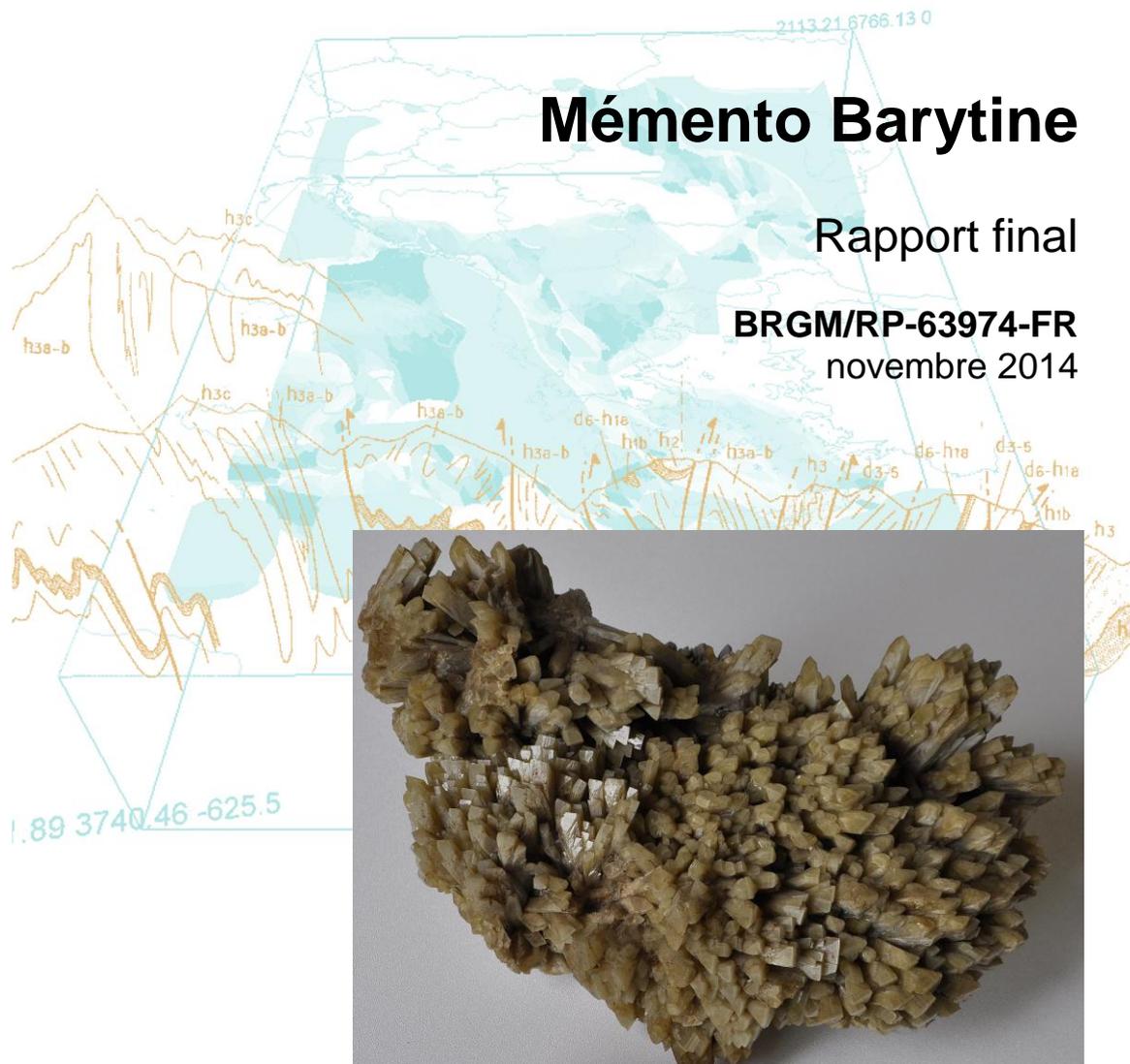


Document public



Mémento Barytine

Rapport final

BRGM/RP-63974-FR
novembre 2014



Mémento Barytine

Rapport final

BRGM/RP-63974-FR
novembre 2014

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2013

P. Marteau

Avec la collaboration de S. Colin et B. Vincens

Vérificateur :

Nom : Pierre Nehlig

Date : 17/11/2014

Signature :

Approbateur :

Nom : Jean-Claude Guillaneau

Date : 28/11/2014

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.



Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008



Avertissement

Ce rapport est adressé au bureau de la législation et de la gestion des ressources minérales non énergétiques (GR2) au sein de la Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) au Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE), en trois exemplaires « papier » et une version électronique conformément aux termes de la convention.

Une version de ce rapport, sera mise en ligne sur internet (site www.mineralinfo.org et/ou <http://materiaux.brgm.fr>).

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

Mots-clés : Barytine, Gisements, Ressources, Réserves, Production, Utilisations, Marchés, Approvisionnement, Prospective.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Marteau P., avec la collaboration de Colin S. et Vincens B. (2014) – Mémento Barytine. Rapport BRGM/RP-63974-FR, 60 p. 20 fig., 4 tabl., 1 ann.

© BRGM, 2014, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

*Photo (page de couverture) :
Barytine de l'ancienne exploitation de Maine (Saône-et-Loire) – Collection BRGM.*

Synthèse

La barytine (BaSO_4) est le principal minéral de baryum exploité et produit en grande quantité au niveau mondial, en tant que matière première et produits dérivés, pour ses propriétés particulières et ses nombreuses applications industrielles.

Propriétés et usages, substituants

Les propriétés de la barytine, haute densité, inertie chimique, indice de blancheur élevé, ... permettent de très nombreuses applications dans des domaines industriels variés : chimie, pharmacie, médecine, charges minérales, boues de forages d'hydrocarbures, génie civil et BTP.

Productions et marchés mondiaux, prix

La production mondiale dépasse les 8 Mt/an pour la période 2011-2013, les principaux pays producteurs étant la Chine, dont la part est maintenant inférieure à 50 %, suivie de l'Inde, des USA et du Maroc, qui représentent ensemble plus de 75 % du total. Les USA sont les principaux consommateurs, avec 3 Mt/an, en liaison avec l'activité de forages d'hydrocarbures. En règle générale, tous les pays où la recherche pétrolière est importante (Amérique du Nord, pays du Golfe, riverains de la Mer du Nord, Chine, Russie, ...) sont des consommateurs de barytine, utilisée en boues de forages.

Les prix moyens sur le marché international en 2014 (source Industrial Minerals¹) s'établissent dans des fourchettes de 109/158 \$/t (qualité forage), 160/180 \$/t (qualité chimique) et 235/400 \$/t (qualité charge minérale pour peinture, selon la blancheur et la pureté). Dans certains cas (barytine très pure pour usages en médecine, pour la chimie ...), ces prix peuvent être nettement plus élevés, jusqu'à 1 500 \$/t.

Gisements et ressources en France

Il existe de nombreux gisements de barytine en France (près d'une centaine recensés par SIG Mines) comportant souvent d'autres minéraux associés (fluorine, galène, blende, ...). La production a été importante entre le milieu du 19^{ème} siècle et 2006, date de la fermeture du dernier gisement exploité, celui de Chaillac (36), considéré comme épuisé. Au total, environ 7,2 Mt ont été extraites en France au cours de la période industrielle.

Les ressources géologiques totales actuellement connues sur le territoire métropolitain sont de l'ordre de 8,5 Mt, mais la part des réserves exploitables n'est pas calculée.

Marchés français, acteurs industriels, prix

La barytine n'étant plus exploitée en France depuis 2006, elle est importée sous forme brute, traitée ou synthétique. L'approvisionnement des différentes filières industrielles (barytine et produits dérivés pour charges minérales, peintures et caoutchoucs, verrerie et flaconnerie, génie civil et BTP, boues de forages, médecine et pharmacie) dépend des importations, soit en 2013 : 32,5 kt de barytine, 13 kt de carbonate de baryum et 1,8 kt de sulfate de baryum de synthèse précipité. Pour les neuf premiers mois de 2014, les importations de barytine ont nettement baissé, s'élevant à 16,6 kt, ce qui devrait représenter un total de 25 kt environ pour l'ensemble de l'année.

¹ FOB (Free on board) ou CIF (Cost, insurance and freight)

Plusieurs sociétés importent de la barytine et d'autres produits minéraux dérivés, sous formes généralement brutes ou concassées, mais parfois traités, pour fournir les différents marchés mentionnés. Les prix de ces produits importés sont, en moyenne pour 2013, de 236 €/t (barytine naturelle, contre 200 €/t en 2012), de 500 €/t (carbonate de baryum) et de 1 400 €/t (sulfate de baryum synthétique).

Les prix des produits manufacturés sont extrêmement variables selon leur degré d'élaboration (briques en béton barytés, verres technique ou flaconnerie de luxe, éléments d'habitacles de voitures ou d'engins de chantier, ...).

Développement durable, recyclage, prospective

Les produits de substitution sont, selon les usages, d'autres minéraux naturels : carbonates de calcium et de magnésium, talc, oxyde de titane pour les charges, bentonite pour les boues de forage, oxydes de fer pour les bétons lourds.

La barytine et le carbonate de baryum ne sont pas actuellement recyclés en tant que tels, car les usages sont dispersifs, que ce soit dans les boues de forage, les bétons lourds, les charges minérales, la verrerie et la chimie. Cependant, certains produits élaborés avec de la barytine pourraient être recyclés pour des usages analogues (verrerie, bétons lourds et briques barytées, caoutchoucs pour isolants de sol et d'habitacle de véhicules et d'engins de chantier, ...).

Dans la mesure où la consommation et les utilisations industrielles de la barytine et des autres produits à base de baryum se maintiennent et ont tendance à se diversifier, avec des produits à forte valeur ajoutée, une remise en exploitation de gisements en France pourrait être envisagée, pour approvisionner la filière et réduire les importations.

Sommaire

Synthèse	5
1. Introduction	11
1.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET RÉACTUALISATION DU MÉMENTO.....	11
1.2. SOURCES DES DONNÉES.....	11
2. Définition des substances et des produits, domaines d'utilisations, marché mondial	13
2.1. DÉFINITION DES MINÉRAUX, DES MATÉRIAUX ET DES PRODUITS	13
2.2. DOMAINES GÉNÉRAUX D'UTILISATION DE LA BARYTINE	14
2.2.1 Boues de forage	14
2.2.2 Charges minérales et pigments	14
2.2.3 Industrie chimique	14
2.2.4 Génie civil.....	14
2.2.5 Médecine, pharmacie	14
2.3. LA BARYTINE AU NIVEAU MONDIAL : PRODUCTION, UTILISATIONS, MARCHÉS	15
2.3.1 Production mondiale.....	15
2.3.2 Utilisation au niveau mondial.....	16
2.3.3 Prix sur le marché international	16
3. La barytine : gîtologie et minéralogie, gisements, ressources en France	19
3.1. PÉTROGRAPHIE ET MINÉRALOGIE	19
3.2. ORIGINE ET TYPOLOGIE DES GISEMENTS	20
3.3. GISEMENTS DE BARYTINE EN FRANCE	21
3.3.1 Gîtes et gisements connus, ressources associées	22
3.3.2 Anciennes exploitations : productions cumulées, ressources résiduelles	23
3.4. RESSOURCES ET PERSPECTIVES.....	24
3.4.1 Ressources potentielles de gisements déjà exploités.....	25
3.4.2 Ressources potentielles de gisements peu ou pas exploités	25
3.4.3 Potentiel et contraintes environnementales concernant les principaux gisements.....	26
4. Modes d'exploitation et de traitements, propriétés des produits, spécifications.....	27
4.1. EXPLOITATIONS.....	27
4.2. TRAITEMENTS DE LA BARYTINE, SPÉCIFICATIONS DES PRODUITS	28
4.2.1 Traitements primaires.....	28
4.2.2 Enrichissement et élaboration de la barytine industrielle	28
4.2.3 Spécifications principales	29
5. Marché français : utilisations, consommation, acteurs industriels, circuits commerciaux ..	31

5.1. UTILISATION ET CONSOMMATION DE BARYTINE EN FRANCE	31
5.1.1 Forages (recherche pétrolière, géothermie).....	31
5.1.2 BTP : bétons et briques denses, bitumes, matériaux insonorisants	31
5.1.3 Charges minérales pour peintures, plastiques, caoutchoucs	32
5.1.4 Verrerie, métallurgie, céramiques.....	33
5.1.5 Domaines d'utilisation des sels de baryum produits par l'industrie chimique.....	35
5.2. ACTEURS INDUSTRIELS EN FRANCE, FLUX ET CIRCUITS COMMERCIAUX, PRIX.....	36
5.2.1 Producteurs, négociants, fournisseurs.....	36
5.2.2 Importations et exportations de barytine naturelle, prix.....	38
5.2.3 Importations et exportations de carbonate de baryum naturel	40
5.2.4 Produits chimiques à base de baryum : importations, exportations.....	40
5.2.5 Balance commerciale totale : barytine (naturelle et de synthèse) et produits chimiques à base de baryum	40
5.2.6 Arrivages et transport	41
6. Aspects socio-économiques, prospective et développement durable	43
6.1. ÉCONOMIE.....	43
6.2. ÉVOLUTION ATTENDUE DE LA CONSOMMATION, PROSPECTIVE.....	43
6.3. DÉVELOPPEMENT DURABLE, RECYCLAGE ET SUBSTITUTION.....	44
6.4. CRITICITÉ.....	45
6.5. PERSPECTIVES POUR UNE REPRISE DE L'EXPLOITATION ET DE LA PRODUCTION DE BARYTINE EN FRANCE	46
7. Conclusions et recommandations.....	47
8. Bibliographie	49
Annexe 1: Liste des gisements de barytine en France (SIG Mines - 1999).....	51

Liste des figures

Figure 2 : Évolution et répartition de la production mondiale de barytine (en kt) depuis 2003 en fonction du prix du pétrole brut (en US \$/baril, source USGS).	16
Figure 3 : Barytine lamellaire (Aveyron, ph.A) et barytine crêtée (Morvan, ph.B).....	19
Figure 4 : Minéralisations de barytine filonienne en contextes sédimentaire (ph.A) et métamorphique (ph.B).....	20
Figure 6 : Localisation des principaux gîtes et gisements de barytine en France métropolitaine (base BDCM – BRGM).	22
Figure 7 : Principaux gisements exploités en France, dans une période comprise entre la fin du 19 ^{ème} siècle et le début des années 2000 (base BDCM - BRGM).	24
Figure 8 : Exemples d'exploitations souterraines de barytine (Algérie et Maroc).	27
Figure 9 : Exemples d'exploitations de barytine à ciel-ouvert (A - industrielle à Chaillac, B - artisanale en Algérie).	27

Figure 10 : Cellules de flottation dans l'usine de Chaillac, traitant la barytine extraite sur place (Cliché F. Barthélémy - BRGM 2004).....	28
Figure 11 : Schéma de traitement de la barytine pour charge (document Barytine & Minéraux).....	29
Figure 12 : Unité industrielle de séchage-broyage de Chaillac (A : Barytine & Minéraux) et de broyage de Khemis - Tlemcen, Algérie (B : cliché P. Marteau 2007).....	29
Figure 13 : Exemples de spécification de barytine commercialisée à usage industriel pour charge blanche et forage (source Steinbock Minerals Ltd).....	30
Figure 14 : Briques denses barytées pour murs anti-radiations (source Garrot-Chaillac).....	32
Figure 15 : Pièces manufacturées dans lesquelles la barytine est intégrée comme charge. A - élément insonorisant de bas de caisse automobile et B - tuyau en plastique extrudé (source Sibelco).....	33
Figure 16 : Flacon de parfumerie (source Saverglass - A) et verre isolateur (cliché RTE – B), utilisant de la barytine dans leur formulation.....	34
Figure 17 : Briques et tuiles de haute-qualité,incorporant du carbonate de baryum (source Solvay).....	34
Figure 18 : Installation de Barytine & Minéraux sur le site de Chaillac (36) en 2013.....	36
Figure 19 : Vue de la plate-forme de Celon (36) d'où est re-expédiée la barytine importée du Maroc et traitée à Chaillac.....	41
Figure 20 : Criticité de la barytine au niveau mondial (Industrial Minerals 2012).....	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prix des principales variétés de barytine selon qualité sur le marché international et évolution 2000 – 2013 (d'après Industrial Minerals).....	17
Tableau 2 : Contraintes environnementales réglementaires pour les principaux gisements de barytine pouvant être exploités.....	26
Tableau 3 : Importations de barytine en France pas pays d'origine (2011 à 2013).....	38
Tableau 4 : Solde du marché de la barytine en tonnage et en valeur en 2012-2013.....	39

Liste des annexes

Annexe 1: Liste des gisements de barytine en France (SIG Mines BRGM - 1999).....	51
--	----

1. Introduction

Cette étude, concernant la barytine, sa production et ses utilisations, permet de dresser l'état de la situation actuelle de la filière en France. Elle a été proposée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), et réalisée dans le cadre de la convention 2013 n° 210 11 25 281, signée le 26 août 2013 entre la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable (MEDDE) et le BRGM.

1.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET RÉACTUALISATION DU MÉMENTO

Le présent mémento réactualisé a été élaboré par l'unité Géologie de l'Aménagement des Territoires (DGR/GAT) de la Direction des Géoressources du BRGM.

Le précédent Mémento Barytine datant de 1993², et la situation au niveau national et international ayant beaucoup évolué en 20 ans, il a été nécessaire de reprendre la plus grande partie des informations relatives à cette substance, en ce qui concerne les exploitations, les productions, les processus de transformation, les utilisations et les marchés, qui se sont diversifiés et complexifiés durant cette période.

Dans le domaine des minéraux industriels produits en carrières, la barytine n'est plus exploitée en France depuis 2006, aussi son utilisation et sa commercialisation sur le marché national sont assurées uniquement à partir de matériaux importés.

Malgré la recherche de toutes les sources d'information disponibles, l'examen et l'analyse de l'ensemble des données et les contacts avec les acteurs industriels, l'exhaustivité et la précision du contenu de ce rapport ne peuvent être garanties.

1.2. SOURCES DES DONNÉES

Les premières informations traitées sont celles de la documentation du BRGM :

- base de données des matériaux de carrières (BDMC) ;
- rapports de service public concernant la recherche de gisements et l'étude des ressources en France, réalisés essentiellement entre les années 1950 et 2000 ;
- données d'intelligence minérale du BRGM (SIG Mines et Écomine) ;
- guide Mines et Carrières de la SIM.

Par ailleurs, d'autres informations, concernant les productions et les flux sur le plan international proviennent :

- des statistiques douanières du Ministère du Commerce Extérieur ;
- des bulletins annuels de l'USGS concernant les productions mondiales de barytine et la consommation aux USA ;
- des articles consacrés à la barytine par Industrial Minerals, ainsi que les cours mondiaux des différents produits sur le marché, fournis par cette revue.

² Rapport BRGM RR-37775 (L. Albouy et Ch. Rousseau).

Principaux sites Internet (acteurs industriels, associations et syndicats professionnels) :

- au niveau national, les entreprises : Garrot-Chaillac, Barytine et Minéraux, Solvay, Sibelco-Micronor ;
- au niveau mondial : The Baryte Association, regroupant 15 pays et 29 sociétés www.barytes.org

2. Définition des substances et des produits, domaines d'utilisations, marché mondial

2.1. DÉFINITION DES MINÉRAUX, DES MATÉRIAUX ET DES PRODUITS

La barytine désigne le sulfate de baryum naturel BaSO_4 , minéral de densité élevée, dont le nom dérive du grec $\beta\alpha\rho\acute{\upsilon}\varsigma$ (Barys : lourd).

La barytine est utilisée essentiellement, au niveau mondial, en tant qu'additif dans les boues de forage, mais aussi dans de nombreuses autres industries, du fait de ses propriétés et particularités : haute densité (4,48 à 26 °C), blancheur élevée, faible abrasivité, neutralité chimique, point de fusion élevé (1 580 °C).

En anglais, la barytine est appelée « baryte » ou « barite ». En français, le terme « baryte » désigne l'oxyde de baryum BaO , produit obtenu par synthèse. Il convient donc de ne pas confondre ces deux appellations, scientifiques et commerciales.

Le **Blanc Fixe** désigne une poudre obtenue à partir de barytine très pure micronisée, mais surtout de barytine de synthèse précipitée, servant d'étalon de blancheur, d'indice 99, pour d'autres substances minérales, comme l'oxyde de titane, le talc, le kaolin et les carbonates micronisés.

PRINCIPAUX MINÉRAUX NATURELS DE BARYUM

Barytine : sulfate de baryum BaSO_4 , minéral assez ubiquiste dans la nature, souvent présent avec d'autres minéraux de la même famille (angleso-baryte contenant du plomb, calcareo-baryte contenant du calcium, célesto-baryte contenant du strontium, ...).

Whiterite : carbonate de baryum BaCO_3 , minéral peu commun, de densité élevée, utilisé dans la chimie du baryum (le carbonate de baryum de synthèse étant préféré), assez toxique par ailleurs.

PRODUITS SYNTHÉTIQUES

Baryte : oxyde de baryum BaO (ou baryte calcinée), mais aussi appellation commerciale de la barytine (en anglais, baryte, ou barite désigne le minéral barytine).

Barytine précipitée : sulfate de baryum, obtenu à partir d'une suite de réactions chimiques, servant également d'étalon pour le Blanc Fixe.

GISEMENTS DE BARYTINE

Ressources géologiques : gisement ou gîte ayant fait l'objet d'une première estimation (reconnaissance par sondages, petits travaux miniers, prospection, ...), qui ne préjuge pas d'un intérêt économique.

Réserves géologiques : ressource dont l'exploitabilité technologique et économique a fait l'objet d'une étude de faisabilité. Ceci concerne les gisements de barytine (*sensu stricto*) ou ceux, comme la fluorine et certains amas métalliques, pour lesquels la barytine peut être un coproduit ou un sous-produit.

2.2. DOMAINES GÉNÉRAUX D'UTILISATION DE LA BARYTINE

Au niveau mondial, la barytine est surtout destinée à la confection de boues de forages pour la recherche pétrolière et gazière. Les utilisations dans le génie civil, en chimie et comme charge minérale, moindres en volume, jouent un rôle important dans de nombreuses industries.

2.2.1 Boues de forage

La barytine est utilisée en premier lieu dans la préparation de boues lourdes (augmentation de la densité des boues à base de bentonite) dans les forages profonds de recherche d'hydrocarbures, liquides et gazeux, de « gaz de schiste », éventuellement dans les forages géothermiques.

Ses propriétés de colmatage permettent un meilleur contrôle des émissions de fluides sous haute pression, et de maîtriser ainsi les arrivées d'eau, de saumures ou d'hydrocarbures lors de la foration. Par ailleurs, les boues barytées permettent d'alléger le poids du train de tige. L'utilisation de la barytine est cependant déconseillée dans les forages hydrologiques et géothermiques, les aquifères risquant d'être colmatés de façon définitive.

Son utilisation et sa mise en œuvre sont assez complexes, car il faut calculer la contre-pression à appliquer sur le terrain en fonction de la profondeur et de la pression d'arrivée des fluides et de leur nature, et donc la concentration à utiliser, puis bien maîtriser l'injection des boues pour éviter que la barytine ne se dépose dans le forage.

2.2.2 Charges minérales et pigments

Le deuxième usage le plus important de la barytine est le domaine des charges minérales pour papiers, peintures, plastiques et caoutchoucs. Le marché automobile est le premier consommateur de ces produits sous forme d'insonorisants (tapis et caisses d'habitacle) et autres composants (plaquettes de frein, ...).

2.2.3 Industrie chimique

La barytine est à la base d'une chimie dont les produits, sous forme de composés de baryum (acétate, carbonate, chlorure, oxyde et hydroxyde, nitrate) sont utilisés dans de très nombreux secteurs industriels : papeterie et papier photographique, verres, céramiques et émaux, traitement des métaux, lubrifiants, épuration des eaux industrielles, pyrotechnie, ... Ces domaines d'utilisation ne sont pas détaillés dans le présent mémento.

2.2.4 Génie civil

La barytine est utilisée dans la confection de bétons lourds et de briques barytées, ayant une masse volumique de 3 200 kg/m³ (contre 2 300 kg/m³ pour un béton classique), permettant la réalisation d'ouvrages de protection contre les radiations (rayons X, rayons gamma et autres rayons radioactifs), ou de culées et de contrepoids. Les plâtres barytés sont aussi utilisés dans la réalisation de parois de protection aux RX.

2.2.5 Médecine, pharmacie

La barytine est utilisée pour la confection de solutions barytées, servant d'agents de contraste aux RX en radiologie, pour établir des diagnostics médicaux. La barytine pure n'a aucune toxicité pour l'homme (contrairement à certains produits chimiques obtenus à base de baryum).

2.3. LA BARYTINE AU NIVEAU MONDIAL : PRODUCTION, UTILISATIONS, MARCHÉS

2.3.1 Production mondiale

La production mondiale a atteint 8,37 Mt en 2011 (Figure 1). La Chine domine le marché en fournissant près de la moitié de la production (4,1 Mt). Viennent ensuite l'Inde (1,35 Mt, 16 %), les États-Unis (0,7 Mt, 8 %) et le Maroc (0,6 Mt, 7 %).

Dans chacun de ces pays, les réserves sont relativement importantes (> 30 Mt, mais mal connues dans l'ensemble), celles de la Chine risquant de s'épuiser rapidement au rythme actuel de production (consommation intérieure en forte hausse, exportations importantes mais en baisse).

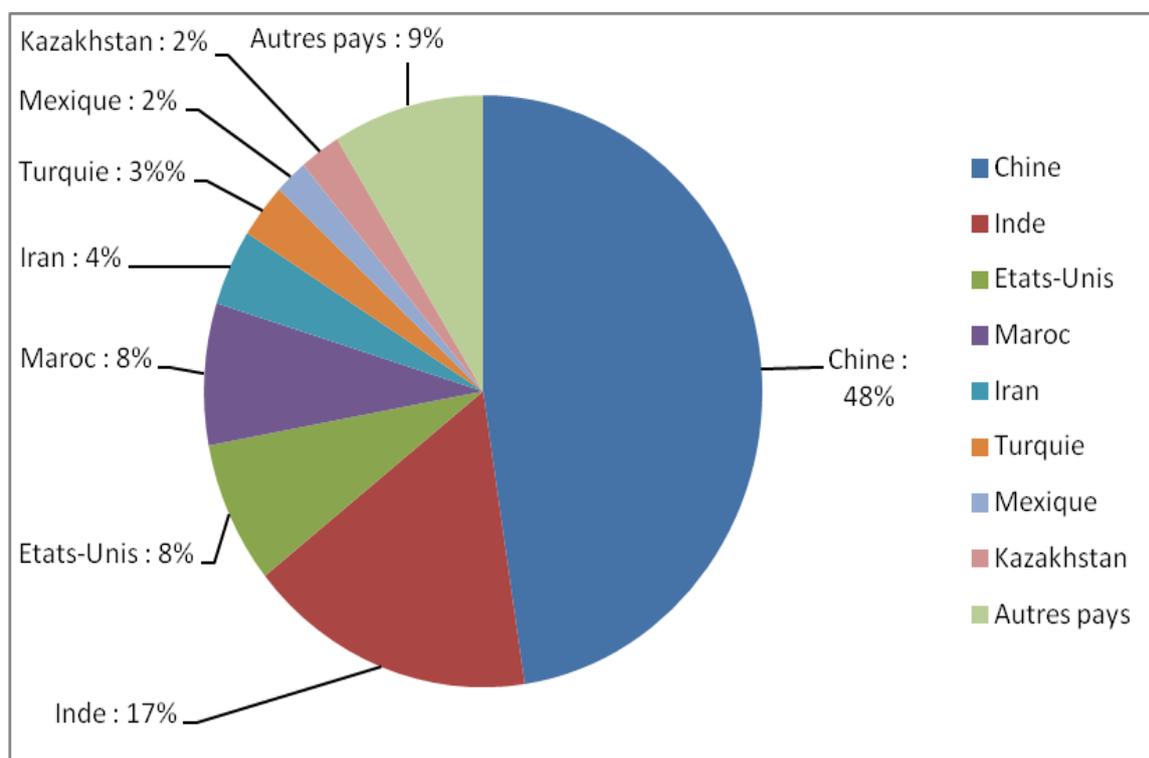


Figure 1 : Répartition de la production mondiale de barytine en 2011 (source USGS).

Cette production, qui semble se stabiliser à un peu plus de 8 Mt depuis 2010, voit la part de la Chine diminuer (par rapport à 2009 où elle était de 52 %), tandis que celle de l'Inde et du Maroc ont légèrement augmenté, celle des USA restant stable (estimations USGS 2011).

Les producteurs secondaires, l'Iran, le Kazakhstan, la Turquie et le Mexique ont notablement augmenté leur production, les deux premiers pays étant par ailleurs des producteurs importants de gaz et de pétrole, pour lesquels les forages de recherche sont consommateurs de barytine.

La production des pays européens est faible, de l'ordre de 200 kt/an, dont 65 kt pour la Russie. L'Union Européenne a donc un rôle mineur dans la production mondiale : le principal producteur est actuellement le Royaume-Uni (50 kt/an, comme sous-produit de l'exploitation de fluorine des « Northern Pennines » et comme production principale du site dédié d'Aberfeldy en Écosse) mais les réserves du pays sont faibles. La production des autres pays (Bulgarie, Slovaquie, Italie) a fortement diminué depuis la fin des années 2000 (de 50 000 t en 2008 à 500 t en 2011 pour la Bulgarie par exemple, source BGS 2011).

2.3.2 Utilisation au niveau mondial

Au niveau mondial, environ 80 % de la barytine est utilisée pour les forages pétroliers (boues lourdes), 10 % comme minéral de charge (peintures, plaquettes de freins, insonorisant pour les automobiles) et dans le BTP (briques barytées et bétons lourds, et 10 % dans la chimie du baryum (verres spéciaux surtout) et la métallurgie. Les USA sont le plus important pays consommateur, environ 3 Mt/an (2,7 Mt en 2013), devant la Chine (1,45 Mt) et les états du Golfe (0,7 Mt).

Les statistiques sont difficiles à établir, dans la mesure où les pays qui sont à la fois producteurs d'hydrocarbures et de barytine ajustent souvent leur production de barytine en fonction de leur activité de recherche pétrolière, pour un marché national restant captif (exemple en Algérie où la production de barytine est destinée aux sondages pétroliers du Sahara). On note dans l'ensemble, au cours de la dernière décennie, une corrélation entre le prix du pétrole brut sur le marché mondial et l'augmentation de la production de barytine, avec des fluctuations liées aux ralentissements ou aux reprises de l'exploration pétrolière (Figure 2).

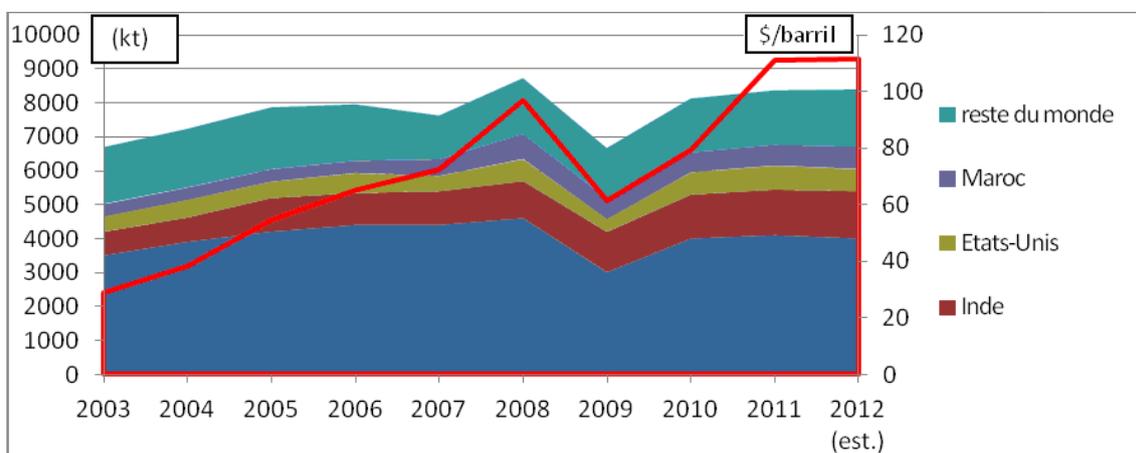


Figure 2 : Évolution et répartition de la production mondiale de barytine (en kt) depuis 2003 en fonction du prix du pétrole brut (en US \$/baril, source USGS).

2.3.3 Prix sur le marché international

Les prix de la tonne de barytine sur le marché international varient suivant les utilisations et la qualité exigée. À fin 2013, ils s'établissent comme suit, d'après Industrial Minerals :

- pour la barytine utilisée dans les boues de forage, la fourchette des prix de base à la tonne se situe entre 130 et 170 \$ US ;
- la barytine utilisée dans les diverses industries (charges plastiques, bétons lourds) se négocie entre 160 et 180 \$ US/t ;
- la barytine blanche utilisée comme charge dans les peintures (granulométrie 350 µm, teneurs de 96-98 % BaSO₄), ainsi que pour l'industrie chimique, est vendue entre 315 et 400 \$ US/t.

Le tableau suivant montre l'évolution des prix des principales qualités de barytine utilisées industriellement entre 2000 et 2013 (Tableau 1).

BARYTINE	broyée pour forages	qualité chimique	qualité charge
Prix en 2000	40/50 \$/t	75/85 \$/t	220 \$/t
Prix fin 2013	109/158 \$/t	167/180 \$/t	235/400 \$/t
Augmentation sur la période	270 - 315 %	210 - 220 %	105 – 180 %

Tableau 1 : Prix des principales variétés de barytine selon qualité sur le marché international et évolution 2000 – 2013 (d'après Industrial Minerals).

Ce tableau succinct permet de vérifier que la forte demande au niveau mondial dans le domaine de l'exploration pétrolière a provoqué en 13 ans le triplement du prix de la barytine pour boues de forage, alors que pour la barytine de qualité chimique/charges minérales les augmentations ont été moins fortes, mais néanmoins significatives.

Dans l'ensemble, si l'on considère la répartition selon les marchés pour les différents secteurs de consommation (80 % pour les forages, 20 % autres utilisations) et en raisonnant en monnaie constante, les prix moyens de la barytine sur le marché international sont environ deux fois plus élevés en 2013 qu'au début des années 2000.

En résumé, cette évolution est liée à trois facteurs :

- augmentation de la demande mondiale, notamment dans le domaine des forages et de la recherche pétrolière ;
- stagnation de la production globale au niveau mondial, en particulier pour la Chine, principal producteur ;
- baisse des exportations de la Chine, du fait de la forte demande pour sa consommation interne.

Ces données restent des éléments de prospective pour suivre l'évolution de la filière dans la prochaine décennie.

3. La barytine : gîtologie et minéralogie, gisements, ressources en France

La barytine $BaSO_4$ est un minéral assez ubiquiste, présent dans des formations géologiques très variées, aussi bien dans les socles anciens que dans les bassins sédimentaires, où il peut former des gisements économiques :

- socles anciens : dans les roches métamorphiques, magmatiques et volcaniques (gneiss, granites, basaltes.. cas les plus fréquents), les occurrences et les gisements sont de type filonien, parfois stratiformes, la barytine étant généralement associée à d'autres minéraux tels que la fluorine, la célestine ($SrSO_4$), le quartz, les sulfures de Pb-Cu-Zn ;
- bassins sédimentaires : dans les grès, calcaires, dolomies et marnes, la barytine se présente en lentilles stratiformes, mais aussi en petits filons dans des fissures de ces roches, les occurrences et les gisements étant moins fréquents que dans les roches de socle.

Il existe également des gisements résiduels, issus du démantèlement et de la dégradation de gisements primaires, ou des accumulations piégées dans des structures géologiques favorables, après remaniement et transport.

Les autres minéraux contenant du baryum sont des carbonates : benstonite, norséthite ($BaMg(CO_3)_2$), withérite ($BaCO_3$), qui ne forment que rarement des gisements économiques. L'oxyde de baryum BaO (ou baryte anhydre) peut se trouver associé en très faible quantité avec la barytine.

3.1. PÉTROGRAPHIE ET MINÉRALOGIE

La barytine cristallise dans le système orthorhombique. Elle forme généralement des concrétions globulaires, fibreuses ou lamellaires, blanches, plus ou moins translucides, ou des cristaux bien individualisés (Figure 3). Ces minéralisations, parfois colorées selon la nature des impuretés (oxydes de fer, sulfures, matière organique, ...), contiennent souvent des traces de Sr, Ca, Mg et Pb.

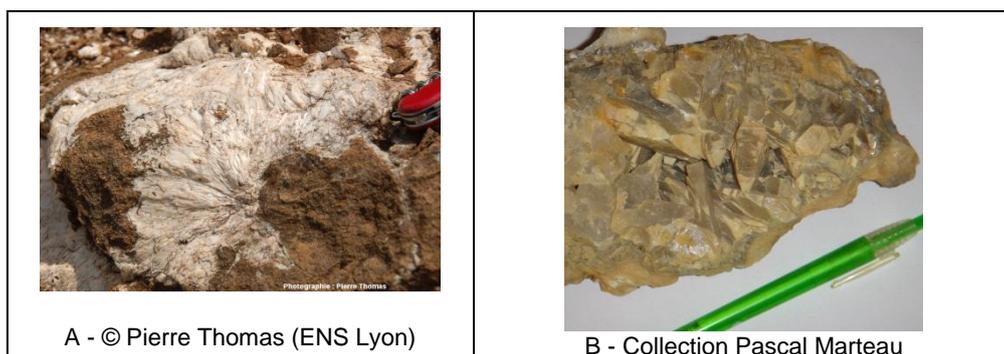


Figure 3 : Barytine lamellaire (Aveyron, ph.A) et barytine crêtée (Morvan, ph.B).

3.2. ORIGINE ET TYPOLOGIE DES GISEMENTS

Les minéralisations et les gisements de barytine sont liés soit aux circulations de fluides hydrothermaux, soit aux dépôts sédimentaires en milieu évaporitique, lagunaire ou lacustre.

Dans les gisements résiduels, la barytine provient de la destruction de minéralisations préexistantes, généralement encaissées dans des dolomies.

Les couches et amas de barytine sont parfois associés à des gisements de sulfures massifs d'origine exhalative. La formation des dépôts est liée à des sources hydrothermales en relation avec une activité volcanique importante plus ou moins discrète. Les plus grands dépôts mondiaux de barytine appartiennent à la catégorie des gisements d'origine hydrothermale-exhalative.

Les gites de barytine sont présents dans les roches sédimentaires, ignées ou métamorphiques, où on peut distinguer trois types de gisements :

- les gisements hydrothermaux filoniens (en contexte de socle ou sédimentaire) sont des remplissages d'origine exhalative, où la barytine cristallise dans des failles, des fractures, des joints ou des plans de stratification (Figure 4). D'importants gisements hydrothermaux de barytine se situent dans des paléokarsts, à l'interface entre socle et couverture sédimentaire. La barytine y est souvent associée à des sulfures (galène, PbS_2) ou des sulfates (célestine, $SrSO_4$). On la retrouve aussi dans des filons de basse température, associée avec des minéraux comme la calcite, la dolomite, la stibine ;

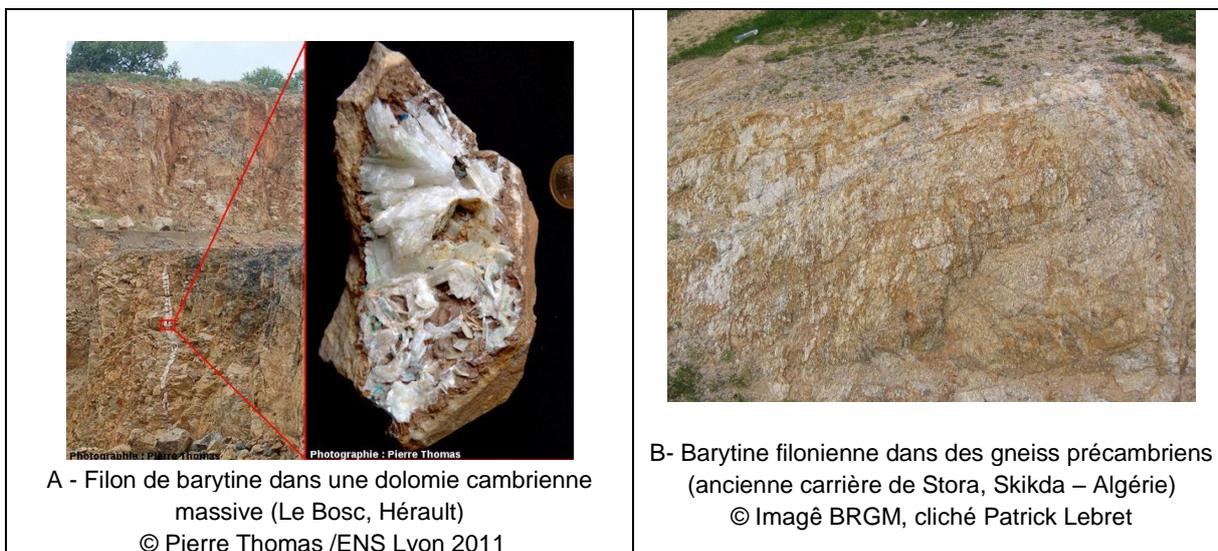


Figure 4 : Minéralisations de barytine filonienne en contextes sédimentaire (ph.A) et métamorphique (ph.B).

- les gisements stratiformes de couverture sédimentaire formés dans un environnement évaporitique, lagunaire ou lacustre, où la barytine fait partie de la séquence sédimentaire. Elle se retrouve en concentration stratiforme (couches, lentilles) ou en nodules, dans des niveaux carbonatés et argileux, (calcaires, dolomies, marnes) ou en tant que ciment dans les grès et les arkoses (Figure 5) ;

En France, ce type de gisement est fréquent, situé à la base de la couverture sédimentaire mésozoïque. Les gisements de Pessens et de Courcelles-Frémy (en association avec la fluorine), parmi les plus importants de France, font partie de cette catégorie.

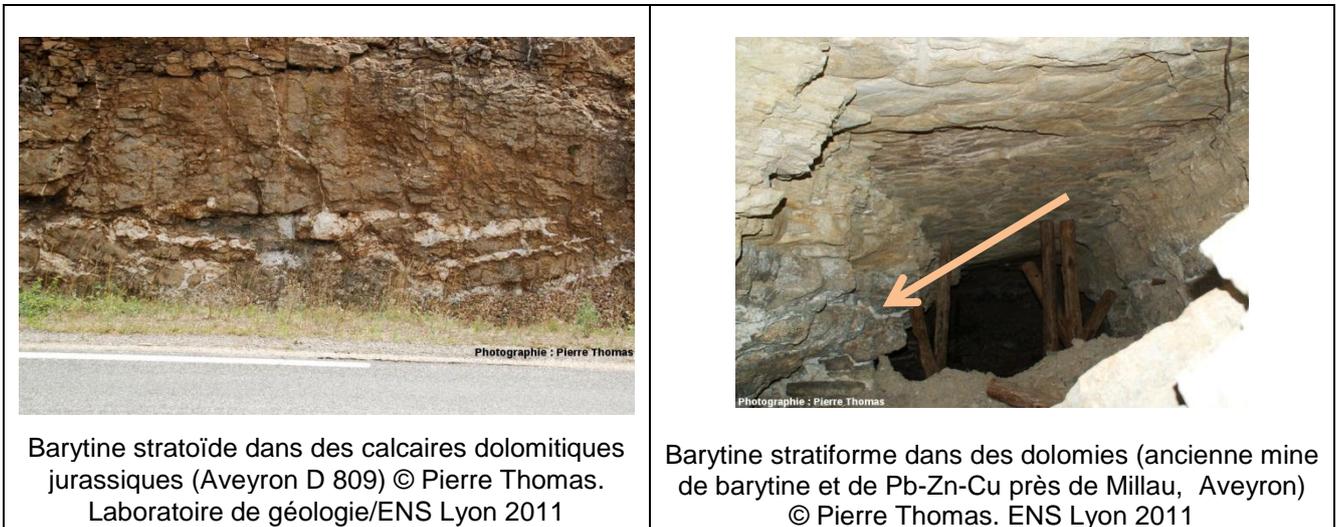


Figure 5 : Minéralisations de barytine stratiforme en contexte sédimentaire.

- les gisements résiduels ou remaniés, où la barytine se concentre, après la destruction d'un gisement primaire généralement carbonaté, dans une matrice argileuse. Ces gisements ont été peu ou pas exploités en France du fait de leur taille insuffisante et d'une concentration en barytine peu élevée.

3.3. GISEMENTS DE BARYTINE EN FRANCE

Il existe 91 gîtes et gisements de barytine répertoriés en France (Annexe p.51), d'après la base de données SIG Mines du BRGM (www.sigminesfrance.brgm.fr).

Plusieurs d'entre eux ont été exploités, dont le plus important est Chaillac (36), jusqu'en 2006, qui est considéré comme épuisé et a été réaménagé.

Certains de ces gisements contiennent encore des ressources potentiellement exploitables (Figure 6). Les gisements exploités ont été intégrés dans la BDCM (base de données Carrières et Matériaux), et des fiches ont été digitalisées à partir des cartes géologiques.

Enfin il existe d'autres gisements, connus mais inexploités, constituant des ressources potentielles en barytine qu'il convient d'étudier précisément.

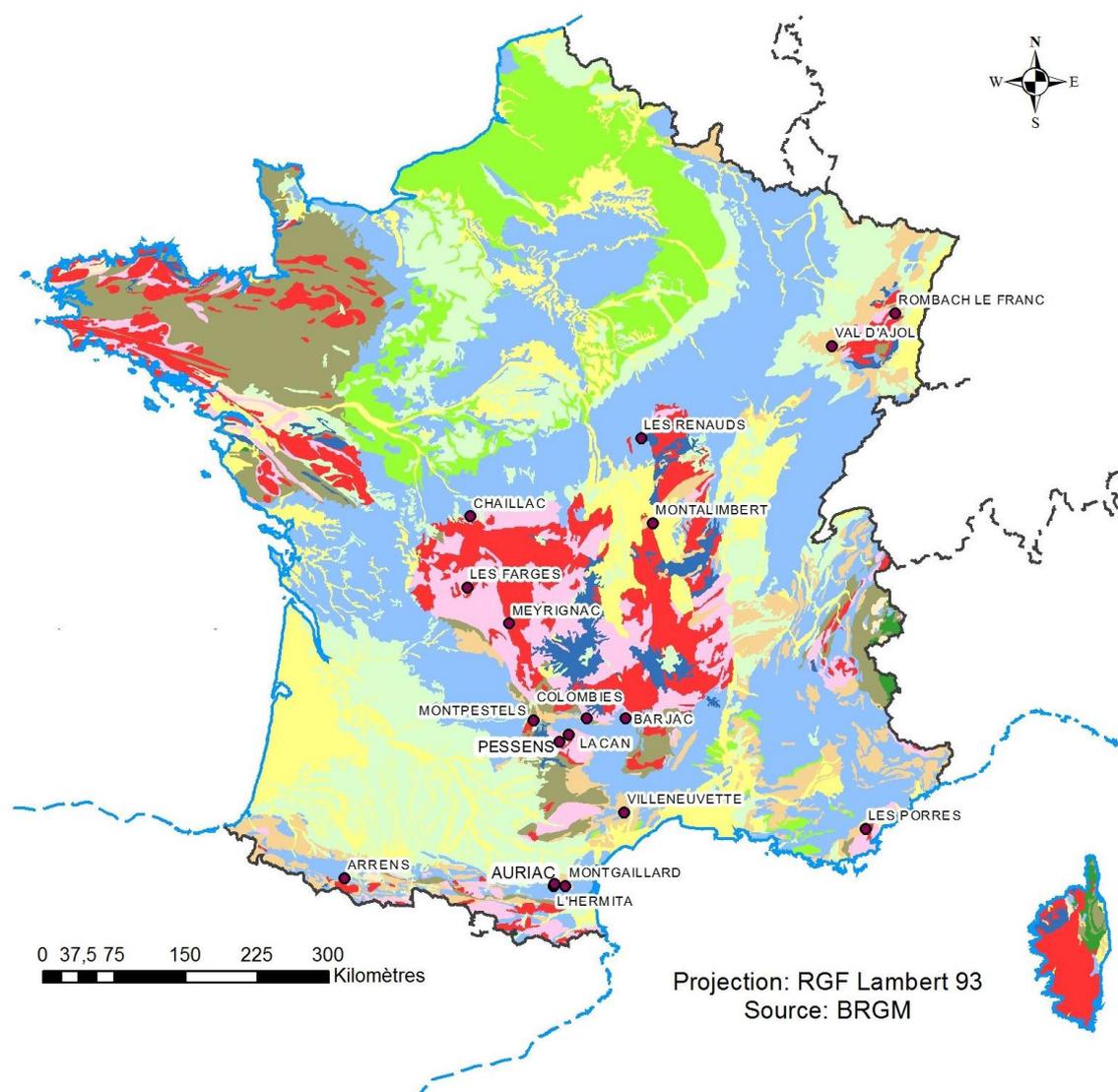


Figure 6 : Localisation des principaux gîtes et gisements de barytine en France métropolitaine (base BDCM – BRGM).

3.3.1 Gîtes et gisements connus, ressources associées

Les gîtes et gisements de barytine reconnus sur le territoire métropolitain sont indiqués dans la liste du système d'informations géo référencées « SIGMINES France » du BRGM (cf. annexe). Concernant leur répartition, on note l'existence de « provinces barytiques » avec des gisements concentrés dans le Massif Central et ses pourtours, ainsi que dans les Pyrénées :

- gisements filoniens de socle, les plus nombreux, mais en général de petites tailles (quelques milliers de tonnes à moins de 1 Mt) dans les départements de Haute-Loire, Allier, Haute-Vienne, Lot, Lozère, Rhône ;
- gisements sédimentaires de couverture (Indre, Aveyron, Hérault..), généralement de tailles importantes (> 1,5 Mt) ;
- gisements mixtes de tailles variables (filons et amas dans des carbonates paléozoïques, Hérault - Montagne Noire, Aude – Corbières) ;

Par ailleurs, il existe un important gisement, de type exhalatif-sédimentaire, lié à des minéralisations à plomb-zinc (Pb-Zn) dans les Pyrénées (Arrens, 65, non-exploité), ainsi qu'un gisement de barytine secondaire lié à l'amas sulfuré cupro-zincifère (Cu-Zn) de Chessy (69).

3.3.2 Anciennes exploitations : productions cumulées, ressources résiduelles

Une cinquantaine d'exploitations de barytine ont eu une production significative, dont environ une vingtaine ayant produit plus de 25 000 t cumulés. Les principaux gisements exploités, dans les provinces barytiques du Massif Central et des Corbières, sont reportés Figure 7 (description en annexe 1).

La production totale de barytine en France depuis la fin du 19^{ème} siècle est de l'ordre de 7,2 Mt, à partir des principaux gisements suivants :

- Chaillac - Les Redoutières (36) : production totale de barytine d'environ 2,7 Mt, (85 000 t en 2002, 40 000 t en 2006 avant arrêt), minerai à 30 % BaSO₄, gisement considéré comme épuisé et maintenant réaménagé ;
- Pessens (12) : gisement sédimentaire de barytine-fluorine (Ba-F), production d'environ 0,9 Mt (fermeture en 1983), gisement non épuisé (0,6 Mt de ressources/réserves, mais surtout en profondeur) ;
- Les Porres (83) : gisement filonien de barytine-fluorine (Ba-F), production d'environ 0,68 Mt (fermeture en 1983), gisement non épuisé (0,3 Mt de ressources/réserves) ;
- Barjac (48) : gisement filonien de couverture (Ba), production d'environ 0,15 Mt (fermeture en 1950), gisement non épuisé (0,1 Mt de ressources/réserves) ;
- Colombières (12) : gisement filonien de socle, production d'environ 0,15 Mt (fermeture en 1983), peu de réserves.

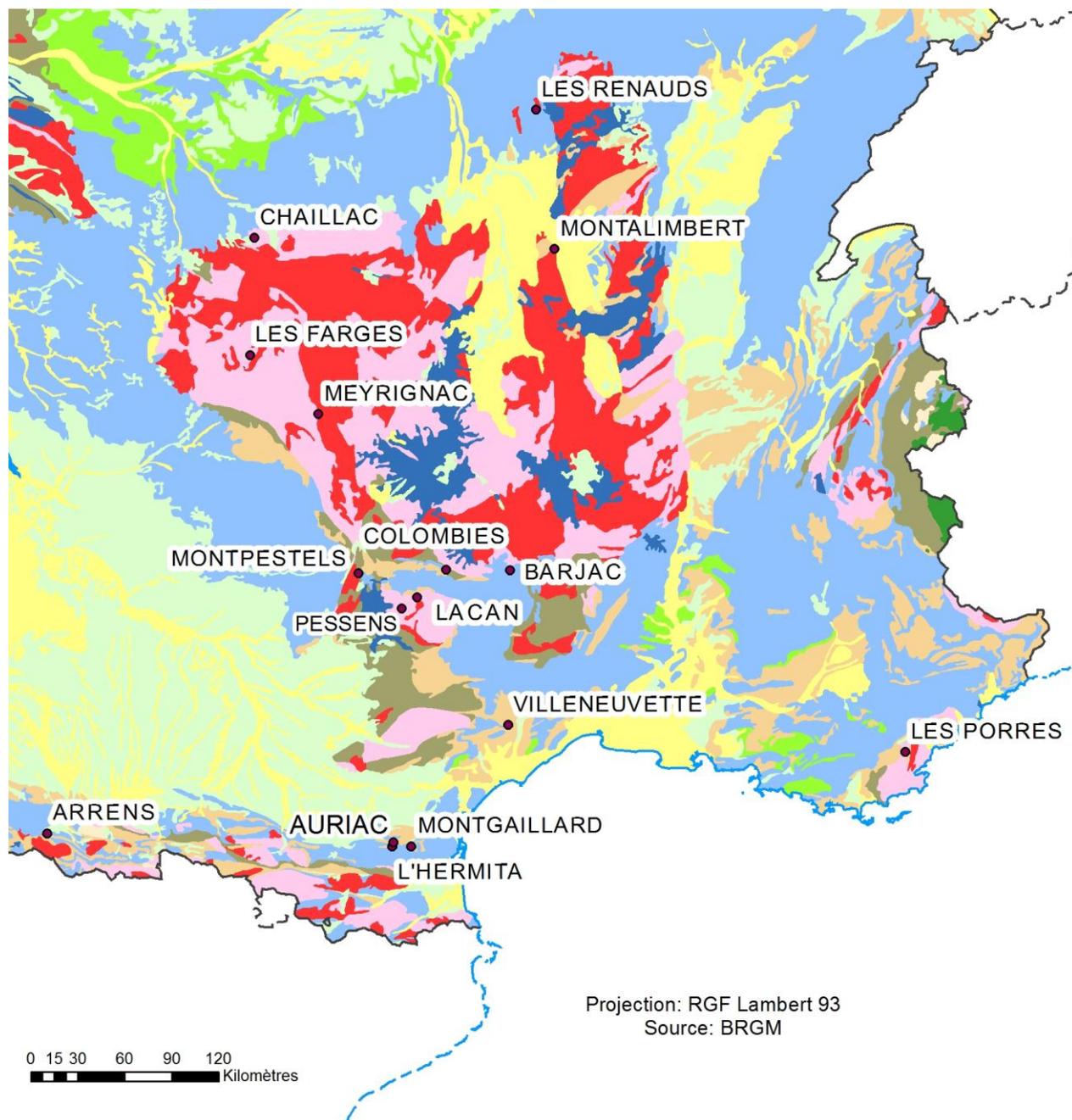


Figure 7 : Principaux gisements exploités en France, dans une période comprise entre la fin du 19^{ème} siècle et le début des années 2000 (base BDCM - BRGM).

3.4. RESSOURCES ET PERSPECTIVES

Dans l'état actuel des connaissances, les ressources géologiques en barytine contenue, dans les gisements répertoriés en métropole, qu'ils aient été exploités ou non, sont estimées à environ 8,5 Mt.

Les réserves potentiellement exploitables restent à déterminer en fonction des conditions technico-économiques et de leur évolution dans le contexte du marché international (prix des produits importés en hausse, nouvelles utilisations industrielles), ainsi que d'après les contraintes environnementales, réglementaires et foncières.

Une revue des gisements contenant des ressources et des réserves potentielles en barytine est effectuée, à titre indicatif, dans les paragraphes suivants.

3.4.1 Ressources potentielles de gisements déjà exploités

Les principaux gisements déjà exploités, renfermant encore des ressources en barytine supérieures à 0,1 Mt (les tonnages indiqués étant des estimations à l'arrêt des travaux), sont les suivants :

- gisement de Pessens (12) : 0,6 Mt (exploitation à envisager en souterrain) ;
- gisement des Porres (83) : 0,3 Mt ;
- gisement de Barjac (48) : 0,1 Mt ;
- gisement de Saint-Geniez d'Olt (12) : 0,3 Mt ;
- gisement de Lacan (12) : 0,75 Mt ;
- gisement de Montpestels (12) : 0,2 Mt ;
- gisement des Farges (19) : 0,4 Mt ;
- gisement de Meyrignac (19) : 0,15 Mt.

Ces gisements sont donc éventuellement, après prise en compte des contraintes environnementales, susceptibles d'être remis en exploitation.

Par ailleurs, la barytine a été un sous-produit de la production de mines de fluorine notamment dans les exploitations de Marigny, Petite-Verrières, La Chaume, Voltennes, Maine, Argentolle, toutes situées dans le Morvan.

Dans l'éventualité de la reprise de certains de ces sites pour la production de fluorine, la barytine associée pourrait être récupérable selon les teneurs (ce qui n'est pas le cas du gisement de fluorine d'Antully (71), qui doit être prochainement mis en production).

Le cas du gisement polymétallique à Cu-Zn de Chessy (69) est particulier : la barytine, sous-produit des minerais sulfurés, qui représente une ressource estimée à 0,86 Mt, ne peut être valorisée qu'en cas de reprise d'exploitation des minerais métalliques.

3.4.2 Ressources potentielles de gisements peu ou pas exploités

Une demi-douzaine de gisements, de type sédimentaire exhalatif ou filonien, vierges ou non-exploités de façon industrielle, sont connus en France métropolitaine. Les ressources pour trois d'entre eux sont les suivantes :

- Arrens (65), 3 Mt (minerai à 77 % de barytine, + calcite, quartz..), le plus important d'entre eux, mais gisement situé dans un contexte difficile (secteur montagnoux , fortes contraintes environnementales) ;
- Les Renauds (58), avec un potentiel de 0,43 Mt de barytine ;
- Ambierlé (42), avec un potentiel de 0,15 Mt de barytine.

D'autres sites (Bricquebecq – 50, Estables – 48 et Badour – 19) restent à l'état de prospects, leurs ressources n'étant pas connues.

3.4.3 Potentiel et contraintes environnementales concernant les principaux gisements

En totalisant les ressources présentant un intérêt économique, on peut estimer le potentiel en barytine sur le territoire métropolitain à environ 4 à 5 Mt.

Toutefois, les contraintes environnementales conditionnant la reprise d'une activité extractive, devront être prises en compte pour étudier la possibilité d'une exploitation, après une étude d'impacts.

Le Tableau 222 ci-dessous liste, pour les principaux gisements déjà exploités renfermant encore des ressources en barytine, ces contraintes environnementales.

EXPLOITATION	Commune et département	Znieff2	Arrêté de protection de biotope	Natura 2000 (importance communautaire)	Natura 2000 protection spéciale	Parcs nationaux	Parcs naturels régionaux	RAMSAR	Réserve biologique	Réserve naturelle nationale	RNCFS	ZICO	znief1
Las Fous	MONTGAILLARD (11)	OUI	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
	VILLENEUVETTE (34)	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI
	LES REAUDS (58)	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Pessens	PESENS (12)	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Les Porres	LES PORRES (83)	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Barjac	BARJAC (48)	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Colombies	COLOMBIES (12)	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Monpestels	MONTPESTELS (12)	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Mont Marcus	L'HERMITA (11)	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Auriac	AURIAC (11)	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI
Les Farges	LES FARGES (19)	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Montalimbert	MONTALIMBERT (03)	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Lacan	LACAN (12)	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Filon Grandegoutte	ROMBACH LE FRANC (68)	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Meyrignac le Bar	MEYRIGNAC (19)	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON
	ARRENS (65)	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
	VAL D'AJOL (88)	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON

Tableau 2 : Contraintes environnementales réglementaires pour les principaux gisements de barytine susceptibles d'être exploités.

4. Modes d'exploitation et de traitements, propriétés des produits, spécifications

4.1. EXPLOITATIONS

L'exploitation minière de barytine dépend des conditions géologiques, structurales, et du type des gisements (filoniens, stratiformes, résiduels), ainsi que de leur morphologie et de leur taille. Elle se fait soit en souterrain par galeries et « chambres » (Figure 8), soit en carrières à ciel ouvert, mécanisées ou artisanales (Figure 9).

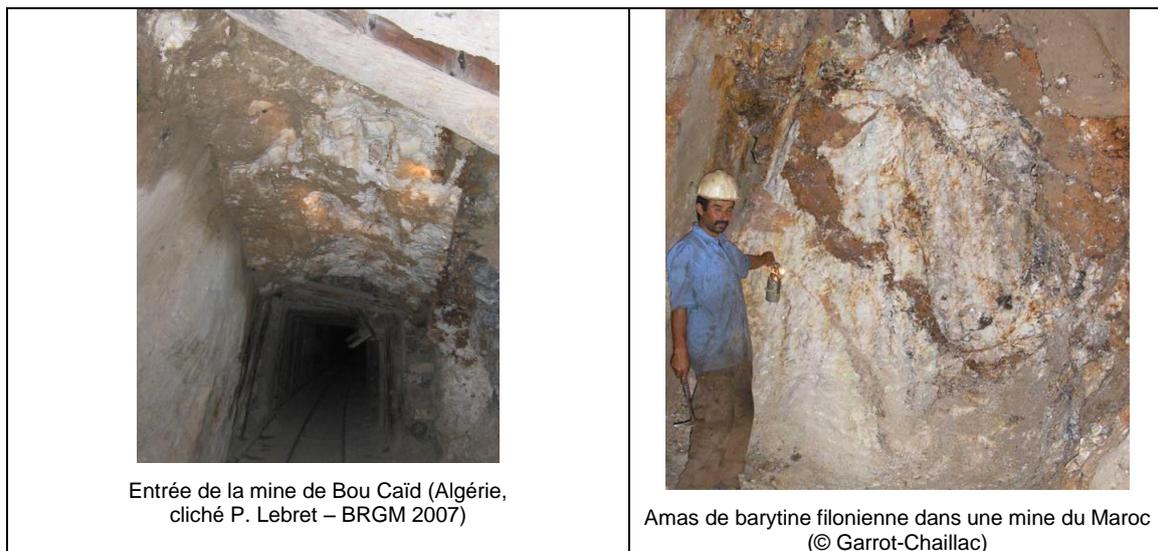


Figure 8 : Exemples d'exploitations souterraines de barytine (Algérie et Maroc).

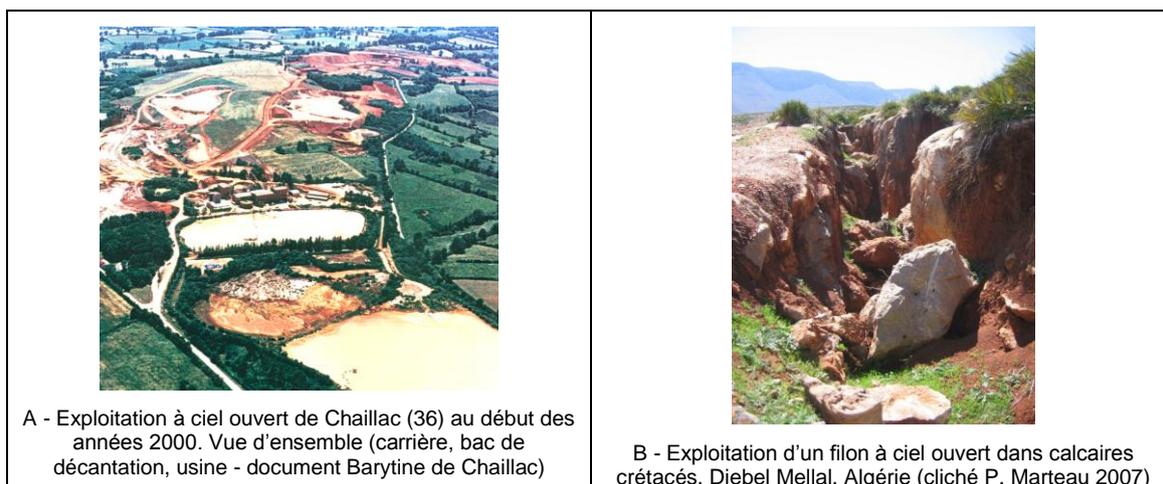


Figure 9 : Exemples d'exploitations de barytine à ciel-ouvert (A - industrielle à Chaillac, B - artisanale en Algérie).

L'exploitation est souvent complexe, la barytine étant plus ou moins disséminée dans la roche encaissante, ou formant des masses irrégulières. L'abattage peut souvent être fait à la main, en souterrain, mais également en surface quand les filons sont de petites dimensions (Figure 9 A).

Dans les pays industrialisés, l'extraction en souterrain étant coûteuse et difficilement rentable (investissements importants, coût de la main d'œuvre important, rendements faibles), elle a généralement cessé et seules les carrières à ciel-ouvert, exploitées mécaniquement, sont en activité. En France le gisement de Chaillac (36), a été exploité de cette façon jusqu'en 2006 (Figure 9-A).

Dans les pays où la main d'œuvre est nombreuse et à plus faible coût (Chine, Inde, Maroc), les exploitations artisanales et semi-industrielles, en galeries souterraines, ou à ciel ouvert de petites dimensions peuvent se développer et se maintenir malgré leur faible productivité.

4.2. TRAITEMENTS DE LA BARYTINE, SPÉCIFICATIONS DES PRODUITS

4.2.1 Traitements primaires

En général, la barytine primaire est obtenue par scheidage (tri manuel), dans le cas de minerais de bonne qualité, ou après concentration par différentes méthodes : flottation (Figure 10), gravimétrie, séparation magnétique.

La suite du traitement comprend les étapes suivantes : séchage, concassage, puis épuration, micronisation selon les usages, éventuellement blanchiment chimique. Dans certains gisements, le « minerai » de barytine, après extraction, est suffisamment pur pour être simplement criblé et concassé.



Figure 10 : Cellules de flottation dans l'usine de Chaillac, traitant la barytine extraite sur place (Cliché F. Barthélémy - BRGM 2004).

La barytine, produite dans le gisement de Chaillac, était obtenue à partir d'un concentré d'une teneur de 98 % ($\text{BaSO}_4 + \text{SrSO}_4$ avec un rapport Sr/Ba de 1 %). Les faibles teneurs en oxydes de fer ($\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1 \%$), en silice ($\text{SiO}_2 < 0,4 \%$) et en fluorine (CaF_2 compris entre 300 et 500 ppm) en faisaient son intérêt.

4.2.2 Enrichissement et élaboration de la barytine industrielle

Selon les applications industrielles et les spécifications requises, la barytine primaire peut suivre les phases de préparations suivantes en usines (Figure 11 et Figure 12) :

- broyage fin et mélange de différentes qualités pour obtenir un produit standard pour la préparation des boues de forage ;
- broyage et micronisation pour obtenir les produits pour charge, avec un indice de blancheur élevé (90 à 94) et éventuellement un blanchiment par traitement chimique pour augmenter cet indice ;

							
WHITE FILLER GRADE BARYTES				BARYTES STANDARD DRILLING GRADE			
Typical Chemical Analysis (wt.%)		Product Description		Properties of Drilling Grade			
				Oil Drilling Grade Barytes (Standard Grade)			
				PROPERTY		SPECIFICATION	
BaSO ₄	>96.0	High content of barium sulphate. Low iron content giving good brightness. Vein type		Specific Gravity, g/cm ³	250 ppm maximum		
SrSO ₄	1.5			Water soluble alkaline earth metals (eg Calcium)	1 ppm maximum		
SiO ₂	0.5			Mercury (Hg)	3 ppm maximum		
Fe ₂ O ₃	<0.1			Cadmium (Cd)	3,000 mg/l maximum		
Typical Trace elements (ppm)		Typical Uses		Extractable Carbonates - wet measurement		1% maximum	
Hg	0.01	Used as filler in paint and various types of plastics. Other filler uses.		Moisture			
Cd	0.01			Product Description			
Pb	0.20			Grey barytes with specific gravity >4.2 and low trace elements, particularly for Hg and Cd, to meet API specifications for Oil Drilling Grade			
Typical Mineralogy by XRD (wt.%)		Shipment		Product Form and Storage			
Barytes	99	Bulk, 0- 80 mm size		Bulk - Lump size, 0 – 150 mm (95% minimum)			
Quartz	1						
Ry Brightness %		Product Storage		Big Bags, 200 mesh (barytes selected and milled in Zhanjiang Plant, China) Store in a cool, dry area			
Specific Gravity		Store in a cool, dry area					

Figure 13 : Exemples de spécification de barytine commercialisée à usage industriel pour charge blanche et forage (source Steinbock Minerals Ltd).

Concernant la barytine pour boues de forage, des normes précises sont spécifiées aux USA par l'API (American Petroleum Institute).

5. Marché français : utilisations, consommation, acteurs industriels, circuits commerciaux

Les utilisations actuelles de barytine en France (2012-2013), ne correspondent pas au schéma mondial général, dans lequel environ 80 % de la consommation est destinée à la préparation de boues de forages de recherche d'hydrocarbures. En effet, les utilisations de la barytine sur le plan national sont essentiellement dans le domaine des charges minérales (peinture, plastiques et caoutchoucs), ainsi que ceux de la verrerie, de la métallurgie, de la chimie et du BTP (bétons et plâtres, enrobés bitumineux).

Avec des importations de l'ordre de 35 000 à 40 000 t/an de barytine naturelle en 2012 et 2013 (soit 0,5 % de la production mondiale), ainsi que d'environ 2000 t/an de barytine de synthèse, la France est en grande partie dépendante de fournisseurs extérieurs (produits bruts ou traités), qui fixent des prix en hausse constante.

5.1. UTILISATION ET CONSOMMATION DE BARYTINE EN FRANCE

5.1.1 Forages (recherche pétrolière, géothermie)

Contrairement à certains pays où l'exploration pétrolière et de « gaz de schistes », est importante, la recherche d'hydrocarbures est limitée en France, où les perspectives de trouver de gros gisements conventionnels sont faibles. On note cependant une activité de forage accrue pour la recherche de gaz de houille, comme en Lorraine actuellement.

D'après les données du MEDDE, il y a eu, en France, de 2010 à fin 2012, 43 forages réalisés pour recherche d'hydrocarbures, totalisant 96 464 mètres forés. La consommation de barytine, estimée à 100 à 200 t/forage (d'après la description de forages d'exploration au Canada), représente environ 4 000 à 8 000 t au total sur une période de 3 ans (1 200 à 2 500 t/an).

Ces données sont estimatives, car les opérateurs pétroliers utilisent des préparations de boues de forages très spécifiques, et apportent directement les produits dont ils ont besoin, dont la barytine. Cette substance ne rentre donc pas nécessairement en tant que matière première importée dans les statistiques du commerce extérieur, car elle fait partie de l'ensemble des produits pour confection de boue importés.

Les principales spécifications de la barytine pour les forages d'hydrocarbure sont :

- densité > 4,2 ;
- faibles teneurs en mercure (Hg) et cadmium (Cd) (d'après API - American Petroleum Institute).

La couleur n'est pas critère retenu pour cet usage, la barytine pouvant être teintée (grise, beige, ocre).

5.1.2 BTP : bétons et briques denses, bitumes, matériaux insonorisants

Utilisations, industries concernées

Dans l'industrie de la construction, la barytine est ajoutée comme granulats (sous forme de sable 0/6) dans certains bétons denses (d= 3,5 contre 2,3 pour les bétons classiques), et est utilisée dans des structures destinées à la protection contre les rayonnements ionisants (RX, rayons gamma, ...), comme les centrales nucléaires, les bases militaires atomiques les salles de radiothérapie, les laboratoires utilisant des éléments radioactifs, ... Les bétons

denses sont aussi utilisés dans la construction de ports ou de terminaux pétroliers, comme contrepoids de ponts, stabilisateurs de conduits sous-marins, ballast de bateaux.

Les briques denses barytées (Figure 14) ainsi que les plaques de plâtre barytées, sont également utilisées pour les mêmes applications de radioprotection, et pour d'autres usages : insonorisant dans la construction, contrepoids pour engins de BTP (culées de grues par exemple, ...).



Figure 14 : Briques denses barytées pour murs anti-radiations (source Garrot-Chaillac).

La barytine est enfin utilisée dans les bitumes haute-densité mis en œuvre dans les zones de passage très fréquentées comme les quais de gare et de métro. L'augmentation de la densité du bitume empêche alors les granulats (calcaires, roches grenues) de s'enfoncer dans le bitume, ce qui renforce la résistance des revêtements à l'usure. La société SMAC propose des produits de ce type (baryphalte, baryprène).

Consommation

Les chiffres précis de consommations en barytine dans les domaines d'utilisation précédemment cités sont difficiles à obtenir. En ce qui concerne les bétons lourds, et les briques barytées, on peut penser que la demande est conjoncturelle, selon la mise en route de chantiers consommateurs (hôpitaux, centrales nucléaires, ...). Pour les plaques de plâtre barytées, elle est liée aux chantiers de construction (logements, bureaux), pour lesquels la demande devrait augmenter en raison de l'augmentation des nuisances sonores dans les agglomérations.

On peut estimer que 15 à 20 % de la barytine importée annuellement en 2012/2013 (soit 6 000 t à 8 000 t) ont été destinés à cet usage BTP.

5.1.3 Charges minérales pour peintures, plastiques, caoutchoucs

Les peintures spéciales anticorrosion (pour construction navale notamment) sont chargées avec des minéraux neutres chimiquement, comme la barytine (et également le talc), qui renforcent la résistance aux attaques chimiques et à la corrosion.

La barytine est utilisée comme charge dans des papiers (films photo barytés), des plastiques (polymères, PVC) et des caoutchoucs, mis en œuvre comme masses lourdes pour absorber les bruits (transports, bâtiments et milieu industriel) :

- caissons, revêtements de capots moteurs et tapis de sol dans l'automobile (principal marché, Figure 15) et l'aéronautique (pour ces usages, des mousses de polyuréthane peuvent être associées à une masse de PVC Baryte), ce qui permet une bonne absorption des bruits aériens avec une bonne efficacité pour les basses fréquences ;
- dalles de sols pour bâtiments exposés au bruit, murs anti-bruits ;
- insonorisation de carters et cabines pour machines industrielles bruyantes (cabines TP, machines à bois, scies) ;

- complexes d'isolation phonique avec protection de surface pour moteurs, pompes, tuyauteries, canalisations d'eaux usées ;
- opacifiant des plastiques (polycarbonates de toiture).

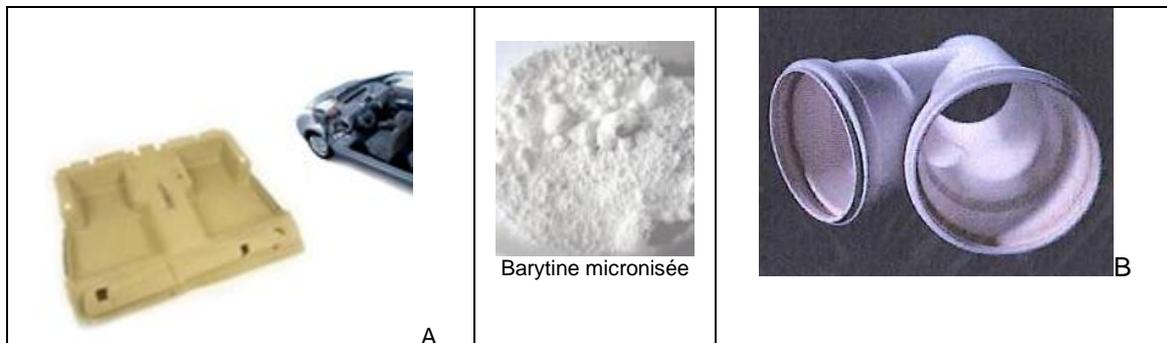


Figure 15 : Pièces manufacturées dans lesquelles la barytine est intégrée comme charge.
A - élément insonorisant de bas de caisse automobile et B - tuyau en plastique extrudé
(source Sibelco).

www.plastiforms.fr

www.cnidep.com : Techniques d'isolation

Consommation

Les chiffres précis de consommation en barytine dans les domaines d'utilisation précédemment cités semblent difficiles à obtenir car ces marchés très ciblés évoluent sans cesse, notamment en ce qui concerne le marché automobile, où la tendance est à la substitution de la barytine par des charges moins denses, comme les carbonates de calcium.

En ce qui concerne les peintures, la consommation semble rester stable. Au total ces deux secteurs représentent probablement de l'ordre de 30 % (10 000 t à 11 000 t/an) de la barytine importée et consommée en France au cours des trois dernières années.

Principales spécifications

La barytine pour charges doit avoir une teneur en $\text{BaSO}_4 > 95 \%$, en $\text{SiO}_2 < 1 \%$ et de faibles traces en métaux lourds. L'indice de blancheur (> 90) est un paramètre important pour les charges utilisées en peinture.

5.1.4 Verrerie, métallurgie, céramiques

Utilisations en verrerie

La barytine est utilisée comme charge dans la verrerie haut-de-gamme (flacons de parfumerie, cristallerie, ...) car elle augmente le lustre et l'indice de réfraction des verres. Dans les verres techniques, comme les isolateurs électriques, elle augmente les propriétés de résistance thermique (Figure 16 A et B).

Les industriels de la verrerie haut-de-gamme (Arc International, Pochet du Courval, Saverglass, ...) sont implantés sur des sites verriers historiques anciens et sont maintenant largement présents sur les marchés mondiaux. Les producteurs de verres techniques (Sediver, Mersen, ...) appartiennent à des groupes industriels multinationaux.

La consommation de barytine dans ces deux secteurs d'activité de la verrerie industrielle est de l'ordre de 3 000 t/an. Les spécifications de la barytine pour verrerie sont sensiblement les

mêmes que pour les charges minérales, sachant qu'il ne doit pas y avoir de minéraux infusibles associés.

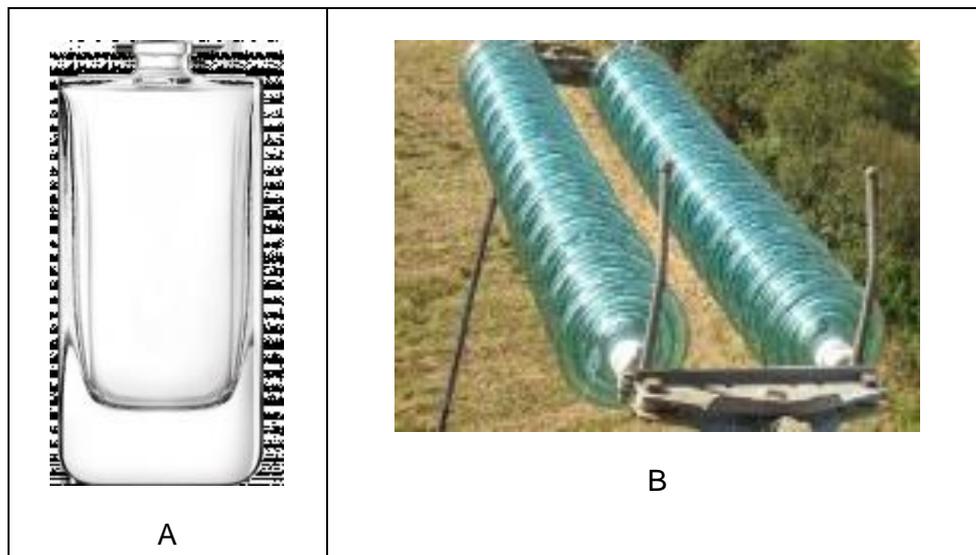


Figure 16 : Flacon de parfumerie (source Saverglass - A) et verre isolateur (cliché RTE – B), utilisant de la barytine dans leur formulation.

Utilisations en métallurgie

Dans la métallurgie, le chlorure de baryum obtenu à partir de barytine est utilisé comme durcisseurs d'acier (aciers au baryum pour turbines) et comme fondants de soudure, ainsi que dans la métallurgie du nickel pour éliminer l'acide sulfurique utilisé. Par ailleurs, l'oxyde de baryum permet d'améliorer le rendement des fours électriques. Les marchés correspondants sont très spécialisés, et les tonnages commercialisés en France dans ce secteur métallurgique sont de l'ordre de 2 000 t/an.

Utilisations en céramiques, réfractaires

Le carbonate de baryum obtenu à partir de la barytine est aussi utilisé comme agent anti-humidité et anti-efflorescence pour les réfractaires mis en œuvre dans l'industrie de l'aluminium et pour les matériaux en terre-cuite, ainsi que pour le recouvrement et le glaçage de matériaux réfractaires (Figure 17).



Figure 17 : Briques et tuiles de haute-qualité, incorporant du carbonate de baryum (source Solvay).

5.1.5 Domaines d'utilisation des sels de baryum produits par l'industrie chimique

La gamme de produits chimiques obtenus à partir du sulfate de baryum est très large. La barytine est à la base d'une chimie dont les produits, sous forme de composés de baryum (carbonate, acétate³, chlorure⁴, oxyde et hydroxyde, nitrate) sont utilisés dans de très nombreux secteurs industriels : verres, papeterie et papier photographique (films barytés pour tirage N&B), céramiques et émaux, traitement des métaux, lubrifiants, épuration des eaux industrielles, pyrotechnie, ...

- le carbonate de baryum, principal sel de baryum produit industriellement, est de moins en moins utilisé car son débouché principal était la formulation de verres spéciaux, pour la fabrication des écrans cathodiques de téléviseurs, remplacés maintenant par les écrans plats⁵. Cependant ce produit reste très demandé dans la fabrication de céramiques, d'électro-céramiques, de ferrites et émaux divers, de matériaux de soudure, de produits pyrotechniques... ;
- le titanate de baryum, BaTiO₃, est un composé important dans l'électronique en tant que diélectrique. Les composants à base de titanate de baryum sont utilisés dans les condensateurs multicouches de type chips, soudables sur circuit imprimé, obtenus par coulage d'une suspension contenant BaTiO₃ avec des liants organiques ;
- l'oxyde de baryum, en enduit sur des cathodes poreuses de tungstène chauffées à 1050 °C, prolonge la durée de vie de celles-ci dans les tubes hyperfréquences ;
- les composés organométalliques contenant du baryum peuvent être ajoutés dans le gas-oil pour réduire les émissions de fumée noire des moteurs diesels ;
- le baryum sert de base pour des pigments comme le « jaune de baryum » composé de chlorure de baryum, de bichromate de potassium et de sodium. Il ne semble plus beaucoup utilisé du fait de sa toxicité et de sa tendance à verdir lorsqu'il est exposé à la lumière ;
- le sulfate de baryum précipité, très insoluble, est un opacifiant en radiologie, compte tenu de sa forte absorption des rayons X. Les suspensions de sulfate de baryum sont utilisées pour des radiographies de l'appareil digestif (BaSO₄ restant par ailleurs insoluble à l'épreuve des sucs acides de l'estomac).

Enfin, le baryum-métal obtenu par réduction de la barytine est un métal blanc argenté, tendre, malléable, qui s'oxyde très vite. Il est très réactif vis-à-vis de l'oxygène, et donc utilisé pour piéger les gaz dans les dispositifs sous vide comme les tubes cathodiques ou les capteurs thermiques à tube.

La consommation dans ces différents domaines est faite uniquement à partir de produits prêts à l'emploi directement importés, ou éventuellement fabriqués en France, dont on peut évaluer les tonnages d'après les données douanières (voir paragraphe 5.2.4).

Principales spécifications de la barytine à usage industriel en chimie

La barytine à usage industriel en chimie doit avoir une teneur en Ba SO₄ > 96-97 %, et présenter de faibles teneurs en :

³ Nocif

⁴ Toxique (INRS 2012)

⁵ Avant l'arrêt de sa production en 2006, la barytine de Chaillac était surtout destinée à l'élaboration de carbonate de baryum pour la fabrication des verres d'écrans de télévision

- $\text{Sr SO}_4 < 0,2 \%$;
- $\text{SiO}_2 < 1 \%$;
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,3 \%$;
- Hg et Cd $< 0,03$ ppm.

5.2. ACTEURS INDUSTRIELS EN FRANCE, FLUX ET CIRCUITS COMMERCIAUX, PRIX

5.2.1 Producteurs, négociants, fournisseurs

Après l'arrêt de la production de barytine dans la carrière de Chaillac (36) en 2006, qui faisait déjà à l'époque face à la concurrence des produits importés (Chine, Inde, Maroc), la filière industrielle et commerciale de la barytine en France s'est restructurée.

Elle comporte actuellement quatre acteurs principaux en France, dont deux ont succédé à la société Barytine de Chaillac, notamment en maintenant l'activité des installations du site (entreprise Barytine & Minéraux Sarl) ou en fournissant les marchés auparavant alimentés par la barytine de Chaillac, avec des produits importés du Maroc (entreprise Garrot-Chaillac).

Barytine & Minéraux Sarl (La Font-à-Bauge, 36310 Chaillac)

La société Barytine & Minéraux Sarl (CA 3 M€) a pour activité principale la préparation par broyage de barytine importée du Maroc (environ 5 000 à 6 000 t/an), dans les installations de l'usine de Chaillac, qui sont restées opérationnelles après la fermeture de la carrière (Figure 18 document Barytine et Minéraux, voir également Figure 11 et Figure 12).

Les produits sont destinés aux marchés de la verrerie haut-de-gamme (flaconnerie), des agrégats (bétons et bitumes haute-densité), de la métallurgie et des charges pour plasturgie et caoutchoucs insonorisants, soit une vingtaine de clients au total dans ces différents débouchés (l'expédition vers les utilisateurs se faisant depuis la plate-forme de Celon dans l'Indre, voisine de l'usine).



Figure 18 : Installation de Barytine & Minéraux sur le site de Chaillac (36) en 2013.

Garrot-Chaillac (siège 34400 Perols) – www.garrot-chaillac.com

La société Garrot-Chaillac résulte historiquement du rapprochement des activités minières des sites de Garrot (exploitation de fluorine - 83) et de Chaillac (barytine - 36). Depuis les années 1950, le groupe a développé un pôle minier (or en Guyane, bauxite en France, manganèse au Maroc).

Actuellement, l'activité de Garrot-Chaillac dans le domaine de la barytine, concerne l'exploitation de la mine de Taza au Maroc, dont la production est en partie importée (6 000 à 7 000 t/an, à teneur en Ba SO₄ > 90 %), pour stockage, traitement et conditionnement en France (usine à Port-la-Nouvelle - 34), l'unité de la société filiale Barium Minerals en Belgique ayant cessé son activité en 2010.

La barytine obtenue après broyage (d > 4,2, de couleur claire à blanc cassé) sert à élaborer une gamme de produits pour BTP et génie civil (briques 3.2, Heavymat BF/BG), soit environ 80 % de la production, utilisés pour la réalisation de bétons lourds de protection aux rayonnements, ainsi que de contrepoids et de lest.

Le reste de la barytine commercialisée (environ 20 % de la production) sert de charges minérales en plasturgie et pour la fabrication de masses lourdes insonorisantes, les autres débouchés étant les charges incorporées dans des résines, ainsi que les applications en métallurgie et la fabrication des écrans pour appareils à tubes à cathodes

Micronor (Minerals Plus) et Minéraux de la Méditerranée (groupe SIBELCO) - www.mineralsplus.sibelco.com - www.ankerpoort.com

L'activité principale de Micronor, basé à Béthune (62) est la préparation ou la commercialisation de minéraux divers pour l'agriculture et l'industrie, dont la barytine dans ce dernier cas. MICRONOR a réalisé en 2012 un chiffre d'affaire (toutes catégories de produits, dont la barytine) de 7,5 M€ avec un effectif de 16 personnes.

Fin 2014, Micronor ne produit plus de barytine, maintenant élaborée dans l'usine de Ankerpoort aux Pays-Bas (origine des importations dans ce pays non connue). Les importations depuis les Pays-Bas de l'ordre de 3 000 t/an en 2011-2012, ont doublé en 2013 et sur les 9 premiers mois de 2014).

La barytine blanche traitée, prête à l'emploi, est maintenant fournie par Ankerpoort sous les marques :

- Diamelia et Portaryte (haute teneur en BaSO₄, faible teneur en fer, forte inertie chimique) ;
- Opalia (haute teneur en BaSO₄, forte inertie chimique).

Les deux premiers produits sont destinés à l'industrie des peintures (charge minérale lourde), à la verrerie (pour augmenter l'indice de réfraction et le lustre des verres), ainsi qu'à la métallurgie de l'aluminium (agents anti-agglomérants et revêtement de réfractaires). La gamme Opalia fournit des produits utilisés comme agrégats pour les bétons et comme mortiers absorbants de RX.

L'autre filiale du groupe SIBELCO, Minerais de la Méditerranée, est basée à Balaruc-les-Bains, dans la zone portuaire de Sète (34). La barytine est importée (du Maroc, ainsi que de Chine ?) et conditionnée dans l'usine du site. Les tonnages ne sont pas connus.

La gamme de produits semble destinée au marché des charges (peintures), ainsi qu'au BTP et au Génie civil (bétons lourds, ...). Le CA de Minerais de la Méditerranée (toutes catégories de minéraux industriels mis sur le marché) est de 7,9 M€ (2013).

SOLVAY - www.solvay-bariumstrontium.de

Solvay produit à Hanovre en Allemagne, au travers de sa filiale Solvay & CPC Barium Strontium GmbH, une gamme de composés chimiques à base de baryum (carbonate, hydroxyde, nitrate) destinés à la fabrication de verres, céramiques, composants pour électronique, ...

Avec l'arrêt de la production de carbonate de baryum en France depuis le début des années 80, Solvay semble donc le principal fournisseur de la gamme des produits chimiques à base de baryum sur le marché français, depuis ses sites à l'étranger :

- carbonate de baryum : 5 298 t ont été importé d'Allemagne en 2013 (soit 40 % des importations totales de ce produit) ;
- sulfate de baryum précipité : 1 317 t ont été importé d'Allemagne en 2013 (soit 70 % des importations totales de ce produit).

5.2.2 Importations et exportations de barytine naturelle, prix

Selon les statistiques du commerce extérieur, les importations de barytine naturelle, brute ou traitée, ont été de :

- 29 270 t en 2011 (pour un montant de 9,004 M€) ;
- 40 045 t en 2012 (pour 8,042 M€) ;
- 32 495 t en 2013 (pour 7,685 M€).

Les exportations sont très faibles, quelques centaines de tonnes/an (en partie couvertes par le secret statistique), probablement des matériaux en transit ou des produits traités et affinés en France pour des utilisations dans des marchés de niche.

On constate donc une augmentation des importations entre les années 2011 et 2012 puis une baisse en 2013, qui se confirme sur les 9 premiers mois de 2014.

Le premier fournisseur est la Chine, le Maroc prenant la seconde place devant l'Espagne et les Pays-Bas. Les autres pays européens (l'Allemagne et la Suède) sont des fournisseurs de produits traités. Il convient de noter que la Suède est un nouveau pays fournisseur de barytine depuis 2012 (cf. Tableau 333). Pour les 9 premiers mois de 2014, les importations en provenance de Chine sont en forte baisse, alors que celles depuis les Pays-Bas sont en hausse (les parts de l'Espagne, du Maroc, de l'Allemagne et de la Suède étant assez constantes).

IMPORTATIONS (t)	2011		2012		2013		2014 (janvier à septembre)
Chine	12 138 t	(41 %)	16 401 t	(41 %)	9 859 t	(30 %)	1 250 t
Maroc	1 837 t	(6 %)	11 480 t	(29 %)	6 601 t	(20 %)	3 688 t
Espagne	6 017 t	(20 %)	5 265 t	(13 %)	4 968 t	(15 %)	3 223 t
Pays-Bas	3 018 t	(10 %)	3 044 t	(7,6 %)	5 559 t	(17 %)	5 855 t
Allemagne	1 687 t	(6 %)	1 792 t	(4,5 %)	1 713 t	(5,3 %)	1 255 t
USA	1 014 t	(3,5 %)	644 t	(1,6 %)	114 t		
Libéria					1 098 t	(3 %)	
Suède			18 t		628 t	(2 %)	627 t
Autres	5 246 t	(18 %)	1 401 t	(3,5 %)	900 t	(2,5 %)	
TOTAL	29 270 t		40 045 t		32 495 t		16 640 t

Tableau 3 : Importations de barytine en France par pays d'origine (2011 à 2013) et tendance pour 2014.

D'après l'origine des importations et les principales sources d'approvisionnement en barytine (de 2011 à 2013), on note que :

- la Chine est le premier fournisseur (41 % en 2011 et en 2012) mais sa part décline en 2013. Le prix moyen à la tonne importée passe de 146 à 191 €/t, soit une augmentation de 30 % en deux ans. Il correspond cependant à une barytine de qualité industrielle moyenne ;
- le Maroc passe à la seconde place des pays fournisseurs (de 6 % à plus de 20 %), du fait des importations de Garrot-Chaillac (qui exploite la mine de Taza dans le nord du pays) et de Barytine & Minéraux (qui s'approvisionne presque exclusivement dans ce pays), avec des prix moyens stables à environ 105 €/t, ce qui correspond à une barytine brute de qualité moyenne à bonne (barytine blanche), pour obtenir des produits standards à usage industriel ;
- l'Espagne passe de la seconde à la troisième place (20 % à 15 %), en fournissant une barytine déjà traitée, dont les prix ont augmenté de 24 % de 2011 à 2013 (passant de 270 à 335 €/t), donc des produits de qualité industrielle BTP/charge/chimie. *Il est à noter que la société Minerals Girona, implantée en Catalogne à proximité de la frontière, commercialise directement la barytine (produits BariStar, BariFlor, BariNiv) qu'elle importe et traite dans son usine (Girona) pour fournir des utilisateurs industriels (BTP, charges..) en France ;*
- les autres fournisseurs (Pays-Bas, Allemagne et la Suède, nouvellement arrivée sur le marché), fournissent des produits haut-de-gamme pour charges et chimie, dont les prix sont compris entre 370 et 508 €/t (augmentations de 4 % à 16 % en 2 ans) ;
- le Liberia apparaît en 2013 comme un nouveau producteur, à la suite de l'exploitation d'un gisement de barytine de haute qualité (Margibi, 0,55 Mt de réserves au minimum), par la société Steinbock basée en Suisse.

Le prix moyen de la tonne de barytine naturelle importée a augmenté de 10 % entre 2012 et 2013 : 220 € contre 200 € en moyenne, mais avec des écarts importants comme le montre l'analyse cas par cas selon les pays d'origine. Les exportations sont très faibles en tonnage, avec des prix élevés (> 1200 €/t) correspondant à des produits marchands de haute pureté (pour chimie, charges, pyrotechnie..).

Au total, le solde de la balance commerciale concernant la barytine naturelle est très déficitaire, s'élevant à plus de 15 M€ sur 2 ans pour la période 2012-2013 (Tableau 4).

BARYTINE	Tonnage	Valeur	Partenaires commerciaux (volume)
Importations 2012	40 045 t	8,042 M€ Prix moyen 200 €/t	Chine (41%), Maroc (29%), Espagne (13%)
Exportations 2012	102 t	0,128 M€ Prix moyen 1255 €/t	UE (52%)
Solde balance commerciale 2012	- 39 943 t	- 7,914 M€	
Importations 2013	32 495 t	7,685 M€ Prix moyen 236 €/t	Chine (30%), Maroc (20%), Espagne (15%)
Exportations 11/2012 à 11/2013	50 t	0,065 M€ Prix moyen 1300 €/t	UE (82%)
Solde balance commerciale 2013	- 32 445t	- 7,620 M€	
Variation des importations 2013/2012 (%)	-17%	-3%	
Solde balance commerciale 2013- 2012	- 72 388 t	- 15,53 M€	

Tableau 4 : Bilan du marché de la barytine en tonnage et en valeur en 2012-2013.

5.2.3 Importations et exportations de carbonate de baryum naturel

En ce qui concerne les importations de carbonate de baryum naturel (withérite), elles sont de l'ordre de quelques dizaines de tonnes (186 t en 2013), pour une très faible valeur (13 000 € en 2013). Par contre, le carbonate de baryum synthétique fait l'objet d'un marché beaucoup plus important (voir paragraphe suivant).

5.2.4 Produits chimiques à base de baryum : importations, exportations

Selon les statistiques du commerce extérieur, les importations de produits chimiques à base de baryum (carbonate de baryum, sulfate de baryum précipité, oxydes divers, baryum métal) sont importantes, en tonnages mais surtout en valeur.

Carbonate de baryum synthétique :

- importations :
 - 14 645 t en 2012 (pour 9,568 M€, soit 653 €/t),
 - 13 078 t en 2013 (pour 6,694 M€ soit 512 €/t).

Le premier fournisseur reste l'Allemagne, mais la Chine prend la seconde place, en forte augmentation en 2013 car les prix sont inférieurs de 50 % à ceux des produits allemands. Les deux autres fournisseurs sont les USA et l'Espagne. Les exportations sont couvertes par le secret statistique. En comparaison, les flux de carbonate de baryum naturel sont très limités : importations entre 250 et 300 t, exportations variables, de quelques dizaines à quelques centaines de tonnes.

Sulfate de baryum précipité :

- importations :
 - 1 963 t en 2012 (pour 2,340 M€, soit 1192 €/t),
 - 1 883 t en 2013 (pour 2,626 M€, 1395 €/t).

Le premier fournisseur est l'Allemagne, largement devant l'Espagne et l'Italie. Les exportations sont très limitées (quelques dizaines de tonnes/an).

En ce qui concerne les oxydes, hydroxydes, peroxydes, ainsi que le baryum métal, les statistiques sont conjointes avec celles des composés de strontium, on ne connaît donc pas la part respective de chacun des composés. Les importations sont :

- oxydes, hydroxydes, peroxydes de Ba et de Sr (2013) : 206 t, pour 0,581 M€ ;
- baryum et strontium métal (2013) : 39 t pour 0,386 M€.

5.2.5 Balance commerciale totale : barytine (naturelle et de synthèse) et produits chimiques à base de baryum

Il apparaît que les importations cumulées de barytine (naturelle et synthétiques), ainsi que des produits chimiques à base de baryum, représentent un déficit de la balance commerciale global de l'ordre de 18,6 M€ en 2012.

5.2.6 Arrivages et transport

La totalité de la barytine importée du Maroc transite par les ports de :

- Sète (où se trouve une unité de concassage-criblage de Garrot-Chaillac) ;
- La Rochelle ou la barytine importée du Maroc par Barytine & Minéraux est ensuite expédiée par camion jusqu'à l'usine de Chaillac pour y être traitée et conditionnée, avant d'être expédiée vers les utilisateurs depuis la plate-forme de Celon voisine ;



Figure 19 : Vue de la plate-forme de Celon (36) d'où est re-expédiée la barytine importée du Maroc et traitée à Chaillac.

- Anvers ou Rotterdam pour les marchés du nord de la France.

La barytine importée de Chine transite probablement par les ports de Sète, d'Anvers et de Rotterdam, mais les tonnages respectifs ne sont pas connus. La barytine importée des pays voisins transite soit par voie fluviale (des Pays-Bas vers le site de Béthune qui doit maintenant servir de relais) soit par la route (depuis l'Espagne, l'Allemagne, ...).

6. Aspects socio-économiques, prospective et développement durable

6.1. ÉCONOMIE

Deux sociétés ont pour activité principale l'importation, le traitement et la fourniture de barytine à usage industriel en France, à partir des matériaux importés :

- **Garrot-Chailac**, qui importe et conditionne la barytine du Maroc, où la société possède une mine (qui emploie localement un personnel assez nombreux). CA du groupe : 8,4 M€ ;
- **Barytine & Minéraux Sarl**, qui importe et conditionne également la barytine achetée au Maroc. Le CA total de Barytine & Minéraux est de 3 M€.

Les clients de ces deux sociétés sont, dans les différents domaines suivants :

- la verrerie haut-de-gamme, par exemple les Cristalleries d'Arc ;
- la métallurgie (utilisation de chlorure de Ba pour aciers au baryum), par la société américaine « Ferrotherm » notamment ;
- dans le BTP, de nombreuses sociétés, dont les cimentiers, pour l'élaboration de produits comme les bétons et briques haute-densité, les bitumes spéciaux etc. ;
- dans le domaine de la plasturgie de nombreuses entreprises, où la barytine est utilisée en tant que charge fonctionnelle dans la fabrication de certains PVC, de matériaux insonorisants etc. ;
- dans le domaine de la fabrication de peintures, où la barytine est également utilisée en tant que charge fonctionnelle.

La barytine n'est pas employée seule, quand elle est utilisée en tant que charge minérale, du fait de ses propriétés particulières par rapport aux autres minéraux. Comme elle est associée à d'autres composants, on ne peut pas distinguer la part spécifique destinée pour cet usage.

Il est difficile de connaître la part correspondant à la barytine, dans l'activité des filiales des grands groupes internationaux que sont notamment Sibelco et Solvay qui produisent, transforment, et commercialisent d'autres minéraux :

- Sibelco, via ses filiales Micronor et Minerais de la Méditerranée, avec les 2 sites de Balaruc-les-Bains (34), et de Béthune (62) en arrêt ;
- Solvay qui importe des produits élaborés, essentiellement depuis ses sites en Allemagne.

Au final, les emplois induits sont assez importants mais non quantifiables : transporteurs, utilisateurs dans de nombreux domaines industriels...

6.2. ÉVOLUTION ATTENDUE DE LA CONSOMMATION, PROSPECTIVE

L'évolution attendue de la consommation de barytine en France, actuellement de l'ordre de 35 000 t/an, est liée à celle des principaux marchés suivants :

- charges pour PVC, caoutchoucs, matériaux insonorisants, ... Dans ce domaine varié et contrasté, la part de matériaux destinés à l'industrie automobile est en déclin, dans la mesure où l'industrie automobile se délocalise, ou fait appel à des fournisseurs d'équipement à l'étranger ;

- BTP : cette activité étant conjoncturelle (construction d'hôpitaux avec salles de radiologie, de centrales nucléaires...), on ne peut pas faire de pronostics sur l'évolution de la consommation en barytine dans les bétons lourds anti-radiation. Néanmoins, les qualités des bétons et plâtres barytés comme matériaux insonorisants sont de plus en plus utilisées pour la construction de logements ;
- industries : verrerie haut-de-gamme, peintures – maintien de la consommation de barytine sauf si délocalisation de ces industries.

Cette diversité des utilisations est une garantie de maintien d'un volume de consommation globale sensiblement au niveau actuel. Le développement éventuel de la recherche d'hydrocarbures non-conventionnels (gaz de houillet et gaz de schistes) donnerait lieu à une demande conséquente en barytine pour boues de forage.

6.3. DÉVELOPPEMENT DURABLE, RECYCLAGE ET SUBSTITUTION

La barytine est qualifiée de « naturelle, verte et propre » par la Baryte Association. Ce matériau est en effet inerte chimiquement, mais sa production à partir de « minerais » composites, comprenant notamment des sulfures, est susceptible de générer des stériles et des sous-produits sources de pollutions s'ils ne sont pas stockés dans des conditions où ils sont à l'abri des ruissellements et des infiltrations pouvant provoquer des phénomènes de lixiviation.

Dans la plupart des domaines d'utilisation, la barytine mise en œuvre est dispersée, ou disparaît en cours d'usage et ne peut être recyclée : charges en peinture, boues de forage, usage médicamenteux, ... Cependant, certains produits manufacturés contenant de la barytine pourraient être réutilisés, moyennant une identification préliminaire (ex : apposition d'une identification sur leur contenu en barytine) et un tri sélectif (ex : les briques et plaques barytées du BTP, certains plastiques et caoutchoucs utilisés comme isolants phoniques, notamment dans l'industrie automobile).

Pour certaines utilisations, notamment dans le domaine des charges, une alternative à l'emploi de la barytine existe :

- charges carbonatées (craie, calcaires, dolomie) dans les PVC et les matériaux isolants phoniques ;
- talc, oxyde de titane dans les peintures.

Pour d'autres usages (verrerie, structures de protection contre les radiations...) la barytine reste un matériau adapté, par ses propriétés particulières, et les qualités qu'elle procure aux produits manufacturés.

Dans la confection des boues de forage, d'autres produits peuvent être utilisés : la bentonite, qui a des propriétés de colmatage, mais étant moins dense, fait moins bien obstacle aux pressions de fluides. Des minéraux de densité élevée, comme l'ilménite et l'hématite, peuvent convenir, mais leur coût est plus élevé, et ces produits n'ont pas la neutralité de la barytine et peuvent contenir des métaux polluants.

6.4. CRITICITÉ

La barytine fait partie des minéraux industriels de plus en plus recherchés sur le marché international, pour les raisons suivantes :

- forte demande pour les forages d'hydrocarbure (pétrole, gaz conventionnel, de houille, gaz de schistes..), notamment dans les pays comme les USA, la Chine, le Canada, la Russie, les pays du Moyen-Orient, les pays riverains de la Mer du Nord ;
- baisse des exportations de la Chine, dont le marché intérieur est de plus en plus demandeur et consommateur ;
- diversification des utilisations pour des produits très élaborés, notamment dans la plasturgie, la verrerie et l'automobile.

Cette évolution se traduit depuis une douzaine d'années par une hausse générale des prix et une augmentation de 150 % à 340 % sur le marché international, selon les qualités et les utilisations.

Aussi la barytine est une matière première minérale considérée comme soumise à un risque d'approvisionnement relativement élevé (d'après Industrial Minerals 2012 (Figure 20).

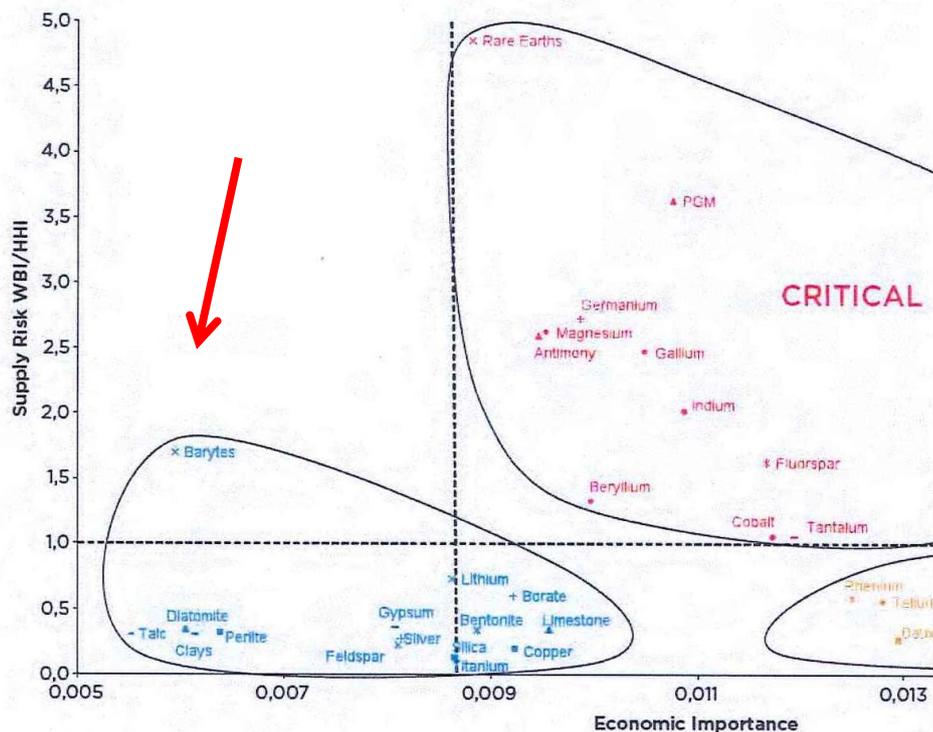


Figure 20 : Criticité de la barytine au niveau mondial (Industrial Minerals 2012).

Depuis 2012, son importance économique augmente de façon significative en fonction de la demande accrue des marchés du secteur pétrolier.

Il est à noter que les importations de barytine dans l'UE correspondent à plus de 60 % des besoins des pays concernés, et actuellement de 100 % de ceux de la France.

6.5. PERSPECTIVES POUR UNE REPRISE DE L'EXPLOITATION ET DE LA PRODUCTION DE BARYTINE EN FRANCE

Avec des ressources géologiques de l'ordre de 8,5 Mt, dont environ la moitié pourrait représenter des réserves potentielles, estimées entre 4 et 5 Mt, les gisements connus dans le sous-sol métropolitain sont en principe susceptibles d'assurer une production correspondant en grande partie aux besoins et aux différents usages industriels de la barytine pour plusieurs décennies, au rythme actuel de consommation et dans la perspective de développement de certains usages.

Les possibilités d'exploitation de la barytine en France, à partir de gisements déjà partiellement exploités ou non, sont liées aux conditions technico-économiques actuelles du marché. En France, ce dernier qui est alimenté à partir de barytine importée, brut ou élaborée, de différentes qualités, avec des prix allant de 200 €/t à 1 200 €/t. Cependant, l'augmentation constante des prix des produits importés, dépendant des diverses qualités de barytine (de grades forages, charges minérales ou de grade chimique) sont des facteurs qui peuvent se révéler favorables à la remise en production et au développement de certains gisements.

Il est à noter que la production de barytine comme coproduit ou sous-produit d'autres substances susceptibles d'être exploitées (sulfures, fluorine, carbonates, ...) bien que possible, n'est pas à l'ordre du jour dans le cas des gisements français : on peut citer l'exemple actuel de la mise en production prochaine du gisement de fluorine d'Antully (71), dans lequel la concentration en barytine est trop faible pour permettre une récupération économique de cette substance.

Les contraintes réglementaires et environnementales, pouvant être rédhibitoires, sont les autres paramètres à prendre en considération avant tout projet d'exploitation.

7. Conclusions et recommandations

La réactualisation de ce mémento relatif à la barytine montre que cette substance et ses dérivés, avec leurs propriétés particulières, sont toujours utilisés de façon importante dans de nombreux domaines industriels (chimie, pharmacie, médecine, charges minérales, boues de forages d'hydrocarbures, génie civil et BTP).

Les produits manufacturés à base de barytine et de produits dérivés sont très divers (briques en béton barytés, verres technique ou flaconnerie de luxe, peintures, éléments d'habitacles de voitures ou d'engins de chantier, ...), et ont des valeurs ajoutées importantes.

Du fait de l'importance de la barytine et des produits dérivés, pour ces activités et pour les utilisations industrielles au niveau mondial, l'approvisionnement en matières premières est maintenant considéré comme de plus en plus sensible (Industrial Minerals, 2012). Les prix moyens sur le marché international ont fortement augmenté depuis le début des années 2000.

La France, où la barytine n'est plus exploitée depuis 2006, importe annuellement environ 45 000 t de barytine brute et de produits dérivés, alors qu'elle dispose encore de ressources et de réserves, à partir de nombreux gisements, partiellement exploités ou restés intacts.

Dans la mesure où les utilisations industrielles de la barytine et des autres produits à base de baryum se maintiennent et ont même tendance à augmenter et à se diversifier dans certains domaines, une remise en exploitation de gisements connus en France pourrait être envisagée, afin d'approvisionner la filière industrielle et de réduire les importations.

Au regard des informations contenues dans ce rapport, ce potentiel pourrait maintenant faire l'objet d'études spécifiques, concernant la faisabilité technique et économique de projets prenant en compte les données environnementales et sociétales.

8. Bibliographie

Albouy L., Rousseau C. (1993) - Mémento roches et minéraux industriels. La barytine, Rapport BRGM R-37775.

Barytine & Minéraux – Annexe manuel qualité. Présentation de l'entreprise.

BRGM - SIG Mines (2000) – La barytine.

Harben P. (2002) - The Industrial Minerals HandyBook - A Guide to Markets, Specifications, & Prices, Fourth Edition, Royaume-Uni : Industrial Minerals Information Services, 412 p.

Highley D., Bonel K. (2006) - Mineral Planning Factsheet: Barytes, Royaume-Uni : British Geological Survey, 5p.

Industrial Minerals (juin 2013) – Barite – more than a weighting agent.

Lismore S. (2013) - Rare earths top BGS Risk List as industrial minerals move up ranks. Oilfield uses means barites is biggest mover. Industrial Minerals, février 2013.

Marcoux E., Sizaret S. (2002) - Le gisement de barytine et de fluorine de Chaillac. Géologues n° 130/131, p.176-180.

Marteau, P. (2013) - Fiche technique Barytine. *In* : Guide des mines et carrières 2013. Société de l'Industrie Minérale

Marteau, P. (2009) - Aperçu du marché mondial de la barytine, Ecomine, p.49-52

Miller, M. (2013) - Barite, Mineral Commodity Summaries [En ligne], Etats-Unis: U.S. Geological Survey, Consulté le 28/10/2013. Disponible sur : <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/barite/mcs-2013-barit.pdf>>

Mills, P. (2004) - Barium minerals, Industrial Minerals and Rocks, p. 219-225

Morio M, Gougis S. (1980) - Etude minéralurgique préliminaire d'un échantillon de minerai de barytine d'Arrens (65). Rapport BRGM 80/SGN/128 MIN

Site Internet : SIG Mines France : <http://sigminesfrance.brgm.fr/>

Site général : Industrial Minerals : www.indmin.com

Société française de chimie : www.societechimiquedefrance.fr Le baryum

Sites des sociétés minières et industriels concernés

- **Solvay GMBH**, 2011, Barium and Strontium Products www.solvaychemicals.com
- **SIBELCO**, 2011, Barium and Strontium Products www.mineralsplus.sibelco.com
- **Garrot-Chaillac** : www.garrot-chaillac.com
- **Steinbock** (Suisse) : www.steinbockminerals.net
- **Sachtleben** (Allemagne) : www.sachtleben-bergbau.de

Annexe 1:

Liste des gisements de barytine en France (SIG Mines BRGM - 1999)

Gîte	Dept	District	Subst.	Productions (t BaSO4)	Réserves, ressources (t BaSO4)	Statut	Période d'activité	Typologie
Chaillac - Les Redoutières	36	Marche - Bourbonnais	Ba, F, Fe	2300000	400000	Exploitation industrielle en activité	1975 - actuel	Gîte sédimentaire de couverture
Pessens	12	Rouergue - Causses	Ba, F	900000	600000	Ancienne exploitation	1918 - 1983	Gîte sédimentaire de couverture
Les Porres	83	Provence	Ba, F	680000	300000	Ancienne exploitation	1946 - 1983	Gîte filonien de socle
Font d'Arques - Villeneuve (Mts de Cabrières)	34	Montagne Noire - Albigeois (Monts de Cabrières)	Ba, Cu	300000		Ancienne exploitation	fermé dans les années 1980	Filons et amas dans carbonates paléozoïques
Barjac	48	Rouergue - Causses	Ba	150000	100000	Ancienne exploitation	1945 - 1950	Gîte filonien de couverture
Colombiès (Colombiez)	12	Rouergue - Causses	Ba	150000	50000	Ancienne exploitation	1962 - 1983	Gîte filonien de socle
Saint-Geniez-d'Olt (Le Minier)	12	Rouergue - Causses	Ba, F, Pb	140000	300000	Ancienne exploitation	19 ème siècle; 1918 - 1976	Gîte filonien de socle
Montpestels	12	Rouergue - Causses	Ba, F	120000	200000	Ancienne exploitation	1950 - (1980)	Gîte filonien de socle
Mont Marcus - l' Hermita	11	Corbières (Auriac)	Ba, Cu, Pb	120000	170000	Ancienne exploitation	1955 - 1970	Filons et amas dans carbonates paléozoïques
Auriac s.s.	11	Corbières	Cu, Ba	120000	170000	Indice, vieux travaux		Filons et amas dans carbonates paléozoïques
Montgaillard, filon des Fenols	11	Corbières	Ba	120000	50000	Indice, vieux travaux	1955 - 1970	Filons et amas dans carbonates paléozoïques
Montgaillard (Saint Estèbe)	11		Ba, Cu	120000	50000	Ancienne exploitation		Filons et amas dans carbonates paléozoïques

Les Farges	19	Limousin	Ba, Pb, Ag	100000	400000	Ancienne exploitation	Gallo-romain; 1922; 1974 - 1981	Gîte filonien de socle
Saint-Rome-du-Tarn	12	Rouergue - Causses	Ba	100000	0	Ancienne exploitation	arrêt exploitation en 1970	Gîte filonien de couverture
Montalibert	03	Marche - Bourbonnais	Ba, F, Pb	100000		Ancienne exploitation	1896 - 1975	Gîte filonien de socle
Lacan (Malacrourx)	12	Montagne Noire - Albigeois	Ba	60000	750000	Ancienne exploitation	1950 - 1960; 1977 - 1989	Gîte filonien de socle
La Rouquette	34	Montagne Noire - Albigeois	Ba	50000		Index, vieux travaux		Filons et amas dans carbonates paléozoïques
Bestex	12	Rouergue - Causses	Ba	40000	0	Index, vieux travaux	fermé en 1960	Gîte sédimentaire de couverture (Ba); Gîte filonien (F)
Peyreblanque	81	Montagne Noire - Albigeois	Ba	40000		Index, vieux travaux	1955 - 1960	Gîte filonien de socle
Rombach Le Franc (Deutsch Rombach, Filon Grandegoutte)	68	Vosges	Ba	35000	35000	Index, vieux travaux	1927 - 1939	Gîte filonien de socle
Aurouze (Mazeyrat Aurouze)	43	Haute-Loire	Ba, F	25000	qq milliers de t.	Index, vieux travaux	1930; 1960 - 1970	Gîte filonien de socle
Val d'Ajol (Bas d'Hérival)	88	Vosges	Ba, F	20000	75000	Ancienne exploitation	1945 - 1969	Gîte filonien de socle
Les Bahours Bas (Point 54)	48	Rouergue - Causses	Ba	20000	0	Index, vieux travaux	1945 - 1950	Gîte filonien de socle
Col de Bouysse	34	Montagne Noire - Albigeois	Ba	20000		Index, vieux travaux		Filons et amas dans carbonates paléozoïques
Meyrignac de Bar	19	Limousin	Ba	15000	150000	Index, vieux travaux	1948 - 1961	Gîte filonien de socle
Pédaque	46	Quercy	Zn, Pb, Ag, Ba	15000	50000	Prospect	1906	Gîte filonien

Camel	09	Pyrénées	Ba	15000			Indice, vieux travaux	Filons et amas dans carbonates paléozoïques
Lantignié (Les Monterniers)	69	Beaujolais - Lyonnais	F	15000			Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Longprat (Croumazet, Brancharet)	43	Auvergne - Velay	Ba	10000	qq milliers de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Chambonnet	43	Auvergne - Velay	Ba	10000	pls dizaines de milliers de t. avec Versilhac		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Versilhac	43	Auvergne - Velay	Ba	10000	pls dizaines de milliers de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Bardet	46	Quercy	Ba	10000	100000		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Pennafort	83	Provence	Ba	10000	50000		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Saint Clément sous Valsonne Scierie (Retodière)	69		Ba	10000	0		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Vaugneray (Le Soupât, Les Arnauds, Clavigny, Pierre Blanche)	69	Beaujolais - Lyonnais	Ba	10000	0		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Jarra (Mont Jara)	64	Pyrénées	Ba	10000	0		Ancienne exploitation	Gîte filonien de couverture
Pratclos (Pratclaux)	43	Auvergne	F, Ba	10000	0		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
La Combe	34	Montagne Noire - Albigeois	Ba	10000			Indice, vieux travaux	Filons et amas dans carbonates paléozoïques
La Coste	12	Rouergue - Causses	Ba	10000			Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Massac Ouest (Santiago)	11	Corbières	Ba	5000	75000		Indice, vieux travaux	Filons et amas dans carbonates paléozoïques

Daufage	48	Cévennes	Ba	5000	0	Indice, vieux travaux	1950 - 1955	Gîte filonien de socle
Buzareingues	12	Rouergue - Causses	Ba	5000		Indice, vieux travaux		Gîte sédimentaire de couverture
Le Mailbosc	48		Ba	3000	20000	Indice, vieux travaux	fermé en 1960	Gîte filonien de couverture
Lastic Fontueux	63	Limousin (Bourg-Lastic)	Ba, F	3000		Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
Lastic Montelbrut	63	Limousin (Bourg-Lastic)	Ba, F	3000		Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
La Rodde	43	Brioude - Massiac	Sb	qq milliers de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux		Gîte filonien
Bagatelle (Saizinet)	43	Auvergne - Velay	Ba	qq milliers de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
Bois de L' Argentière (Lavoute sur Loire)	43	Auvergne - Velay	Ba	qq milliers de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
Pierres Blanches (Le Puits, La Rate)	42		Ba	qq milliers de t.		Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
Vazeilles Vedrines (Maya de Vedrines)	43	Auvergne - Velay	Ba	qq milliers de t.		Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
Arrens	65	Pierrefitte	Zn, Pb, Ba	2000	3000000	Prospect	1860 - 1931	Gîte exhalatif - sédimentaire (Sedex)
Mas del Bos Village	46	Quercy	Ba	2000	50000	Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
La Meynardie (Beal Nègre)	46	Quercy	Ba	2000	20000	Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
Les Anglais (Les Mineires)	15	Brioude - Massiac	Ba, Pb, Zn	1000	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux	Gallo-romain, Moyen-Age	Gîte filonien de socle
Goudet (Le Roule)	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle
Le Grand Communal de Moulergues	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux		Gîte filonien de socle

Les Combettes	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Monimard (Montemard)	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Prémajoux (Saint Martin de Fugères)	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.	qq milliers de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Cayrols	46	Quercy	Ba	qq centaines de t.	5000	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
La Chaussade	19	Limousin	Ba, F	qq centaines de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
La Dérochade (Vauzelle)	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
La Garinié	12	Rouergue - Causses	Ba	qq centaines de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Le Pouget	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Les Atiels Vidal Moutet	09	Pyrénées	Ba, Cu	qq centaines de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de couverture
Les Balmelles	48	Cévennes	Ba	qq centaines de t.		Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Les Bayles (Les Bailles)	12	Montagne Noire - Albigeois	Ba, Cu	qq centaines de t.		Indice, vieux travaux	Filons ou amas dans carbonates paléozoïques

Les Terrasses (Le Poux, Les Terrasses, Brigols)	43	Auvergne - Velay	Ba, F	qq centaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Marcillat (Les Bordes, Bournet)	03	Marche - Bourbonnais	Ba	qq centaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Mazerolas	87	Limousin	Ba	qq centaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Pied Vernet (Le Moulin à Vent)	07	Vivarais	Ba	qq centaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Saint Léger	43	Auvergne - Velay	Ba	qq centaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Loubaresse	07	Cévennes	F, Ba	qq centaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Envaud	87	Limousin	Ba	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Lastic (Camp de Lastic, Travaux Lacor)	63	Limousin (Bourg-Lastic)	Ba, F	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Ronesque (La Ronesque)	15	Rouergue - Causses	Ba	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Rixou	46	Quercy	Ba	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Méjanasserre	46	Quercy	Ba	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Négral	46	Quercy	Ba	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Les Crousettes (Les Crousettes)	87	Limousin	Ba	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Villebon	87	Limousin	Ba	qq dizaines de t.	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle

Auzas Montcalm	30	Cévennes		Ba	qq t.			Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Cabane de Chalvet	38	Alpes		Ba	qq t.			Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Les Clauzels	34	Cévennes		Cu, Ba	qq t.			Indice, vieux travaux	Gîte filonien
Rancon (Moulin de Roche)	87			Ba		0	150000	Indice, vieux travaux	Gîte filonien de socle
Chessy-Jes-Mines	69	La Brévenne		Zn, Cu, Ba		0	861000	Prospect	Amas sulfuré volcanogénique (VMS)
Les Renauds	58	Morvan		Ba, F		0	430000	Prospect	Gîte filonien
Ambierle (Haute Ville)	42	Forez		Ba, F		0	150000	Prospect	Gîte filonien
Bricquebecq (Le Réaume)	50			Ba, Pb		0		Prospect	Gîte filonien
Estables	48	Margeride		Ba, F		0		Prospect	Gîte filonien
Le Monteil d'Entraigues - Badour	19	Les Farges		Ba, Pb, Ag		0		Prospect	Gîte filonien



Centre scientifique et technique
Service ressources minérales
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34