologique de la France est immense, ce qui constitue une vraie chance, car l'exploitation d'une carrière répond à des besoins pour lesquels la France est quasiment auto-suffisante du point de vue des géomatériaux. Par ailleurs, les développements technologiques permettent maintenant de rationaliser l'exploitation des minéraux en utilisant l'ensemble des ressources extraites. Enfin, extraire en France permet de bénéficier de ressources indispensables, dans de bonnes conditions sociales et environnementales, avec un impact très bien géré sur l'environnement, ce qui ne serait pas le cas si l'on devait s'approvisionner dans d'autres pays où la réglementation est moins structurée.

## 2. LES 3 TYPES D'UTILISATIONS DES MINÉRAUX INDUSTRIELS

### I. Les minéraux comme matières premières

Certaines industries sont dépendantes à 100% des minéraux industriels : ceux-ci constituent dans ce cas la matière première qui permet de fabriquer les produits finis. Ainsi, une assiette est composée de pas moins de 3 minéraux : kaolin, feldspath et quartz.



Kaolin



Feldspath



Quartz





## FOCUS

### La silice pour le verre, une industrie...



Fig. 185. — Fabrication du verre.



#### ancienne :

Les premières fabrications de verre datent de plus de 3 000 ans avant notre ère, en Mésopotamie et en Egypte.



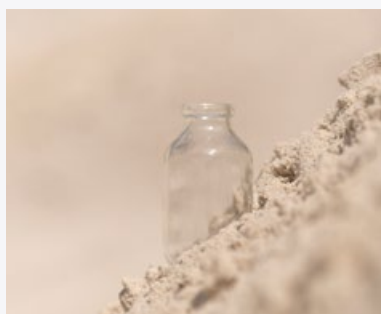
#### dépendante :

L'industrie verrière est dépendante à 100% du sable, ou silice, qui compose le verre à 70% : il est chauffé à des températures supérieures à 1 000°C, puis des fondants favorisent le passage de la silice à l'état vitreux. Enfin, des stabilisants empêchent sa détérioration dans le temps.



#### écologique :

le recyclage du verre a été mis en place dès 1974 en France, et généralisé dans les années 90. Aujourd'hui 100% du verre collecté est recyclé et l'ensemble de l'industrie du verre utilise 50% de verre recyclé.



#### diversifiée :

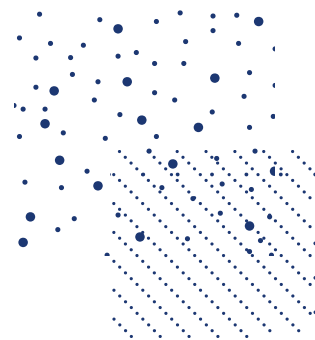
Des minéraux différents seront utilisés selon le verre recherché, car la composition chimique détermine le type de verre et change sa couleur. Une large gamme de produits approvisionne de nombreux secteurs en France et à l'étranger :

- le verre creux pour l'emballage : pots, bouteilles, parfums...
- le verre plat pour les vitres dans les secteurs de l'habitat et de l'automobile
- le verre décoratif pour les arts de la table, la cristallerie, les bijoux
- les fibres de verre pour l'isolation
- les verres à haute technicité pour les industries pharmaceutiques (ampoules, tubes...), automobile (phares, lentilles...), pétrolières (appareils de tests et de mesure).



#### innovante :

L'industrie verrière se caractérise par une haute technicité et un investissement important en recherche et développement, à la fois pour l'amélioration de ses process de fabrication et pour la réalisation de verres spéciaux.



#### AVIS D'EXPERT

Xavier Capilla  
Responsable environnement  
à l'Institut du verre

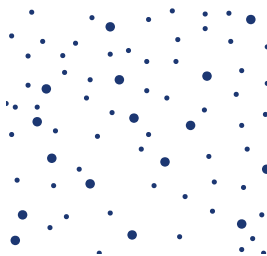
#### \* La matière première : un véritable enjeu \*

L'industrie du verre est très innovante, travaillant constamment la composition verrière pour trouver de nouvelles propriétés répondant aux derniers usages : vitres auto-nettoyantes pour les façades, pare-brise favorisant l'écoulement de l'eau, vitres anti-rayonnement pour les cabinets de radiologie, écrans tactiles des outils numériques, flaconnage des parfums ... Par ailleurs, nous avons la chance en France de ne pas souffrir de pénurie de matière première de grande qualité, mais c'est désormais un véritable enjeu pour des pays d'autres régions du monde.

### II. Les minéraux comme additifs

Les minéraux dits « de performance » sont ajoutés à une matière première pour lui apporter leurs propriétés fonctionnelles ou mécaniques. Ils contribuent ainsi à la qualité du produit fini, en apportant de la blancheur à la peinture, de la brillance ou de la matité au papier ou aux profilés de fenêtre en PVC, des couleurs ou de la transparence au verre, de l'insonorisation aux revêtements de sols, du calcium à la nourriture animale, de la brillance et de l'abrasivité aux dentifrices....

Les industriels utilisant les minéraux développent donc une véritable science des additifs, afin de créer de nouveaux produits répondant à l'évolution des usages, grâce à la maîtrise des propriétés des minéraux et des techniques de fabrication du produit.



## FOCUS

### Les carbonates pour les polymères

Les polymères – ou plastiques – utilisent des carbonates de calcium tirés de la craie, du calcaire et du marbre, qui apportent des qualités essentielles pour les usages recherchés.

On distingue 4 familles de carbonates de calcium utilisés dans les polymères :

**1. Les carbonates d'une granulométrie élevée** (supérieure à 15 microns) sont utilisés dans des charges de remplissage, pour apporter de la masse ou de l'insonorisation dans des polymères de type élastomère, utilisés par exemple dans l'automobile, pour isoler l'habitacle du coffre ou du moteur.

**2. Les carbonates plus fins** non traités permettent d'augmenter la productivité et d'améliorer les propriétés mécaniques de produits de conditionnement, comme les films plastiques, les sacs poubelle ou des pièces d'électroménager.

**3. Les carbonates très fins** apportent aux produits finis de la blancheur, ou encore modifient leur état de surface, par exemple la brillance ou matité d'une fenêtre en PVC.

**4. Les carbonates obtenus par précipitation et non par broyage** sont utilisés notamment pour améliorer les propriétés mécaniques, la résistance et la rhéologie ou viscosité notamment dans les adhésifs et mastics.

#### A noter :

l'utilisation de certains carbonates de calcium a un impact positif non négligeable sur l'environnement, en permettant de réduire ou de remplacer les composants ou dérivés pétrochimiques utilisés dans les process de transformation et diminuer l'empreinte carbone de l'application finale.





## 2. LES DIFFÉRENTS USAGES

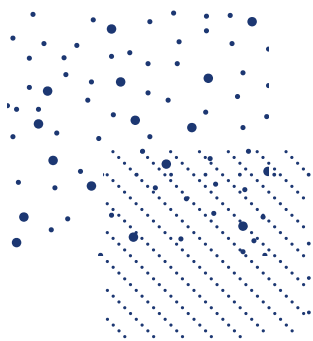
### III. Les minéraux dans les procédés

Les minéraux industriels sont enfin utilisés dans les procédés de fabrication, par exemple les sables extra-siliceux pour leurs propriétés réfractaires dans la fabrication des moules de fonderie.

Autre exemple, l'argile de Provins, qui est plastique et réfractaire, permet de fabriquer les masses de bouchage des métaux en fusion.

1. Moulage au sable (extra siliceux) : noyau de radiateur.





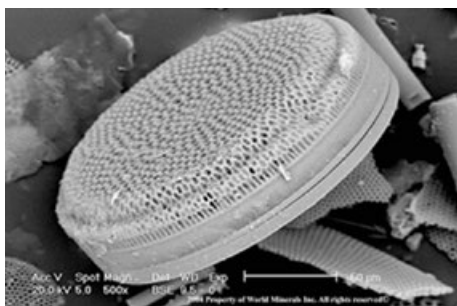
## FOCUS

### La terre à diatomée ou diatomite dans la production du vin, bière...

La diatomite est une roche siliceuse très légère, poreuse et friable, à la structure en nid d'abeille. Elle est formée entièrement ou presque de squelettes de diatomées, des algues unicellulaires dont la sédimentation au fond de domaines lacustres ou marins conduit à la formation d'une roche.

Elle est utilisée entre autres depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle pour ses propriétés abrasives dans les poudres à récurer, absorbantes dans la dynamite, ou filtrantes pour les piscines ou les industries agro-alimentaire ou pharmaceutique.

La diatomite est notamment utilisée dans la production du vin : lavée, broyée, calcinée et calibrée selon la granulométrie désirée, elle permet de filtrer les impuretés après pressurage ou avant mise en bouteille et de doser la clarté et la transparence du vin. 10 à 12 grades différents de diatomite permettent de contrôler la filtration, pour obtenir la pureté et la limpidité désirées. Elle est notamment choisie pour son origine naturelle, dans la mesure où elle est en contact avec la nourriture.



Vue microscopique de la diatomite









# L'EXTRACTION ET LA TRANSFORMATION DES MINÉRAUX INDUSTRIELS : CARRIÈRES ET USINES

Pour produire des minéraux pour l'industrie, il faut d'abord extraire la roche en carrière, puis la traiter en usine afin de séparer mécaniquement et physiquement ses constituants les plus simples, selon des procédés parfois très sophistiqués, adaptés aux différentes natures de minéraux.

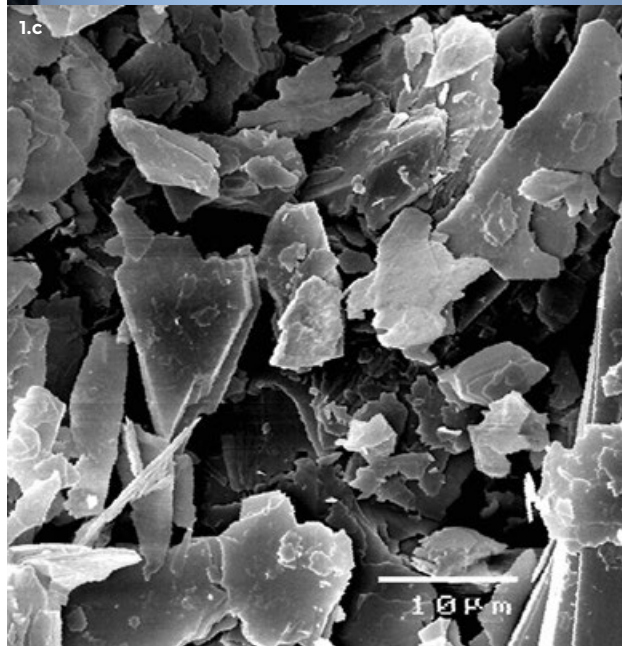
### 3. L'EXTRACTION ET LA TRANSFORMATION

Pour un industriel producteur de minéraux, le défi consiste avant tout à obtenir un matériau d'une stabilité identique à celle d'un produit de synthèse, à partir d'un produit naturel extrait d'un gisement en général hétérogène. Car un producteur d'appareils ménagers blancs, par exemple, ne pourra accepter des variations de teinte entre deux équipements.

En effet, cet objectif de qualité constante s'inscrit dans la contrainte créée par la variété de forme, de concentration, de nature de minéralisation, de taille et de genèse d'un même minéral.

Cette diversité requiert souvent des procédés relativement complexes d'extraction et de traitement des minéraux industriels, procédés qui déterminent en grande partie l'exploitabilité d'un gisement.

1. a. b. c. Test en laboratoire sur un échantillon de kaolin et sa vue microscopique.
2. Site de Plœmeur en Bretagne.
3. Le *delayage* : lavage du minéral brut se faisant à l'aide de grosses lances à pression d'eau. Cette étape permet d'éliminer les gros grains de quartz de la terre brute.







2.



3.



## 1. L'EXTRACTION EN CARRIÈRE

Les gisements sont des concentrations naturelles de minéraux supérieures à la moyenne, permettant d'en envisager l'exploitation. Les carrières peuvent être extraites à ciel ouvert ou en souterrain, sur de grandes surfaces ou des superficies très limitées, pour extraire de la roche dure ou meuble.



### La découverte

Les gisements de minéraux ont une spécificité par rapport aux granulats : ils sont rarement affleurants. C'est pourquoi la première étape de l'exploitation d'une carrière, la « découverte », consiste à décaper, suivant un plan de terrassement, les terres situées au-dessus d'un gisement pour l'atteindre.

Les couches supérieures de découverte (de 2 à 40 m) sont valorisées soit en produit commercialisés type granulats, soit dans la remise en état du site. Les terres végétales sont par exemple utilisées lors du réaménagement de la carrière pour recomposer le sol.

Une fois le gisement accessible, l'extraction peut commencer. On distingue plusieurs types d'extractions selon la dureté du matériau extrait : les roches massives si le matériau est compact (carbonates de calcium, andalousite...) ou les roches plus ou moins indurées ou tendres (sables, argiles, etc...) vont chacune requérir des méthodes spécifiques.

1. Gisement de sables siliceux sous une découverte d'une dizaine de mètres.
2. Valorisation de la découverte en granulats.
3. Opérateur sur le carreau de la carrière d'argiles indiquant au pelliciste quelle zone extraire.



1.

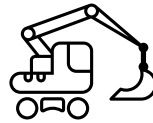


2.





3.



## L'extraction de roches meubles

Compte tenu de leur caractère peu consolidé, les gisements de roches tendres exploités à ciel ouvert le sont à l'aide d'engins conventionnels (pelles hydrauliques, chargeuses, tombereaux ou convoyeurs à bande...).

Des équipements de taille modeste sont nécessaires quand il faut assurer une certaine sélectivité dans les gisements pour des exigences de qualité. Par exemple, lorsque des couches à diatomées alternent avec des niveaux sédimentaires non valorisables. Pour les gisements de kaolin et argiles kaoliniques à forte contrainte de qualité, un tri est opéré sur place. L'exploitation s'effectue à la pelle mécanique de petite taille, un minage continu est envisageable, toujours avec un chargement sur camion ou par convoyeur. L'opérateur s'appuie à la fois sur le plan d'exploitation et le suivi qualité durant l'exploitation, mais aussi sur un contrôle visuel pour les qualités de gisement visibles à l'œil nu (par exemple comme les fractures riches en oxydes de fer de teinte rouge). La précision du plan d'exploitation et l'expérience des opérateurs à l'extraction est importante, car elle conditionne la bonne alimentation de la chaîne de traitement en qualité ainsi que sa régularité.

Toutefois, certains éléments inclus dans le gisement ou la découverte peuvent localement nécessiter une phase de minage.



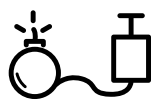


1. Carrière d'argiles kaoliniques en Charente.
2. Préparation des tirs, cuttings et analyses pour qualifier la zone à abattre (andalousite).





2.



## L'extraction de roches dures

La dureté de certaines roches implique l'emploi d'explosifs. Cette opération, réalisée uniquement par des experts (boutefeu), se fait selon un plan de tir extrêmement précis afin de garantir non seulement la sécurité sur le site, mais aussi la gestion des nuisances sonores, l'efficacité de la charge et la stabilité des sols. Les blocs ainsi dégagés sont ensuite transportés vers une installation de traitement où ils sont concassés.

Pour l'andalousite, l'exploitation est réalisée à ciel ouvert. Les sondages de pré-exploitation, effectués selon une maille serrée, permettent d'identifier les zonalités des gisements et d'assurer la maîtrise de l'alimentation des unités de traitement par dumper.

Pour le marbre en Haute Garonne, la situation géographique et la géologie du massif du Rie a amené l'entreprise à exploiter le gisement de blanc en carrière souterraine. Plus de 40km de galeries sous la montagne composent la carrière sur plusieurs niveaux montants. La roche est extraite à l'aide d'explosifs et de matériel spécifique pour le travail en souterrain.





1. Blocs destinés au concassage.

2. Concasseur où sont versés des blocs entre 0 et 800 mm qui seront réduits en sortie entre 0 et 300 mm (rapport de réduction de 4/1 à 8/1).

3. Séparation densimétrique du minerai avec un système de spirales.







## 2. LES PROCÉDÉS MINÉRALURGIQUES OU LA PREMIÈRE TRANSFORMATION

Une fois extraite, la roche est acheminée vers l'usine pour subir des traitements dont la nature varie selon son degré de pureté et les exigences imposées par son usage futur. L'objectif est de séparer, traiter et/ou enrichir les minéraux.

Chaque stade de la production est contrôlé par le laboratoire qui réalise une série de mesures physiques et/ou chimiques pour contrôler la conformité à des cahiers des charges précis.

Les opérations de traitement sont réalisées dans des usines de transformation relativement importantes (de quelques dizaines à plusieurs centaines de personnes).

Les principales opérations en usine sont le concassage ou déchiquetage, le criblage, le lavage, le séchage, le broyage, l'ensachage et le stockage, mais d'autres procédés plus techniques peuvent également être utilisés en fonction de la pureté des gisements et de la qualité des produits finis demandés (séparation hydraulique, magnétique, mécanique, optique, flottation..).





1. a. et b. Acheminement par bandes transporteuses, du gisement brut vers l'installation.
2. Acheminement par dumpers du matériau brut vers l'usine.





2.



1.b





## La fragmentation des solides

Différents procédés ou outils de fragmentation sont utilisés pour réduire les matériaux à la dimension recherchée pour l'usage final, depuis le concasseur à mâchoire, les broyeurs à marteaux ou à impact, les broyeurs à boulets ou les broyeurs à jets d'air, pour ne citer que les plus courants. Chaque appareil a sa spécificité d'application.







1. Premier concassage du matériau brut.
2. Broyeur à boulets.
3. Boulets en céramique (neufs à très usés) qui servent au broyage de la matière minérale (rapport de réduction de 1/500 et plus).
4. Installation connexe : broyage très fin.





## La séparation des minéraux

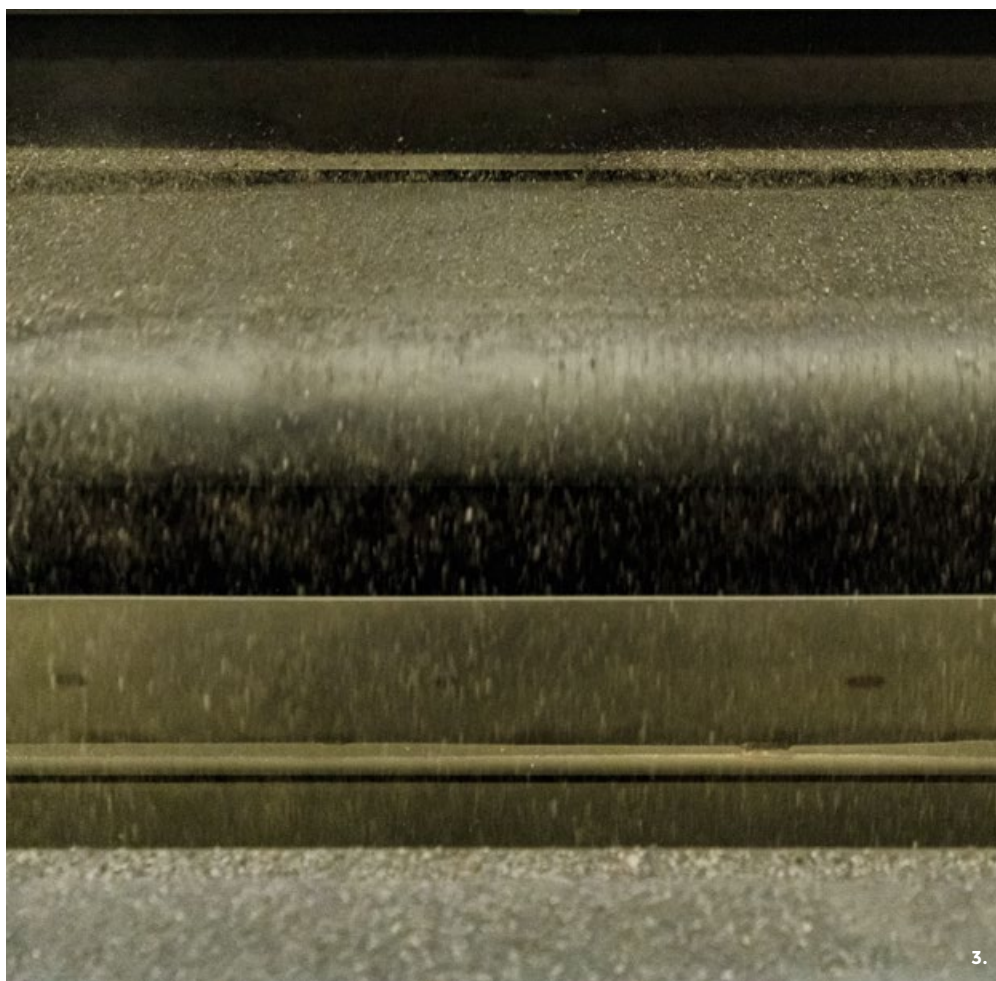
Pour enrichir le minerai extrait qui peut contenir plusieurs minéraux distincts, il est nécessaire de séparer le minéral recherché des autres minéraux (la gangue). De nombreuses techniques, basées sur des caractéristiques physiques et/ou chimiques spécifiques de ces minéraux, sont utilisées :

- la séparation granulométrique : criblage, tamisage ou sédimentation sélective
- l'enrichissement basé sur des propriétés physiques différentielles : densité, magnétisme, électro-statique, colorimétrie, tri manuel ou optique
- l'enrichissement par flottation qui, en milieu humide, utilise la différentiation des caractéristiques superficielles des minéraux, qu'elle soit naturelle ou modifiée par additif.





2.



3.

1. Atelier séparation densimétrique (cylindre aimanté pour récupérer le ferrosilicium).
2. Tri manuel des galets de quartz.
3. Tapis de séparation magnétique (les particules s'aimantent, collent au tapis; ce qui n'est pas aimanté va se poser de l'autre côté de la plaque) pour éliminer le mica.





## L'essorage

L'essorage sépare l'eau et les minéraux, notamment pour les sables. Pour les produits minéraux plus fins, on utilise plutôt la filtration (filtre-pressé), par exemple pour les kaolins ou les argiles en milieu humide.

1. Galettes de kaolin décollées pour être séchées dans les fours à air chaud.



## Le séchage

Pour enlever l'humidité des minerais avant traitement ou après traitement, on utilise des techniques de séchage direct ou indirect ( $< 150^{\circ}\text{C}$ ).





## La calcination

La calcination est utilisée pour transformer la formule minérale des minéraux, dont les cristaux se réorganisent sous l'effet d'une chaleur intense, en général supérieure à 800°.

Par exemple, le kaolin nécessite une calcination pour les filières céramique et réfractaire, les additifs pour bétons, les additifs pour liants routiers et de rares produits pour charges industrielles.

On distingue deux types de calcination :

- Calcination basse température entre 650 et 800 °C qui donne le métakaolin
- Calcination haute température entre 1 200 et 1 600 °C qui donne la chamotte

1. Four au biogaz pour la chamotte
2. Chamotte sortant du four.



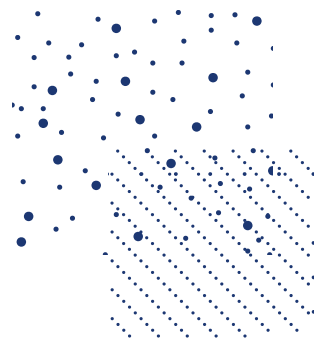
# Le process du Kaolin











### 3. CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT

Suivant les procédés mis en œuvre, les produits finis sont conditionnés en sac ou big-bag sur palettes ou livrés en vrac pour les poudres. Dans certains cas, les minéraux sont livrés en mélange avec de l'eau (slurries).

Différents moyens de transport (ferroviaire, routier, fluvial, maritime) permettent ensuite de les livrer à la clientèle régionale, nationale, internationale. Les minéraux français voyagent dans le monde entier.

1. Remplissage du big bag.
2. Chargement de big bag dans le container pour fret maritime.
3. Sacs de 25 kg.
4. Livraison par camion citerne.
5. Livraison par voie ferroviaire.



## 4. UN IMPACT MAÎTRISÉ

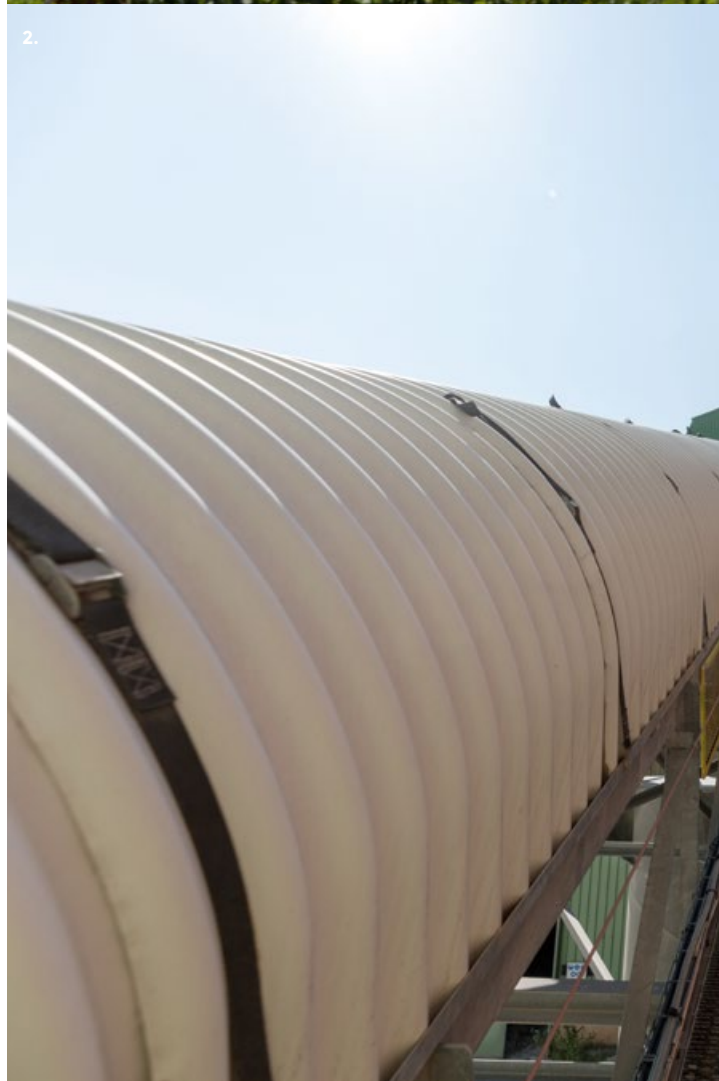
**Le respect de l'environnement et la gestion des conditions de travail ainsi que des nuisances avant, pendant et après l'ouverture d'une carrière sont une priorité pour les industriels exploitants.**

Les nouvelles technologies permettent désormais aux industriels de travailler sur les sites avec une grande précision de sélectivité afin d'économiser les gisements.

Dans la phase de traitement, cette haute technicité permet d'améliorer la productivité et la qualité des minéraux produits tout en répondant aux spécifications industrielles.

C'est enfin également un moyen de diminuer les nuisances dues à l'extraction et d'optimiser les actions prises pour le respect de l'environnement.

1. Usine de transformation de minéraux industriels bardée : cohabitation réussie avec son environnement.
2. Bandes transporteuses capotées et usine bardée : ces protections permettent de limiter les envols de poussières.





#### FOCUS

### **La carrière de quartz du Garrisset ou la technique au service de l'environnement**

La carrière de quartz de Thédillac, Peyrilles et Laverantière, dans le Quercy, est exploitée par Imerys Ceramics France – Site des quartz et sables du Lot pour produire une silice d'une rare qualité. De nombreuses techniques ont été mises en œuvre pour réduire l'impact sur l'environnement : l'usine a été conçue en escalier selon la pente naturelle du site pour réduire les travaux de terrassement ; elle est recouverte d'une structure estompant les bruits liés à l'exploitation ; l'eau nécessaire au lavage des minéraux est recyclée à 97% ; le traitement sur place permet de contrôler la dépense énergétique...



**Avant ...**



**Après ...**



# CARRIÈRES ET ENVIRONNEMENT

Carrières et environnement ont souvent été opposés. Pourtant le processus administratif et légal avant, pendant et après l'exploitation d'une carrière est extrêmement réglementé et les industriels intègrent très en amont la préservation de l'environnement dans la conception des projets. La présence de carrières au sein des milieux naturels (agricoles, forestiers, etc.) peut par ailleurs représenter une opportunité de préservation et de développement de la biodiversité.



Avant : Extraction en 2008.  
Après : Réhabilitation en août 2018  
(Vaucluse).



## 1. LE CADRE LÉGAL... ET AU-DELÀ

Si les mines relèvent du code minier, les carrières sont quant à elles des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et relèvent du code de l'environnement. Rappelons que c'est la substance extraite, et non le caractère souterrain ou non du site qui distinguent mines et carrières : on voit ainsi des mines à ciel ouvert et des carrières souterraines.



### Un cadre réglementaire de plus en plus exigeant :

- Jusqu'en 1970, une simple déclaration avec un récépissé de la mairie suffit pour exploiter une carrière. Le maire est le seul responsable de l'ouverture des carrières.
- À partir de 1979, une enquête publique est nécessaire pour toute carrière d'une superficie supérieure à 5 hectares ou d'une production annuelle maximale de plus de 150 000 tonnes. La demande d'autorisation comporte une étude d'impact au-dessus de ces seuils et une notice d'impact dans les autres cas.
- Depuis 1994, l'exploitation d'une carrière est régie par les dispositions du code de l'environnement applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). D'autres autorisations peuvent s'avérer nécessaires avant ou pendant l'exploitation (autorisation de défrichement, permis de construire, etc.). Les carrières et leurs principales activités connexes (transformation des matériaux, séchage, stockage, etc.) sont inscrites dans la nomenclature des ICPE.





## Autres textes marquants :

- Les Schémas Régionaux des Carrières (SRC) créés par la loi « ALUR » de 2014, qui doivent être élaborés dans chaque région d'ici 2020, définissent les conditions générales d'implantation des carrières, en tenant compte des enjeux environnementaux localisés à l'échelle de la région et de l'intérêt économique national et régional, pour un approvisionnement durable en ressources.
- La loi biodiversité du 8 août 2016 modifie, en les complétant, les principes généraux du droit de l'environnement, 40 ans après la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Elle précise la séquence Eviter-Réduire-Compenser (ERC) que les industriels connaissent déjà, reformule les conditions de compensation des impacts sur la biodiversité et l'environnement. Elle instaure le versement obligatoire, dans l'inventaire du patrimoine naturel, des données issues des études d'impact.
- Depuis le 1<sup>er</sup> mars 2017, dans le cadre de la modernisation du droit de l'environnement et des chantiers de simplification de l'administration menés par le Gouvernement, une autorisation environnementale unique a été

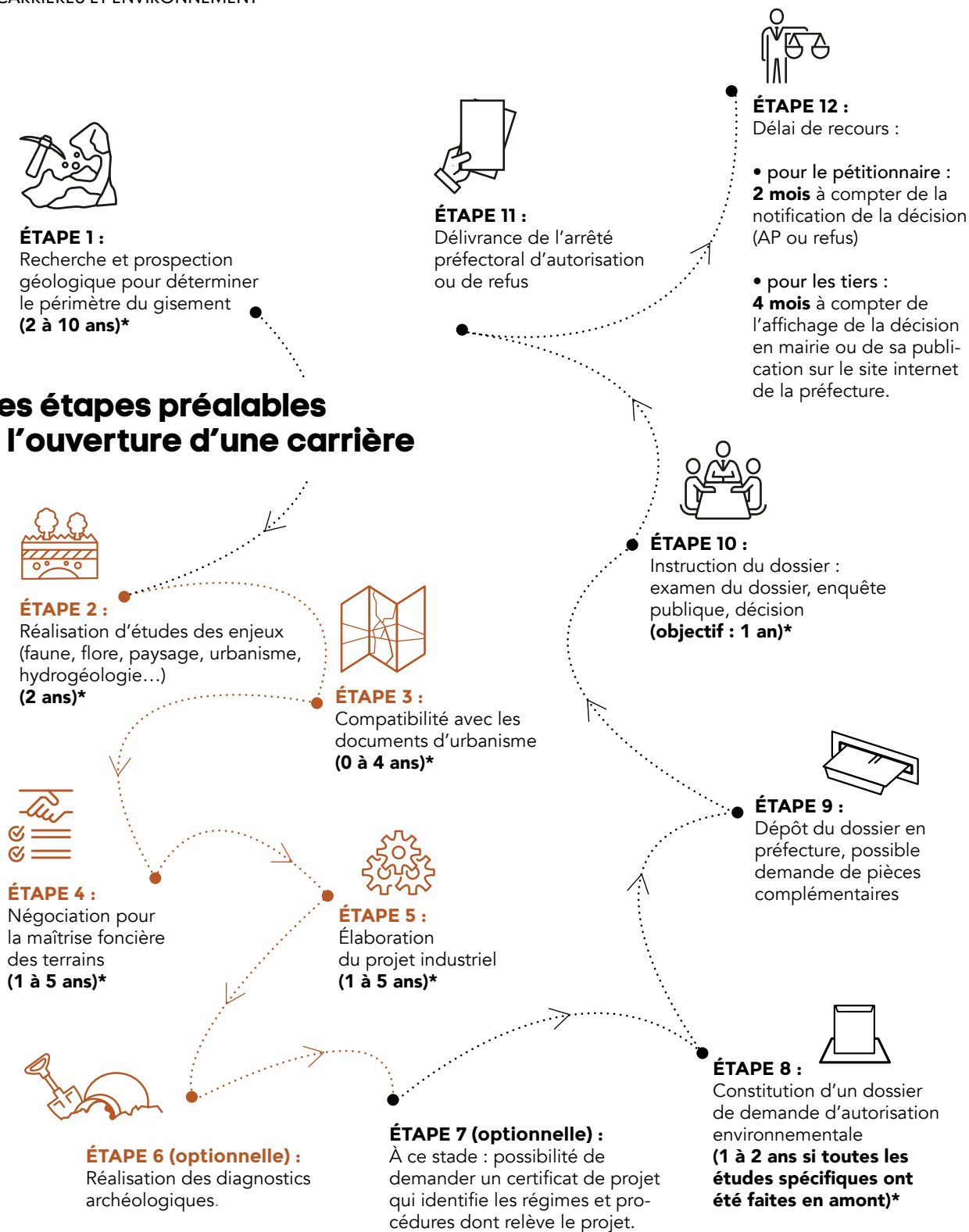
mise en vigueur en début de phrase, après « 2017. En fusionnant les différentes procédures et décisions environnementales qui existaient auparavant, cette réforme simplifie les procédures sans diminuer le niveau de protection. Elle donne une meilleure vision globale de tous les enjeux environnementaux d'un projet.

L'obtention d'une autorisation est une procédure longue – 3 à 10 ans - ou plus, complexe et très réglementée, qui se fait en plusieurs étapes, dont la dernière est le dépôt du dossier en instruction auprès des services du Préfet. Le service en charge de l'instruction du dossier est la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

Voir le schéma sur la page suivante .....>



## Les étapes préalables à l'ouverture d'une carrière



- **Processus itératif qui aboutit au projet industriel carrière + usine**

\* ces durées sont approximatives



## Une exploitation limitée dans le temps et régulièrement contrôlée

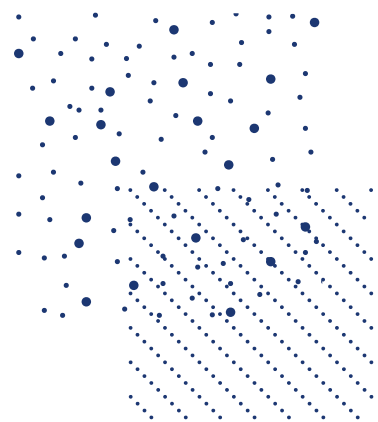
L'autorisation d'exploitation d'une carrière est limitée à 30 ans maximum, néanmoins la demande peut être renouvelée. Quant à l'usine, son autorisation est sans limite dans le temps.

Pendant l'exploitation, la carrière est régulièrement inspectée et contrôlée par les agents de la DREAL, qui sont des services déconcentrés du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) et du ministère de la Cohésion des territoires (MCT) ainsi que par la DIRRECTE (Direction Régionale des Entreprises de la Concurrence de la Consommation du Travail et de l'Emploi) et la CARSAT (Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail), pour tout ce qui est lié au Code du Travail.

S'ajoute un nombre important de suivis réglementaires (techniques et environnementaux) transmis à l'administration, par exemple l'enquête annuelle carrière qui fournit le tonnage extrait, les mesures de poussières, la qualité de l'eau, les plans à jour du phasage d'exploitation, etc. L'exploitant constitue au moment de l'autorisation des garanties financières pour la mise en sécurité des installations classées

Le phasage d'exploitation et le réaménagement prévus dans le dossier d'autorisation sont repris dans l'arrêté préfectoral. Néanmoins, l'industriel va plus loin que la réglementation qui demande une simple remise en état. Il propose finalement, en concertation avec les parties prenantes, des projets d'aménagement du territoire qui contribuent même post-exploitation au développement local.

De nombreuses carrières deviennent ainsi des champs, des prairies, des golfs, des vignes, des lacs, des musées, etc.



### AVIS D'EXPERT

Emilie Prin  
Directrice du bureau  
d'études ENCEM

### • La concertation avec le public est fondamentale •

Outre un éventail très large d'expertises techniques, un rôle important du bureau d'études est d'accompagner l'exploitant dans toutes les étapes du projet. Il s'agit de construire un projet en associant toutes les parties prenantes, en vue de favoriser son acceptation. La concertation permet de présenter les atouts des projets, les mesures (rôle important dans la biodiversité, insertion paysagère des sites, réaménagement coordonnés, ...) que l'on peut mettre en œuvre et d'instaurer un dialogue, au-delà de certaines idées reçues. Cette concertation est fondamentale et doit se dérouler tout au long de la vie du projet.



## 2. CARRIÈRES ET BIODIVERSITÉ

La réglementation évolue, tout comme le savoir-faire des industriels sur les dimensions environnementales. Une composante importante est la prise en compte de la biodiversité tout au long de la vie du site. L'après-carrière peut favoriser une nature qui reprend ses droits et qui profite merveilleusement de ces espaces ouverts par l'homme. Cette destruction, créatrice de nouveaux écosystèmes, offre à la faune et à la flore de nouveaux refuges tout en évitant l'étalement de l'urbanisation.



### Biodiversité : une notion relative dans le temps et dans l'espace

L'histoire de la biodiversité en France est méconnue. Les facteurs climatiques ont une influence considérable sur les êtres vivants. Ainsi en Eurasie, entre 18 000 et 15 000 avant JC, le retrait de la calotte glaciaire s'initie et la toundra domine, sous un climat boréal radicalement différent de notre climat tempéré d'aujourd'hui.

Cette récession de la glace a permis au monde biologique de gagner des latitudes plus élevées. Les cultures agricoles et pastorales se sont développées en Europe et ont transformé la nature. Les paysages ont donc été façonnés par l'homme, qui y a introduit par ses activités une diversité qui n'existerait pas à l'état spontané. Partout en France, la nature s'est artificialisée par l'anthropisation.

Aujourd'hui, 60% de la surface nationale est agricole et 30% en forêt, alors que les carrières, toutes confondues, ne représentent que 0,1% du territoire français.









## La biodiversité, partie intégrante de la vie d'une carrière

Le souci de la préservation de l'environnement a pu, dans le passé, être soit absent d'un projet, soit géré par les industriels comme un thème inattendu et problématique à traiter en urgence. Les pratiques ont aujourd'hui beaucoup évolué et les producteurs de minéraux pour l'industrie concilient désormais extraction et préservation, sous l'effet de l'évolution législative, d'une prise de conscience générale des problématiques d'environnement et, enfin, grâce au progrès des outils et de la connaissance du terrain.

1. Cistude d'Europe.

1.







## Les actions concrètes des exploitants et les contributions des carrières aux milieux naturels

- Avant l'ouverture de la carrière, l'objectif est de respecter le calendrier écologique. Des investigations écologiques sont menées, comprenant un inventaire complet des milieux et des espèces de faune, flore, lichens, mousses, etc, dans le périmètre d'étude du projet et autour. Le périmètre du projet sera déterminé de façon itérative en fonction du résultat de ces études, en évitant, réduisant ou compensant les impacts du projet. L'étude d'impact, extrêmement poussée, proposera une exploitation progressive.
- Pendant l'exploitation, le phasage d'extraction évolue de manière séquencée dans le périmètre de l'emprise et la carrière fait l'objet d'une remise en état et d'un réaménagement coordonnés. Un suivi écologique est par ailleurs de plus en plus demandé dans l'arrêté préfectoral et peut s'accompagner d'un plan de gestion qui permet, en cas d'irruption inattendue d'espèces animales ou végétales, de les gérer.
- Après la fin de l'exploitation, le terrain peut revenir à son propriétaire ou être cédé à une structure porteuse type Conservatoire des Espaces Naturels, Conservatoire du littoral, commune, département, etc. De nombreux partenariats sont noués entre les industriels et les gestionnaires d'espaces ou de nature.

En modifiant littéralement des espaces naturels, les carrières proposent ainsi une diversité d'habitats : espaces boisés plus ou moins denses, prairies, landes sèches, mares... Des études mesurent désormais l'impact d'une carrière sur le développement de la biodiversité par la comparaison entre l'état du milieu naturel avant extraction et après réaménagement, en prenant également en compte les impacts de l'exploitation sur sa durée totale. Le recul est dorénavant suffisant pour constater, que les carrières sont effectivement des opportunités pour le monde biologique.

(ces modifications génèrent des opportunités pour des habitats et espèces atypiques ou en régression localement. Les anciens fronts, les zones remises en état, les zones humides etc. peuvent attirer des espèces rares ou menacées, sensibles au dérangement ou inféodés à ces nouveaux milieux)



### AVIS D'EXPERT

Francis OliverEAU  
Chef de l'unité connaissance et  
préservation de la biodiversité au  
service Eau et Biodiversité de la DREAL

#### ♦ La préservation de la biodiversité est de mieux en mieux intégrée par les industriels pratiquant l'extraction de matériaux. ♦

Si des efforts restent évidemment toujours à faire, un rapide regard en arrière permet de mesurer le chemin parcouru concernant la préservation de la biodiversité : elle est de mieux en mieux intégrée par les industriels pratiquant l'extraction de matériaux, en lien avec une société de plus en plus en attente sur ces sujets, par des études d'impacts toujours plus techniques et une formation des industriels toujours plus importante.

Par ailleurs, les acteurs ont gagné en connaissances et en expérience. D'une part, on connaît de mieux en mieux l'écologie et la répartition des espèces (Guêpier d'Europe, Hirondelle de rivage, Crapaud calamite...) fréquentant les carrières, leurs besoins et spécificités et cela aide à la définition des mesures de réduction et de compensation.

D'autre part, de nombreuses expériences de réaménagement ont déjà eu lieu sur des carrières, avec suivi de leurs effets précis. On sait donc par exemple comment conserver et déplacer les fûts abritant des rares insectes du bois, comment réaliser des fronts de taille favorables à telle ou telle espèce accompagné du phasage des exploitations leur permettant de s'adapter, comment gérer les batraciens s'installant dans les zones humides pionnières que créent parfois les carrières, etc.

Les carrières, positionnées hors des sites écologiquement sensibles, réalisées avec précaution lors de la phase chantier et ensuite « cicatrisées » par un réaménagement écologique adapté, peuvent donc tout à fait être une opportunité pour la préservation de la biodiversité.

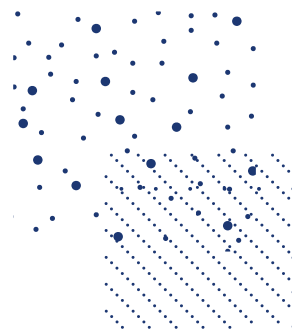
De nombreuses études ont même mis en évidence leur rôle dans le maintien de certaines espèces menacées.



1.



1. Crapaud calamite



### 3. RÉAMENAGEMENTS ET AMÉNAGEMENTS DU TERRITOIRE

Les carrières après extraction deviennent des aménagements de territoire qui peuvent contribuer à la vie économique et sociale ou favoriser la biodiversité.







1. Gérées par le Cren CREN (Conservatoire Régional d'Espaces Naturels) depuis 1996, les carrières de Touvérac (Charente) recèlent une riche biodiversité.

Sa richesse biologique se traduit par une variété d'habitats et d'espèces présents : landes sèches à Bruyère cendrée, landes humides et saulaies tourbeuses à sphaignes, boisement de Chênes tauzin... Ils constituent des milieux inscrits sur la directive « Habitats », tandis que la Fauvette pitchou, la très rare Cistude d'Europe ou encore le Damier de la succise, représentent pour la faune quelques-unes des espèces les plus patrimoniales. Plusieurs espèces végétales rares, comme le Piment royal, protégé en Poitou-Charentes ou encore le Siméthris à feuilles planes, indiquent le caractère acide du milieu.







2.



3.

2. Réaménagement agricole  
(Oise)

3. Projet culturel:  
La Cathédrale d'images

Au coeur des Alpilles, une ancienne carrière souterraine vous accueille pour des spectacles multimédia uniques au monde.

Ces spectacles sont projetés sur les immenses parois de 14 mètres de haut, les piliers et les anciens carreaux de la carrière. cette nouvelle vocation du site montre le caractère unique et insolite du lieu et révèle sa beauté minérale.





4. La carrière Saint-Georges  
(17270 Le Fouilloux)

Réaménagement en sentier  
de découverte qui offre  
"différentes clés de lecture  
d'un paysage" : de la géologie,  
à l'utilisation des argiles kaoli-  
niques à la faune et la flore.

Ce site est aujourd'hui géré par  
la Communauté de Communes  
de la Haute-Saintonge.







#### 5. La carrière Saint-Georges

Aménagement énergie renouvelable :  
 99 375 panneaux photo-voltaïques dits "à couches minces", une technologie de dernière génération.





# UN DÉFI SOCIO-ÉCONOMIQUE

Les innombrables utilisations finales des matières minérales déterminent sans ambiguïté l'importance stratégique des minéraux pour l'économie française. Ils portent des enjeux essentiels de compétitivité et d'indépendance nationale liés à l'approvisionnement de nos industries ; mais aussi des enjeux sociaux, en mobilisant un grand nombre d'emplois directs et indirects (sous-traitants et les secteurs utilisateurs), via un large éventail de métiers, qui requièrent un vrai savoir-faire et des formations spécifiques.





# 1. MÉTIERS ET FORMATIONS

Les métiers liés au domaine des minéraux industriels sont aussi riches et diversifiés que techniques et durables.

Aux fonctions traditionnellement rencontrées dans les industries (production, expédition, maintenance, qualité, etc) s'ajoutent celles qui sont propres à l'extraction en carrières. Les sites industriels intègrent également toutes les fonctions supports de la production des minéraux (service qualité, environnement, géologie, maintenance, laboratoire, ingénierie, service administratif, administration des ventes et expédition, service achat). Enfin, la technicité des produits et la question environnementale font de la R&D et de la préservation de l'environnement des postes particulièrement importants.

Cette diversité peut séduire toutes sortes de profils, du CAP au bac + 5, pour des métiers qui ont pour point commun de s'exercer sur le terrain, en milieu rural, dans des entreprises de taille familiale ou des grands groupes.

1. Foreuse et carottages  
Foreurs et géologues travaillent ensemble sur le terrain pour analyser le gisement pressenti



### Un large éventail de métiers et d'expertises

#### Dès la phase amont :

**Le géologue** : son but est de connaître le sous-sol afin de définir précisément le périmètre d'investigation et de cibler un gisement au terme d'une combinaison d'analyses géochimiques, géophysiques et chimiques. Il s'occupe donc de la prospection et de la caractérisation du gisement, en association avec un panel de techniciens spécialisés (foreurs, ingénieur, laboratoire, etc.)

**Responsable environnement, bureaux d'étude faune flore, paysagiste, hydrogéologue, etc.** identifient la faisabilité du projet d'exploitation et ses contraintes par une étude multicritère (études environnementales & économiques, étude paysagère, etc.).

**Un négociateur foncier** : son intervention peut être nécessaire afin d'identifier les propriétaires pour obtenir l'autorisation de sonder.

#### Pendant l'exploitation :

##### Le directeur de site :

il supervise autant les techniques d'extraction, de transformation des substances minérales, de recyclage, de réaménagement et de gestion des impacts, que la supervision des produits issus des matériaux minéraux ou les analyses socio-économiques de la filière.

Il s'appuie sur un chef d'exploitation et une équipe de spécialistes et suit la gestion partagée du territoire avec des acteurs incontournables comme les gestionnaires de parcs naturels, les élus, les associations etc.

##### Dans les postes se retrouvent :

comptable, contrôleur de gestion, juriste, responsable logistique, responsable des ressources humaines, recherche & développement, contrôleur de gestion, responsable logistique.

##### Sur les carrières et dans l'usine sont mobilisés :

- un géomètre pour tous les levés de stocks et pour le respect des cotes topographiques
- les équipes en charge de l'extraction,

du terrassement, du transport interne (foreur ou boute-feu pour les tirs de mine, conducteurs de machines pour l'extraction mécanique, conducteurs d'engins pour le transport des matériaux, terrassier pour des travaux souterrains, terrassement et réaménagement...)

- le personnel dédié à la maintenance des engins et de l'installation (mécanicien, électricien, automatisien, ouvrier entretien, pilote d'installation...)
- une équipe chargée du conditionnement, du stockage et du transport (responsable approvisionnement, magasinier, chargement, transport, cariste, contrôleur expédition...)
- une équipe de recherche et développement (géologues, chercheurs, ingénieurs R&D, ingénieur d'étude, techniciens laboratoire...)
- une équipe en charge du traitement et de la transformation (pilote d'installation, ingénieur procédé, responsable fabrication...)
- responsable hygiène, sécurité et environnement
- responsable foncier et environnement

#### En aval de l'exploitation :

Une équipe est chargée du négoce (directeur commercial, gestionnaire des ventes, technico-commercial).

#### En accompagnement

##### (avant, pendant et après l'exploitation) :

Une équipe dédiée à l'expertise environnementale (architecte paysagiste, ingénieur acousticien, écologue, hydrogéologue...).

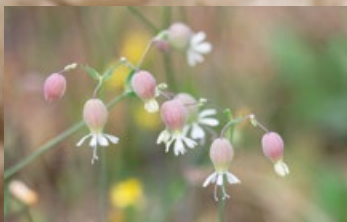
#### Les emplois indirects

D'autres spécialistes interviennent en sous-traitance sur les sites : chaudronniers, électro-mécaniciens, bureaux d'études généralistes et spécialisés, transporteurs ferroviaires, maritimes ou routiers, etc.

Enfin, de nombreux emplois indirects sont créés dans tous les secteurs utilisateurs de minéraux industriels.

*Cette description n'est pas exhaustive et dépend du type d'entreprise et de l'organisation qu'elle met en place.*





**Laurence Vuillot**  
Responsable développement durable

Quel est le point commun entre un calcul d'émergence des pressions sonores, une pelouse psammophile et un arrêté ? Le responsable développement durable ! Technique, juridique, naturaliste, ce métier est vaste : je passe d'une coupe géologique à un flow-sheet d'usine, d'une réunion en préfecture à la visite d'un chantier de mares pionnières... Il faut mener des études variées, coordonner les intervenants, négocier avec tous les points de vue : économique, écologique, paysager, pour qu'un projet soit le plus vertueux possible, et convaincre qu'un développement industriel est aussi une opportunité pour la nature, par exemple. La variété des interlocuteurs, le renouvellement des projets, les changements de la réglementation font que l'on ne s'ennuie jamais et que l'on apprend tous les jours.

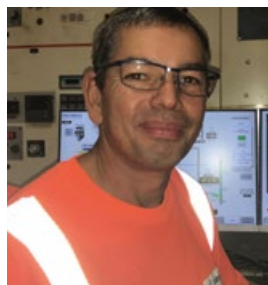


**Sébastien Jallon**  
Directeur de site Montgru Saint Hilaire

Les sites d'extraction et de transformation de minéraux sont relativement petits en nombre de personnes (quelques dizaines) mais très étendus en surfaces (usine et carrières) et en diversité de travail. Ce qui fait l'intérêt de ce poste, c'est que le directeur doit être capable de comprendre et prendre des décisions sur des aspects aussi variés que la sécurité des personnes et des biens, le management des femmes et des hommes, les procédés de fabrication, la finance, l'environnement, la qualité, le juridique, les relations publiques, etc.

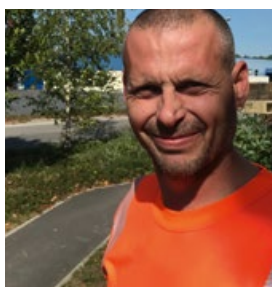
Le matin vous pouvez être en costume cravate à une CSS (Commission de Suivi de Site) pour présenter à l'administration et aux associations locales les résultats des mesures réglementaires réalisées l'année précédente, et l'après-midi en bleu de travail (plutôt orange avec des bandes réfléchissantes pour la sécurité) pour aider votre équipe à démarrer une nouvelle installation dans l'usine ou en carrière afin d'évaluer la repousse des plantations d'arbres dans les zones réaménagées.





**Laurent Bouchabir**  
Pilote d'installation

♥ C'est un métier passionnant pour qui n'aime pas la routine et il permet une évolution professionnelle. Dans nos usines, cela demande mobilité, adaptation, participation, flexibilité du fait de la variété de postes. On a un suivi de nos produits de l'arrivée du sable brut à la transformation (criblage, lavage, séchage) jusqu'à l'expédition chez le client. Il y a aussi des tâches connexes : accompagnement de la maintenance, aide à l'amélioration de nos outils de travail. Ce métier implique d'être autonome et de prendre des initiatives dans le respect du process et de la sécurité sous la responsabilité de son responsable hiérarchique ; d'aimer le contact avec les collègues de travail, les entreprises extérieures, les transporteurs, les visiteurs. Et enfin il permet d'avoir le plaisir d'apprendre et de transmettre ses connaissances. ♥



Δ

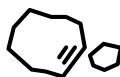
**Sébastien Giullani**  
Conducteur d'engins en carrière

♥ Le métier de conducteur d'engins pourrait sembler répétitif à première vue... mais c'est une fausse impression ! Je travaille sur plusieurs types d'engins : chargeuse, pelle mécanique, tracteur agricole, avec un confort qui n'a rien à voir avec les anciennes machines. De plus la carrière évolue en permanence, ce qui fait que je suis amené à changer de qualité de sable, de front taille et même de carrière relativement souvent.

Un autre avantage est de pouvoir travailler en autonomie dans un environnement privilégié et en pleine nature : je suis plus surveillé par les hirondelles de rivage pendant les 4 mois où elles viennent nicher dans le sable que par mon responsable, qui me donne les instructions une à deux fois par jour et me fait confiance! ♥







**Caroline Abler**  
Ingénieur développement  
applications polymères

Notre travail de recherche et développement consiste à répondre à une demande d'usages et de produits de plus en plus sophistiqués. Par exemple une directive européenne incite le secteur de l'automobile à rejeter moins de  $\text{CO}_2$  : cela exige des véhicules plus légers, alors qu'on ajoute de plus en plus d'équipements aux voitures. Les pièces métalliques sont donc remplacées par des pièces en plastique plus légères, que l'on renforce par des minéraux plus performants qui permettent de rigidifier la pièce, et parfois même d'en réduire l'épaisseur. Nous faisons ce même travail d'innovation sur le recyclage, pour redonner des performances à des matières plastiques qui ont perdu un peu de propriétés. Enfin, nous menons aussi des travaux de recherche pour développer des produits minéraux techniques plus performants afin de répondre à des besoins toujours plus exigeants. Tout ce travail est primordial pour nous démarquer de la concurrence internationale.

## FOCUS

### Recherche et développement

La plus-value des minéraux industriels résidant dans leurs propriétés physiques et chimiques utilisées dans tous les secteurs, la R&D porte de grands enjeux et fait par conséquent l'objet d'investissements importants de la part des industriels exploitant les gisements.

Dans la mesure où les minéraux sont d'une surprenante polyvalence et possèdent chacun une combinaison unique de propriétés, la R&D est d'abord essentielle pour obtenir une connaissance précise d'un gisement, afin d'identifier, isoler et utiliser de manière optimale ses propriétés.

Puis une R&D essentiellement tournée vers l'application permettra à l'industriel de répondre exactement aux besoins du client en terme de produits ou de process. L'industriel doit pour cela instaurer une très grande proximité avec son client afin de connaître les applications recherchées et d'être en mesure d'y répondre.

Enfin, la R&D a également pour objectif d'anticiper sur de nouveaux usages demandés par les utilisateurs ou par une évolution de la réglementation.

Pour cela, les industriels ont des centres de recherche régionaux ou délocalisés, selon la proximité requise avec le terrain.

Ainsi, cette filière, par la technicité de ses activités, participe au maintien d'un pôle de compétences nationales en matière de géologie, d'extraction minière et de minéralurgie ainsi que des métiers connexes.





## Des formations du CAP au Bac+5

Selon le site [mineralinfo.fr](http://mineralinfo.fr) géré par le ministère de la Transition écologique et solidaire, les filières de formation dans le domaine des ressources minérales non énergétiques répondent à des besoins en compétences spécifiques des industries extractives et de première transformation comme la géologie, la géophysique, l'ingénierie minière (exploration et exploitation), la géotechnique, l'hydrogéologie, les procédés de traitement et de transformation (minéralurgie, métallurgie, calcination ...) ou encore l'environnement (écologie, réaménagement des sites après exploitation...), la législation, les réglementations et la sécurité.

Une sensibilisation aux géosciences est donnée aux élèves dans les collèges et les lycées au sein desquels l'enseignement des géosciences est renforcé dans la filière scientifique.

Dans l'enseignement supérieur, les enseignements sont dispensés via des formations classiques dans les cursus BTS, les licences et les masters et sont délivrés dans les universités et les écoles d'ingénieurs.

La formation continue peut être axée sur la durée d'un cursus mais également en formation spécialisée de courte durée. Un panorama des formations continues dispensées par les universités, écoles d'ingénieurs et le BRGM est disponible sur le site [mineralinfo.fr](http://mineralinfo.fr).

Les formations des écoles d'ingénieurs et des universités qui sont orientées vers les ressources minérales privilégient également les pratiques de terrain et les stages en entreprise. Les formations ainsi dispensées permettent

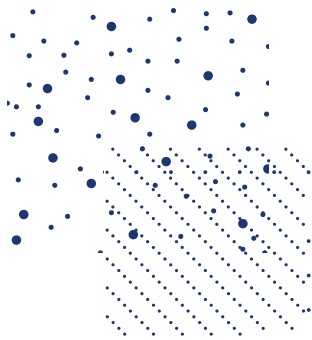
d'obtenir différents diplômes en fonction du degré de qualification : BTS/DUT(Bac+2), Licence (Bac+3), Master ou diplôme d'Ingénieur (Bac+5) ou Doctorat (Bac+8). Certaines de ces formations, qui relèvent aussi bien de l'enseignement secondaire que de l'enseignement supérieur, font suivre l'ensemble du cursus de l'étudiant sous forme d'apprentissage (informations sur le site [www.alternance.gouv.fr](http://www.alternance.gouv.fr))

Pour les métiers liés à la production (chef de carrière, pilote d'installation, conducteur d'engins...), des formations permettent d'acquérir une qualification professionnelle sanctionnée par un diplôme professionnel ou par certains titres RNCP (Répertoire national des certifications professionnelles) délivrés par le ministère du Travail.

Ces formations sont accessibles à des jeunes de 15 à 25 ans à travers un cycle en alternance dispensé à la fois dans des Centres de formation d'apprentis (CFA) et chez un employeur. Par ailleurs, des certificats de qualification professionnelle (CQP) sont accessibles aux jeunes en formation initiale, aux demandeurs d'emploi et aux salariés avec 3 ans d'expérience dans le cadre de la formation continue ou de la validation des acquis de l'expérience (VAE). Ces certificats sont créés et délivrés par les branches professionnelles et permettent d'acquérir une qualification opérationnelle reconnue par la convention collective ou l'accord de branche auquel il se rattache.



## 2. L'APPROVISIONNEMENT DE NOS INDUSTRIES : ENJEUX DE COMPÉTITIVITÉ ET INDÉPENDANCE NATIONALE



### La politique publique

La politique des matières premières minérales non énergétiques relève de la responsabilité du ministère de l'Économie, de l'industrie et du numérique pour la politique des matières premières et des mines. Elle mobilise des administrations placées sous son autorité mais aussi d'autres départements ministériels du ministère de la Transition écologique et solidaire.

En mars 2012, le ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et du logement et le ministère de l'Industrie, de l'énergie et de l'économie numérique ont publié la Stratégie nationale pour la gestion durable des granulats terrestres et marins et des matériaux et substances de carrières.

Cette stratégie nationale a pour ambition de fournir un cadre permettant la sécurisation d'approvisionnement et l'accès effectif aux gisements, tout en répondant à l'ensemble des enjeux d'aménagement du territoire. Cette action doit s'inscrire dans une logique de développement durable, de gestion économe d'une ressource non renouvelable et de prise en compte permanente des politiques publiques environnementales, économiques et sociales et s'effectuer en concertation avec les autres acteurs du territoire afin de favoriser l'acceptabilité des projets de qualité.

# 2012

Publication de la Stratégie nationale pour la gestion durable des granulats et des matériaux et substances de carrières.



## Un secteur impactant pour l'ensemble des industries

### Un périmètre apparemment modeste...

Les minéraux pour l'industrie regroupent :

- les calcaires pour le ciment, la chaux aérienne et la chaux hydraulique
- le gypse pour le plâtre
- les argiles pour les terres cuites
- les autres minéraux : talc, mica, silice, feldspaths, diatomite, craie, marbre, dolomies, blancs de craie, phonolite, andalousite, galets de silex, kaolin, argiles kaoliniques, etc, pour des applications des plus variées.

Ils représentent une production de 51 millions de tonnes en 2015, dont pratiquement la moitié est représentée par le ciment. Le chiffre d'affaires du secteur est de 5,4 milliards d'euros pour 17 000 emplois directs.

Les entreprises qui opèrent dans ce secteur sont au nombre d'une vingtaine. Il s'agit en majorité de groupes internationaux spécialisés dans cette activité. Quelques PME sont également présentes, notamment dans la production de silice industrielle ou de kaolin.

### ... mais stratégique pour de nombreux secteurs

Même si ces chiffres peuvent être considérés comme relativement modestes dans le paysage industriel français, ce secteur a une importance majeure pour un grand nombre de secteurs industriels, qu'il alimente et qui dépendent donc de sa production. Quelques exemples :

L'industrie électrométallurgique française est :

- 3<sup>ème</sup> productrice mondiale de silicium métallurgique
- 4<sup>ème</sup> productrice mondiale de ferrosilicium
- cette industrie consomme la totalité des grès hypersiliceux extraits, qui représentent donc pour elle une source vitale d'approvisionnement.

# 51 MT

de minéraux pour l'industrie en 2015.

### Le secteur Forge et Fonderie :

La Forge et la Fonderie sont des acteurs forts de l'industrie française :

3<sup>e</sup> rang européen et 11<sup>e</sup> rang mondial en terme de production

Automobile, aéronautique, BTP, ferroviaire, construction navale, défense, voirie, énergie, agriculture, luxe, chimie, équipements et constructions mécaniques, loisirs, médical, électronique, motos, art, aérospatial, mines et carrières, robinetterie, textile, etc. : un nombre illimité de secteurs ont recours à des pièces forgées ou moulées. La France est d'ailleurs reconnue pour ses savoir-faire exceptionnels dans ce domaine.

Les professions de la Forge et de la Fonderie représentent ensemble, en 2016, 451 établissements, un effectif de 38 000 salariés et une production annuelle de 2,2 millions de tonnes de pièces de haute technologie, pour un Chiffre d'affaires de près de 7,3 milliards d'euros.

### Les principales industries utilisatrices de minéraux industriels

Industries (2013)	Effectifs	Chiffres d'affaires en milliards €
<b>Verres</b>	20 000	3,8
<b>Céramiques</b>	7000	1
<b>Plasturgie</b>	211 000	50
<b>Papier &amp; cartons</b>	80 000	19
<b>Peintures &amp; vernis</b>	14 500	3,9
<b>Fonderie</b>	41 000	7,1
<b>Caoutchouc</b>	27 000	6
<b>Bâtiment</b>	1 114 000	129
<b>TP</b>	259 150	40,9

Source INSEE ou Fédération professionnelle





### 3. Vers un épuisement des ressources ?

La question de la raréfaction et de l'épuisement des ressources minérales constitue une préoccupation dans la sphère publique. Pourtant, la France est riche en gisements de minéraux industriels et se trouve même en position de leader mondial pour la production de talc et de réfractaires silico-alumineux. Son seul gisement de talc, à Luzenac dans les Pyrénées, est reconnu pour sa qualité de classe mondiale. Le site est ouvert depuis plus d'un siècle. L'unique gisement français d'andalousite, lui aussi exceptionnel, se trouve en Bretagne, et représente 25 % du marché mondial.

Au total, on dénombre 500 carrières exploitées (tous minéraux pour l'Industrie confondus), dans lesquelles sont extraits plus de 15 minéraux différents.

C'est la profession qui doit vérifier et gérer la prise en compte de la richesse du sous-sol afin d'éviter de stériliser les gisements. Les futurs Schémas Régionaux des Carrières contribueront à identifier et surtout protéger les gisements d'intérêt national ou régional (stratégique pour la France) dans les documents d'urbanisme.

D'autre part, s'il est certain que les gisements actuellement exploités, bien qu'ayant une durée potentielle d'exploitation dépassant 100 ans pour certains, s'épuiseront un jour, d'autres gisements seront découverts. La quantité de gisements, ne serait-ce que dans les 3 premiers kilomètres de la croûte terrestre, n'est pas connue avec certitude, comme l'indique une étude de l'ADEME.

# 500

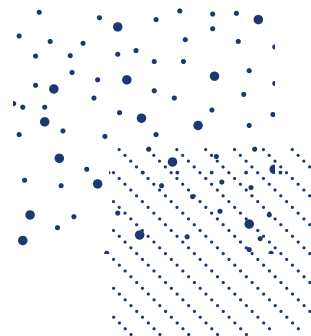
Carrières exploitées (tous les minéraux confondus).

Enfin, les évolutions technologiques permettent de diminuer la consommation, comme l'illustre l'évolution de la consommation de pétrole (118 millions de tonnes en 1973 et 77 millions de tonnes en 2015).

Aujourd'hui, la France exporte plus qu'elle n'importe. Par sa richesse géologique et la qualité de ses matériaux, elle satisfait ses propres besoins et contribue également à approvisionner d'autres marchés européens et mondiaux.

Néanmoins, même si la balance extérieure française est plutôt positive, sur certains minéraux le solde est négatif : toutes les filières ne sont pas en autosuffisance. Il est cependant difficile de conclure à la vulnérabilité des approvisionnements français pour une filière donnée sachant qu'un minéral alimente plusieurs filières.

L'importance stratégique des minéraux est en revanche indiscutable, car ils garantissent l'indépendance de la France et sa souveraineté minérale. La pertinence économique et la compatibilité environnementale de leur exploitation démontrent sans ambiguïté qu'ils sont une pierre angulaire essentielle de l'avenir de nos territoires.







## REMERCIEMENTS

Christian Baldasseroni, Xavier Capilla, Sébastien Colin, Frédéric Coeuriot, Philippe Cunin, Philippe d'Agier, Didier Driancourt, Manon Elie, Franck Evanno, Thierry Fernandez, Jocelyne Ferret, Laurent Fesard, Laure Fontaine, Vanessa Gedeon, Pierrick Graviou, Olivier Guillero, Baptiste Hourdebaigt, Sébastien Jallon, Dominique Ligouret, Cécile Malaval, Eric Marcoux, Jean-Michel Negroni, Francis Olivereau, Emilie Prin, Matthieu Priou, Philippe Quero, Frédéric Riviere, François Savatier, Sylvie Tarditi, Laurence Vouillot.

### SITES ET LEURS ÉQUIPES :

**Maisse & Vallabrix** (Fulchiron), **Clerac** (Imerys Refractory Minerals), **Espira de l'Agly** (La Provencale), **Thedirac** (Imerys Ceramics France), **Aix-sur-Vienne** (Imerys Tableware), **Ploemeur** (Imerys Ceramics France) **Bedouin** (Sibelco).

### ÉDITEURS :

#### À PROPOS DE MI-F :

L'organisation professionnelle Minéraux Industriels - France (MI-F) regroupe plusieurs syndicats des matières premières minérales utilisées par l'industrie, qui témoignent depuis 1930 de la tradition extractive de la France. Les entreprises qui extraient et transforment ces minéraux sont des grands groupes ou de petits opérateurs, représentant 200 carrières, 60 usines, 700M€ de chiffre d'affaires et 3 000 emplois directs. MI-F est adhérente de l'UNICEM.

**MI-F** : 3 rue Alfred Roll, 75017 Paris

[www.mi-france.fr](http://www.mi-france.fr) tel: +33 (0)1 44 01 47 98 [contact@mi-france.fr](mailto:contact@mi-france.fr)

#### À PROPOS D'UNICEM :

L'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction (UNICEM) est la fédération qui regroupe les industries extractives de minéraux (granulats, pierre naturelle, minéraux industriels, chaux ...) et les fabricants de matériaux de construction (béton prêt à l'emploi, mortier, plâtre, etc.). L'UNICEM rassemble 1375 entreprises qui représentent près de 4000 sites à travers le territoire. La fédération représente 73% des entreprises du secteur en termes de chiffres d'affaires (8 milliards d'euros).

**UNICEM** : 3, rue Alfred Roll, 75849 Paris Cedex 17

[www.unicem.fr](http://www.unicem.fr) tel: +33 (0)1 44 01 47 01 [contact@unicem.fr](mailto:contact@unicem.fr)

**Directrice de publication** : Sandra Rimey, secrétaire général MI-F

**Coordination éditoriale et rédaction** : Laurence Lucas, AURAE

**Création graphique et réalisation** : CPLUSR, [www.cplusr.fr](http://www.cplusr.fr)

**Crédit photo** : © Wilfried Antoine Desveaux, © Marion Leflour,

© Istockphoto, © Gettyimages

**Impression** : NH Impression (89240)

*MI-F a choisi de diffuser aussi le document en version papier car issu de forêts gérées durablement ou de fibres recyclées, le papier est un matériau à la fois biosourcé et minéral respectant l'environnement.*

Octobre 2018

## SOURCES

### CTMNC

**Centre Technique pour les Matériaux Naturels de Construction** : matériaux en terre cuite et matériaux en pierre naturelle).

**Document de présentation de Quartz et Sables du Lot**, par Imerys Ceramics France.

**Voyage de quartz et de vie**, par Imerys Ceramics France site de la DREAL Provence Alpes Côte d'Azur.

**Site Internet de MI-F**

**Site internet de l'UNICEM**

**Site internet Mineralinfo**

**Les premiers outils de l'Homme**, de Frédéric Belnet

**Revue de la société de l'industrie mines & carrières** : les minéraux industriels, les techniques III-IV/98

**Industrie minérale**, tout un éventail de métiers, la SIM

**Fiches IMA - Europe** sur les minéraux industriels

**Fiches techniques de la SIM**

**Encyclopédie universalis**

**L'univers des hommes du blanc**,  
**Kaolins de Bretagne**, **Site de Ploemeur**,  
Imerys Ceramics

**La mine en France**, histoire industrielle et sociale,  
Serge Domini éditeur

**A3M enjeux et réalités du 21<sup>ème</sup> siècle**

**Fiche technique ADEME** :

L'épuisement des métaux et minéraux : faut-il s'inquiéter ?

/ Juin 2017 / Référent : Geldron Alain / Direction économie circulaire et déchets, ADEME - Angers

**Guide d'étude d'impact**, Unicem

**Les cailloux dans le monde des hommes**, par Jean-Pierre Rolley

Cette publication est cofinancée par OPCA3+ dans le cadre de la convention de coopération générale avec le ministère de l'Éducation nationale.











© Charles Marville/BHVP/Roger-Viollet

Les carrières de Gypse, exploitées  
aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècle, sont aujourd'hui  
le Parc des Buttes-Chaumont à Paris,  
poumon vert de la capitale.



