

Collection « La mine en France »

*Industrie minérale &
Activité minière
en France*



TOME 1

Collection « La mine en France »

Industrie minérale et activité minière en France

Tome 1

Février 2017

Charles N., Dupuy J.-J., Christmann P., Galin R., Guillon D.



Comité de rédaction de la collection

Ministère de l'Economie et des Finances

Coordination : Alain Liger, Rémi Galin

Rédacteurs : Rémi Galin, Jean-François Moras, Diana Guillon.

BRGM – Bureau de Recherches Géologiques et Minières / Service Géologique National

Coordination : Nicolas Charles, Jean-Jacques Dupuy

Rédacteurs : Nicolas Charles, Laurent Bailly, Gaël Bellenfant, Francis Blanchard, Stéphane Chevrel, Patrice Christmann, Francis Cottard, Patrick D'Hugues, Jean-Jacques Dupuy, Jean-Claude Guillaneau, Jean-François Labbé, Bernard Lamouille, Maurice Save, Jean-François Thomassin, Pol Urien, Laure Verneyre, Guillaume Vic.

INERIS – Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

Coordination : Frédéric Poulard

Rédacteurs : Frédéric Poulard, Philippe Gombert, Xavier Daupley, Christophe Didier, Zbigniew Pokryszka.

Réseau d'Excellence Mine & Société (Mines ParisTech, Mines Nancy, Ecole Nationale Supérieure de Géologie, Mines d'Alès)

Coordination : Philippe Kister

Rédacteurs : Hossein Ahmadzadeh, Jean-Alain Fleurisson, Damien Goetz, Philippe Kister, Yann Gunzburger, Michel Jébrak, Brice Laurent, Jack-Pierre Piguet, David Salze.

Mots-clés : industrie minérale, mines, métaux, exploration, exploitation, France.

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

Charles N., Dupuy J.-J., Christmann P., Galin R., Guillon D. (2017) – Industrie minérale et activité minière en France. Collection « La mine en France ». Tome 1, 25 p., 5 fig., 2 tabl.

Sommaire

1. Caractéristiques de l'industrie minérale	7
2. L'activité minière en France	14
2.1. HISTORIQUE DE L'ACTIVITE MINIERE EN FRANCE.....	14
2.2. EXPLOITATION MINIERE ACTIVE EN FRANCE METROPOLITAINE	14
2.3. EXPLORATION MINIERE EN FRANCE METROPOLITAINE.....	16
2.4. ACTIVITE MINIERE EN GUYANE	22
3. Conclusion.....	23

Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Augmentation de la complexité des assemblages métalliques dans les produits génériques (d'après Van Schaik et Reuter, 2012).....	8
Figure 2 : Matières premières nécessaires au secteur de l'énergie provenant de l'industrie minérale (à l'exception des gaz : H, He, Ne, Ar, Kr et Xe) (Source : BRGM).....	9
Figure 3 : Carte des principales mines anciennement exploitées et classées par substances (Source : BRGM).....	17
Figure 4 : Carte des mines actives et des PER acceptés ou en instruction ayant dépassé le stade de la mise en concurrence (Source : MEDDE et BRGM).....	18
Figure 5 : Carte du potentiel minier français métropolitain (Source : BRGM).....	22
Tableau 1 : Relèvent du régime légal des mines, les gîtes renfermés dans le sein de la terre ou existant à la surface, connus pour contenir les substances minérales ou fossiles ci-dessus.	13
Tableau 2 : Situation de l'octroi et des demandes de Permis Exclusifs de Recherches (PER) pour la France métropolitaine (Source : www.mineralinfo.fr).	19

1. Caractéristiques de l'industrie minérale

L'industrie minérale comporte l'ensemble des activités très diversifiées visant à produire des ressources minérales et les produits qui en dérivent tels que concentrés, métaux et alliages, qui sont des intrants indispensables aux sociétés modernes. Sans eux, des pans entiers de l'économie n'existeraient pas tels que l'aéronautique, l'agriculture, l'automobile, la défense, les bâtiments et travaux publics, la chimie, l'éclairage, l'énergie (y compris les énergies renouvelables), l'espace, la santé, les technologies de l'information et de la communication, les transports ferroviaires, fluviaux et maritimes, etc.

Les ressources minérales non énergétiques constituent en tonnage la part la plus élevée des prélèvements en ressources non renouvelables. L'empreinte écologique de l'activité d'extraction et de transformation est élevée. La géologie et l'histoire économique font que la France est autosuffisante pour les matériaux de construction et extrêmement dépendante pour les minerais de métaux. Dans ce dernier cas, la France exporte les pressions environnementales et sociales sur les pays producteurs qui ne disposent pas toujours d'un contexte réglementaire respectueux de l'environnement, du droit des travailleurs et des droits de l'Homme.

L'Homme utilise les ressources minérales et les métaux qui en dérivent parce qu'ils confèrent des propriétés spécifiques : conduction de la chaleur, de l'électricité, luminescence, résistance à l'usure ou à l'oxydation, stabilité au chaud et au froid, malléabilité, usinabilité, transparence aux rayons X ou aux neutrons, semi-conductivité, etc.

Le bien-être humain dépend - entre autres - de cette industrie accompagnant le développement des civilisations depuis des millénaires. Quelques-unes de ces étapes majeures de développement sont des marqueurs de l'histoire humaine : âge de pierre, âge du cuivre, âge de bronze, âge du fer.

Ce n'est cependant qu'à partir de la révolution industrielle européenne et surtout du XX^e siècle que l'industrie minérale s'est fortement développée aussi bien quantitativement qu'en termes de diversité des produits demandés par les économies modernes (Figure 1). La Figure 2 indique à titre d'exemple la diversité des éléments chimiques indispensables aux technologies du seul domaine de l'énergie.

L'industrie minérale, productrice de ressources dites « primaires » (par rapport aux ressources « secondaires » issues du recyclage), reste un élément fondamental de toute stratégie d'approvisionnement d'une économie nationale, comme cela a été reconnu par la Commission Européenne dans le cadre de l'Initiative Matières Premières et par les stratégies nationales des pays du G-20. Si le développement de l'économie circulaire est un objectif vital en termes de développement durable de la France et de l'économie mondiale, le recyclage, les substitutions des usages des métaux et minéraux rares, la réutilisation de produits en fin de vie, la réduction de l'intensité matérielle des produits et services ne peuvent que freiner les besoins en matières premières primaires. Leur production contribue au premier pilier de l'économie circulaire et demeure irremplaçable dans le cadre d'une stratégie française et européenne des matières premières minérales.

Le projet de réforme de code minier¹ introduirait la définition d'une politique nationale des ressources minérales et des usages miniers du sous-sol. Cette proposition renoue² avec la volonté d'établir une politique de ressources minérales qui tienne compte des besoins de l'industrie et de la population ; elle s'inscrit, pour les ressources naturelles, dans le plan de programmation des ressources demandé à l'article 49 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte qui dispose que « le Gouvernement soumet au Parlement, tous les cinq ans, une stratégie nationale de transition vers l'économie circulaire, incluant notamment un plan de programmation des ressources nécessaires aux principaux secteurs d'activités économiques qui permet d'identifier les potentiels de prévention de l'utilisation de matières premières, primaires et secondaires, afin d'utiliser plus efficacement les ressources, ainsi que les ressources stratégiques en volume ou en valeur et de dégager les actions nécessaires pour protéger l'économie française ».

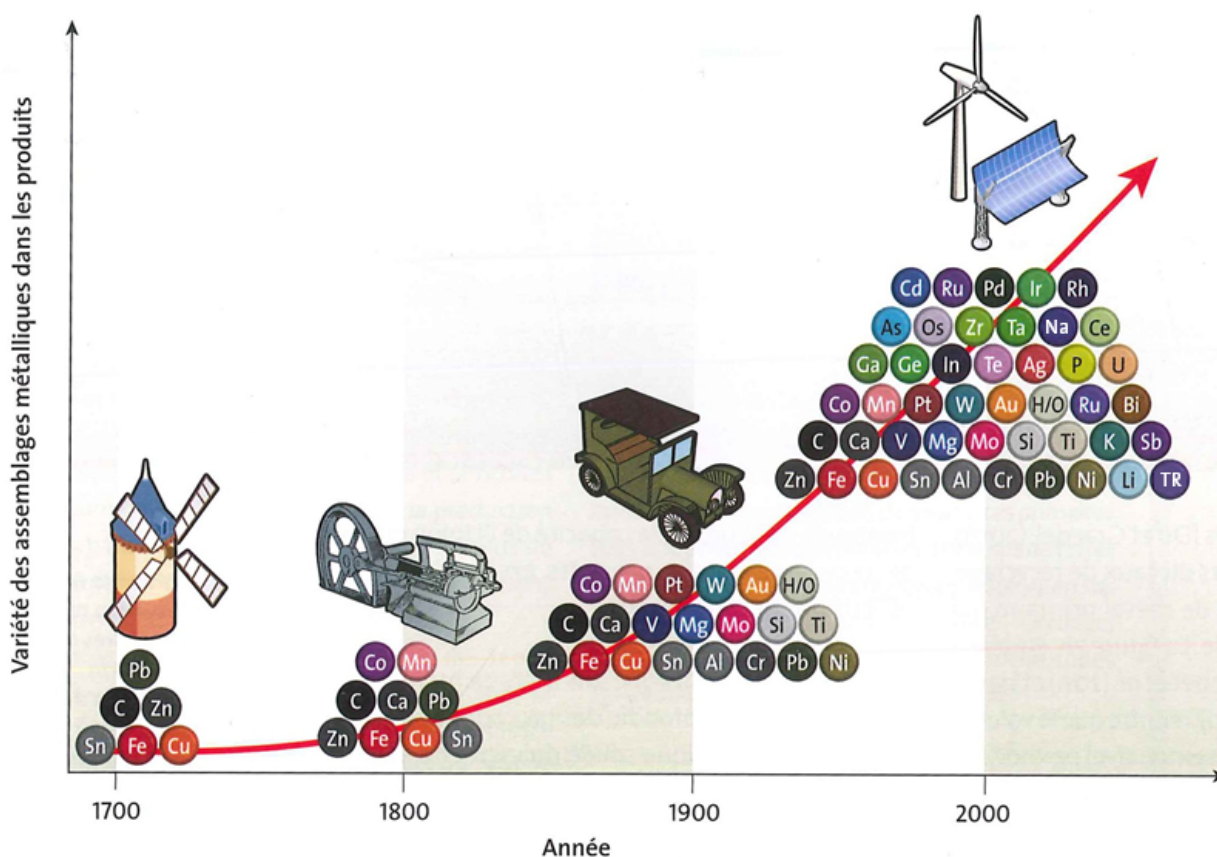


Figure 1 : Augmentation de la complexité des assemblages métalliques dans les produits génériques (d'après Van Schaik et Reuter, 2012).

¹ Voir le tome 2 du référentiel mine responsable « Législation et réglementation minière ».

² Devant les menaces d'approvisionnement consécutives du premier choc pétrolier, l'État avait lancé en 1975 un inventaire national des ressources minérales en France (Guyane comprise) qui s'arrêtera en 1992, restant incomplet.

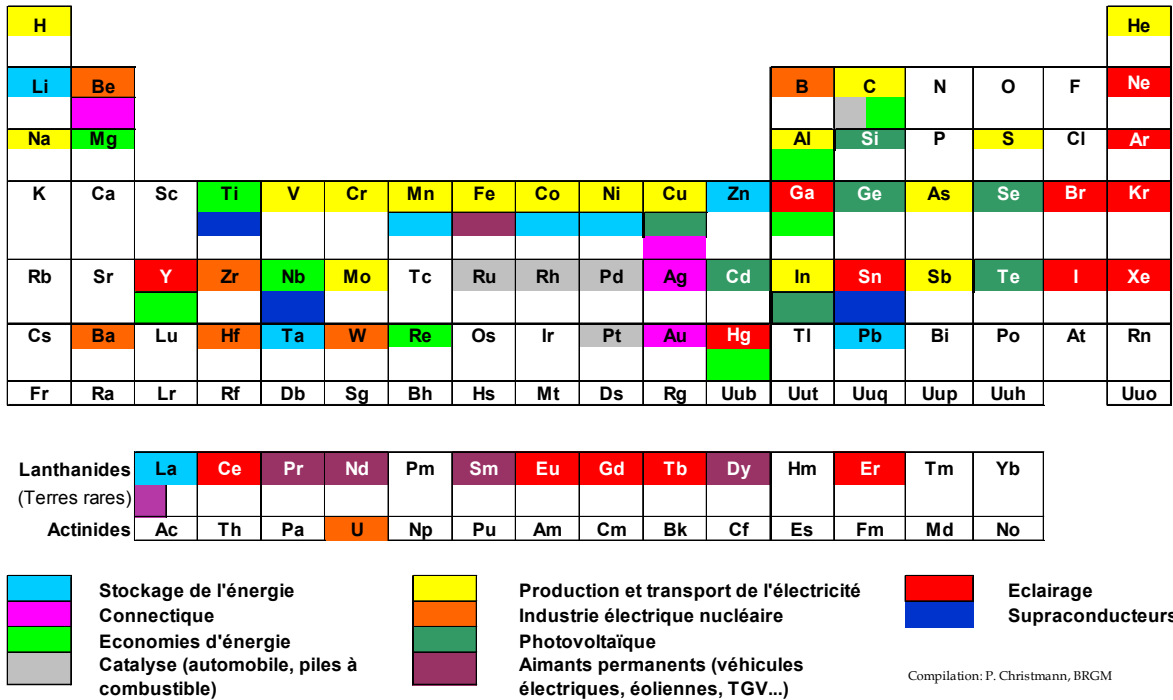


Figure 2 : Matières premières nécessaires au secteur de l'énergie provenant de l'industrie minière (à l'exception des gaz : H, He, Ne, Ar, Kr et Xe) (Source : BRGM).

L'industrie minière comporte usuellement plusieurs segments caractérisés par la nature des substances exploitées :

- **Matériaux de construction** (sables, graviers, argiles, calcaire à ciment, pierres ornementales, enrochements, etc.) : l'exploitation se fait généralement à ciel ouvert sauf quelques exceptions. Le produit extrait est utilisé après un traitement simple (broyage, criblage, tamisage, lavage).
- **Minéraux industriels** (minéraux réfractaires tels que l'andalousite, certaines qualités de bauxite et de chromite, la sillimanite, les phosphates, la potasse, le sel, la silice, le soufre, etc.). L'exploitation est simple, généralement à ciel ouvert et le produit extrait est utilisé après un traitement simple (broyage, criblage, tamisage, lavage) accompagné éventuellement de traitements complémentaires visant à lui donner les spécifications physico-chimiques (granulométrie, pureté, etc.) requises par les utilisateurs finaux.
- **Minéraux métallifères** : il s'agit des minerais de l'ensemble des métaux et métalloïdes. Leur production et leur transformation en produits marchands (métaux à un degré de pureté précis, alliages et semi-produits) nécessitent des opérations complexes qui peuvent être géographiquement dissociées : exploitation minière à ciel ouvert ou souterraine, traitement physique et/ou chimique et/ou bactériologique du minerai pour produire un concentré (ou du métal), traitement métallurgique par divers procédés pour extraire le métal, raffinage en une ou plusieurs étapes pour produire un métal de pureté spécifique.

Il conviendrait de rajouter le segment des technologies liées au développement même de l'industrie minière : en effet, ce dernier a été accompagné du développement de nombreuses technologies dans des domaines variés, pouvant dépasser le cadre de l'industrie minière. Ces

technologies ont, en Europe et ailleurs, donné naissance à une large offre de biens et de services dans des domaines tels que les laboratoires d'analyse et l'imagerie scientifique, les forages, la géophysique au sol ou aéroportée, le traitement du signal, les géostatistiques, les équipements miniers, les matériels pour le traitement des minerais et la métallurgie, les sociétés d'ingénierie et de conseil. De nombreuses entreprises européennes sont devenues des leaders mondiaux dans ces domaines. Le développement de l'industrie minérale est également accompagné d'une croissance de l'offre de formation et de recherche en géosciences et en ingénierie. Un grand nombre d'établissements de recherche et d'enseignement supérieur européens puise leur origine dans l'histoire de l'industrie minérale.

Concernant les activités d'exploration et de recherche, la législation française pour l'exploitation de ces substances effectue un autre classement :

Les **substances de mines** qui sont listées à l'article L. 111-1 du code minier et sont régies par ce code. Les substances non-énergétiques, périmètre de la présente collection, sont principalement mais pas seulement des métaux (Tableau 1). Par dérogation au principe du Code civil qui veut que la propriété du fond emporte celle du tréfonds, ces substances n'appartiennent pas au propriétaire du sol.

Les **substances de carrières**, par défaut toutes les autres substances dont l'exploitation relève du Code de l'environnement en tant qu'installations classées. Leur exploitation nécessite l'accord du propriétaire du sol.

La notion de mine ou de carrière repose donc sur un simple classement juridique des substances, que l'extraction se fasse à ciel ouvert ou en souterrain.

D'une manière générale, les substances de mines se distinguent par une relative rareté à l'échelle nationale et une importance économique accrue, voire stratégique, qui justifie que leur gestion soit confiée à l'État et non laissée à la libre disposition du propriétaire du sol selon l'exception prévue à l'article 552 du code civil. Nul ne peut rechercher ou valoriser ces substances sans disposer d'un titre minier³. L'avantage essentiel est de permettre de constituer une emprise foncière cohérente pour assurer une valorisation optimale des gisements sur le plan économique. La maîtrise de l'assiette foncière est également un atout pour une meilleure insertion environnementale de la mine.

L'autre particularité, qui est partagée avec certaines substances de carrières, en particulier les minéraux industriels, est que la valorisation des substances de mine nécessite la proximité immédiate d'installations industrielles importantes. Ces installations qui peuvent être implantées sur le site minier, ou à une distance variable, relèvent de la législation pour les installations classées pour la protection de l'environnement. Selon les procédés, ces installations industrielles peuvent nécessiter des infrastructures (routes, énergie, etc.), être fortement consommatrices d'eau, produire des déchets (résidus) qu'il faudra stocker ou émettre des rejets réglementés dans l'eau ou dans l'air.

Dans certains cas, des industries aval peuvent être installées à proximité immédiate. C'est le cas des exploitations de sel, dernières productions minières non énergétiques significatives en métropole, avec des installations industrielles relevant de l'industrie agro-alimentaire, de la cosmétique ou de la chimie.

³ En Guyane, les autorisations d'exploitation et les autorisations de recherches minières délivrées par les autorités locales sur de petites surfaces ne sont pas des titres miniers (voir les tomes 2 et 8).

Dans tous les cas cette industrie mobilise des capitaux importants. Pour les carrières, il s'agit essentiellement du foncier. Les investissements se comptent rapidement en milliards d'euros lorsque qu'il faut créer de toutes pièces dans les pays en développement les infrastructures nécessaires à l'énergie, au transport (voie ferrée, route, port) et au logement du personnel. Les exemples des mines européennes détaillés dans le Tome 10 du référentiel technique (quatre mines en activité : Kylahti en Finlande, Mittersill en Autriche, Tara en Irlande, Hemerdon au Royaume-Uni ; et une en construction : Tabuaço au Portugal) présentent des configurations qui pourraient se rencontrer en métropole. Ce Tome 10 apporte également un éclairage sur des paramètres économiques clés en particulier les dépenses d'investissements de l'ordre de 100 M€, de fonctionnement de 150 M€ et un effectif direct de 200 personnes en phase de production. En Guyane, l'étude préliminaire du premier projet industriel (Montagne d'or/Sotrapmag) annonce 485 millions d'euros d'investissement initial et d'investissement de maintenance et des besoins en infrastructures (énergie, logistique, etc.) qui n'existent pas sur le territoire.

Les emplois engendrés par l'activité minière deviennent significatifs sur le territoire au moment de la construction de la mine et des installations de traitement, et sont maintenus pendant la durée de l'exploitation. Ils pourront atteindre une centaine de personnes, voire plus, en métropole. En Guyane, le projet de Montagne d'Or annonce 1000 personnes en phase de construction et près de 800 en phase d'exploitation.

Les besoins en personnel peuvent être plus ou moins facilement satisfaits localement, particulièrement en métropole. En Guyane, il faudra mettre en place des formations nouvelles, qui offriront des opportunités de qualification. Dans tous les cas, la disponibilité, la qualification et le logement du personnel sont des questions à traiter bien avant le début de l'exploitation.

L'industrie minérale se distingue aussi des autres activités industrielles par le fait que son existence est liée à la présence d'une ressource localisée, non renouvelable. Elle est contrainte dans l'espace et le temps, le lieu d'extraction est fixé par la localisation géologique du gisement et la durée par son épuisement.

La notion d'épuisement est toutefois relative. D'une part, l'exploitant fixe son rythme d'exploitation avec l'accord de l'État et donc le terme de l'épuisement des ressources connues initialement ; d'autre part, certains gisements peuvent avoir des échéances fort lointaines, comme les exploitations industrielles de sel en métropole, qui ont 150 ans d'existence. La quantité et la qualité de la ressource accessible n'est pas la contrainte principale de la pérennité de ces exploitations. Celle-ci repose en effet, comme pour toutes les activités industrielles, sur des facteurs de compétitivité de la filière d'extraction et de transformation. L'exploitation minière est programmée pour une durée déterminée en fonction de multiples critères (économiques, environnementaux, etc.). Il n'est pas rare qu'elle soit modifiée dans un sens ou un autre par une évolution des prix de vente ou par des découvertes nouvelles.

N'ayant pas le choix de son lieu d'implantation, l'industrie minérale est une activité industrielle qui s'installe dans un territoire rural et prend place dans un environnement naturel. Si la localisation des installations de surface relatives au traitement du minerai, à la gestion des stériles et des résidus et des autres infrastructures peut se concevoir avec une certaine flexibilité, le champ des possibilités est considérablement restreint pour les installations minières elles-mêmes (à ciel ouvert ou souterraines) portant sur l'extraction de la ressource.

L'empreinte écologique et la maîtrise des impacts de la mine et des activités connexes sont des questions prioritaires ; ce ne sont pas les seules. L'activité minière porteuse d'emplois et créatrice de valeur transforme le territoire d'accueil de manière plus ou moins importante par les infrastructures créées (installations industrielles, routes, centrales d'énergies, etc.), par une

évolution des métiers et qualifications disponibles sur le territoire, voire par une population nouvelle qu'il faut accueillir.

Cette transformation qui a pu être vécue dans les siècles passés comme une opportunité et qui est en partie à la source de la richesse industrielle française est aujourd'hui souvent considérée comme une menace par les bouleversements réels ou supposés qu'elle annonce. Toute entreprise naît, vit et meurt, mais dans le cas de la mine, la durée de vie limitée pose, de manière immédiate et accrue, la question de l'après-mine sur le plan environnemental et social.

Indépendamment de l'image véhiculée dans l'inconscient collectif par la littérature, le passif environnemental et les grands accidents miniers récents (ex. la rupture de digues à Mariana au Brésil en 2015) viennent nourrir les craintes et les réticences à l'implantation de nouvelles activités minières. Gérées de manière responsable, celles-ci produisent cependant des métaux avec une empreinte écologique plus faible que les importations.

Cette perception négative s'explique par le risque d'accident, inhérent à toute activité industrielle et aussi largement par l'existence de nombreux sites miniers orphelins (suite à la disparition de l'exploitant), véhiculant l'image d'une activité industrielle d'un autre temps et n'ayant pas bénéficié à l'issue de l'exploitation d'une réhabilitation conforme aux exigences actuelles. L'État assure la gestion du passif de ces sites qui porte à la fois sur le patrimoine immobilier et sur l'environnement.

Le dispositif institutionnel d'après-mine est piloté par le Ministère en charge de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, appuyé par une structure indépendante Géodéris (30 personnes, Groupement d'Intérêt Public entre le BRGM et l'INERIS) créée en 2001, et dont les principales missions sont :

- la gestion et la diffusion de l'information liée aux risques de l'après-mine ;
- l'élaboration des cartes d'aléas ;
- la reconnaissance et l'analyse des risques liés à l'activité minière ;
- l'inventaire et la hiérarchisation des sites fermés contenant des déchets miniers.

Depuis 2006, la mission de gestion opérationnelle de sécurité après-mine est confiée à un département dédié au sein du BRGM : le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM). Pour assurer cette mission, le DPSM dispose d'un effectif d'une centaine d'agents répartis sur quatre unités territoriales (UTAM), et d'un budget de l'ordre de 36 M€ entièrement financé sur le budget du Ministère en charge de l'Environnement pour assurer la surveillance des phénomènes et la prévention du risque minier à travers plus de 1850 installations et ouvrages répartis sur l'ensemble du territoire.

Tableau 1 : Relèvent du régime légal des mines, les gîtes renfermés dans le sein de la terre ou existant à la surface, connus pour contenir les substances minérales ou fossiles ci-dessous.

Substances relevant du code minier	Périmètre du référentiel
Houille, lignite, ou d'autres combustibles fossiles (exceptée la tourbe), bitumes, hydrocarbures liquides ou gazeux, graphite, diamant	NON sauf diamant
Sels de sodium et de potassium à l'état solide ou en dissolution, à l'exception de ceux contenus dans les eaux salées utilisées à des fins thérapeutiques ou de loisirs	OUI
Alun, sulfates autres que les sulfates alcalino-terreux	OUI
Bauxite, fluorine	OUI
Fer, cobalt, nickel, chrome, manganèse, vanadium, titane, zirconium, molybdène, tungstène, hafnium, rhénium	OUI
Cuivre, plomb, zinc, cadmium, germanium, étain, indium	OUI
Cérium, scandium et autres éléments des terres rares	OUI
Niobium, tantale	OUI
Mercure, argent, or, platine, métaux du groupe du platine	OUI
Hélium, lithium, rubidium, césium, radium, thorium, uranium et autres éléments radioactifs	NON sauf lithium
Soufre, sélénium, tellure	OUI
Arsenic, antimoine, bismuth	OUI
Gaz carbonique, à l'exception du gaz naturellement contenu dans les eaux qui sont ou qui viendraient à être utilisées pour l'alimentation humaine ou à des fins thérapeutiques	NON
Phosphates	OUI
Béryllium, gallium, thallium	OUI

2. L'activité minière en France

2.1. HISTORIQUE DE L'ACTIVITE MINIERE EN FRANCE

La tradition minière en France est forte. L'exploitation minière est connue depuis le Néolithique et successivement développée par les Celtes et les Gaulois : étain de la cassitérite pour les objets en bronze et métallurgie du fer durant le 1^{er} millénaire avant J.-C., exploitation de l'or avant l'invasion romaine (production estimée à 500 t d'or pour cette période). Les Romains l'accroissent et la diversifient en y ajoutant les exploitations de plomb, d'argent et de cuivre, avant que l'activité minière décline avec la fin de l'Empire romain. Quelques exploitations de charbon démarrent à Saint-Etienne aux XIII^e et XIV^e siècles. C'est cependant la révolution industrielle des XVIII^e et XIX^e siècles qui va développer l'activité minière de façon considérable en France, au fur et à mesure de la mise au point de nouveaux traitements des minerais et de leurs applications :

- Exploitation du charbon de Saint-Étienne puis du Nord en 1714 ;
- Nouveaux minerais au XIX^e (tungstène, manganèse, zinc, phosphate, antimoine, talc) ;
- Fer de Lorraine, bauxite de Provence et fluorine dans la seconde moitié du XIX^e.

L'exploitation de mines a ainsi connu un développement considérable en France, notamment lors des deux siècles passés. Durant cette période, l'État a délivré 4 384 titres miniers, dont 3 144 concessions permettant l'exploitation de substances minières au sens du code minier, dont des hydrocarbures.

Si historiquement la France n'a jamais été un des pays dominants de la scène minière internationale, elle a eu cependant une solide tradition et une vocation minière bien établie en particulier grâce au charbon, au fer et à divers autres métaux : étain, or, antimoine, aluminium, uranium, plomb-zinc entre autres, pour lesquels elle a joué à certaines époques un rôle de premier plan (Figure 3).

Parmi toutes ces substances, la France a occupé une place significative dans la production mondiale pour trois substances particulières : le tungstène (3^{ème} producteur européen jusqu'en 1986, avec les mines de Salau et du district d'Echassières), l'antimoine (1^{er} producteur mondial au début du XX^e siècle avec les mines de La Lucette et du district de Brioude-Massiac), et l'or (avec un gisement de classe mondiale, celui de Salsigne⁴).

2.2. EXPLOITATION MINIERE ACTIVE EN FRANCE METROPOLITAINE

Malgré le foisonnement de mines et la variété des minerais extraits historiquement, l'activité actuelle en France métropolitaine ne concerne plus que quelques substances : sel, bauxite, calcaires bitumineux, étain-tantale et niobium d'Echassières ainsi que prochainement la fluorine d'Antully (Figure 4).

⁴ Mine de Salsigne : compte-tenu du passif économique, social et environnemental lié à l'exploitation passée, la réouverture à l'exploration et à l'exploitation n'est pas envisageable sur ce site.

- **Sel** (d'après le site du Comité des Salines de France, www.salines.com)

Le sel exploité en France a deux origines :

- Le sel marin, récolté sur les côtes disposant de sols plats et imperméables, bénéficiant d'un climat favorable à une évaporation maximale pendant les mois chauds (en Méditerranée (Aigues-Mortes, Salin-de-Giraud, etc.) et sur le littoral atlantique réchauffé par le Gulf Stream (Guérande, Ré, Noirmoutier, etc.)) ;
- Le sel minier, ou sel gemme, extrait de gisements souterrains formés de couches de sel marin fossile. Les principaux gisements français de sel gemme se concentrent sur un axe Rhin-Rhône (Alsace, Lorraine, Bresse, Drôme, Provence) et le long des Pyrénées (Midi-Pyrénées et Aquitaine) correspondant aux bassins salifères formés aux temps géologiques (Trias et Oligocène).

La méthode de production de sel marin est la même partout : récolte de cristaux de sel marin et de la fleur de sel à partir de l'eau de mer.

Pour le sel minier, deux méthodes sont employées :

- Extraction minière par engin mécanisé (haveuse) pour un gisement souterrain présentant une couche de sel suffisamment épaisse, sans être trop profonde. Seule la mine de Saint-Nicolas à Varangéville, en Lorraine, est encore en activité.
- Exploitation du sel par dissolution lorsque la couche de sel est plus profonde. Elle consiste à injecter de l'eau douce dans la couche de sel afin de récupérer en surface une solution saturée en sel : la saumure. Cette saumure peut être utilisée comme matière première par l'industrie chimique ou cristallisée en sel ignigène après passage dans des évaporateurs. Les mines de sel par dissolution se situent en Lorraine (Laneuveville-devant-Nancy, Dombasle-sur-Meurthe), en Bresse (Etrez, Attignat), dans la Drôme (Manosque) et le Gard (Vauvert).

- **Bauxite**

Elle n'est plus exploitée que par SODICAPEI et GARROT-CHAILLAC, pour équilibrer les teneurs en alumine et fer dans la production de ciment.

La Société d'Industrialisation et de Commercialisation de l'Association de Parents d'Enfants Inadaptés (SODICAPEI) a repris l'exploitation à ciel ouvert du site des Usclades, à Villeveyrac (34), appartenant anciennement à Pechiney. Avec des réserves évaluées à 25 Mt, le passage prochain à une exploitation en souterrain devrait permettre au cimentier VICAT, actionnaire majoritaire de SODICAPEI, de sécuriser son approvisionnement. Cette bauxite est en effet une matière première pour le ciment, particulièrement le ciment « bas carbone » permettant de réduire les émissions de dioxyde de carbone.

La société GARROT-CHAILLAC est titulaire de deux autorisations d'exploitation sur le territoire national :

- l'une pour la reprise des haldes de bauxite sur les communes de Bédarieux, Pézènes-les-Mines et Carlenas (34), à raison de 40 000 t/an. L'exploitation est active depuis 1983 ;
- la seconde pour l'exploitation par mine à ciel ouvert de la concession de l'Arboussas, sur la commune de Pézènes-les-Mines (34), au rythme moyen de 60 000 t/an. L'autorisation d'exploitation est valide jusqu'en 2032.

- **Etain-tantale et niobium d'Echassières**

L'exploitation d'Echassières (03) est avant tout une carrière de kaolin, en production depuis 1852. Elle est actuellement exploitée par IMERYS CERAMICS FRANCE. Ce kaolin est le résultat de l'altération du granite de Beauvoir, qui présente également à son sommet des

disséminations en cassitérite (oxyde d'étain) et mangano-columbite (oxyde de manganèse, fer, niobium et tantale).

Ces minéraux disséminés sont recueillis lors de l'exploitation du kaolin et concentrés. Leur production est marginale mais son coût très faible permet de commercialiser ces produits avec profit.

- **Fluorine**

La concession de fluorine d'Antully, dans le Morvan, était détenue depuis 1973 par la SECME, anciennement groupe Pechiney, et rachetée par Rio Tinto Alcan (RTA). Aucune exploitation n'y avait été réalisée. Cette concession a été cédée par RTA à Garrot-Chaillac en 2010 et la mutation acceptée par l'administration en 2012. Depuis cette date, les études de faisabilité sont engagées, l'ouverture de la mine étant prévue pour 2018.

Le minerai de fluorine (de formule chimique CaF_2) se situe à la base des dépôts sédimentaire triasiques (conglomérat de base et grès feldspathiques). La couche qui sera exploitée étant à faible pendage, sous faible recouvrement de stériles, l'exploitation se fera à ciel ouvert.

Il est prévu de traiter 400 000 t de minerai par an, à une teneur moyenne de 26% CaF_2 , pour produire 70 000 t de fluorine à 97,5%, sur une période totale de 15 ans.

2.3. EXPLORATION MINIERE EN FRANCE METROPOLITAINE

L'exploration minière vit actuellement un renouveau en France métropolitaine avec le dépôt de demandes de Permis Exclusifs de Recherches (PER) pour des substances variées, dont huit ont déjà été accordés depuis 2013 (Figure 4 ; Tableau 2).

- **Antimoine**

Deux demandes de PER concernant des cibles minières à antimoine situées dans la région Pays-de-la-Loire ont été déposées par la société SGZ-France en mars 2015. La première demande concerne plus particulièrement les gisements des Brouzils et de Rochetreyoux (85, PER Vendrennes). La deuxième demande porte sur l'ancienne mine d'antimoine et d'or de la Lucette (53, PER Olivet).

- **Tungstène**

Concernant les gîtes à tungstène, un PER a été attribué et deux demandes de PER sont en instruction. Il s'agit des gîtes de Coat-an-Noz (22, PER Loc Envel octroyé le 14 septembre 2015) ainsi que de Salau (09, PER Couflens) et de Montbelleux (35, PER Dompierre).

- **Or**

En métropole, les gisements d'or de Villeranges (23) et de Rouez (72) font également l'objet de travaux d'exploration suite à l'octroi de deux PER (Villeranges et Tennie) aux sociétés Cominor (filiale du groupe La Mancha) et Variscan Mines. Le PER de Saint-Pierre (85) qui a été octroyé à Variscan Mines pour la recherche d'or, d'argent et autres substances connexes inclut le gisement aurifère de La Bellière. Deux demandes de PER concurrentes (PER Penlan pour SGZ France et PER Lopérec pour Sudmine) concernant le gisement de Lopérec (29) sont actuellement en cours d'instruction, tout comme la demande du PER Kanbo (64) de la société Sudmine pour la recherche d'or dans le Pays Basque.

- **Plomb-Zinc-Cuivre-(Germanium)**

Le gisement de Plélauff (56) est compris à l'intérieur du périmètre du PER Silfiac, accordé à Variscan Mines pour la recherche de zinc, plomb et germanium. Le PER de Merléac, octroyé à Variscan Mines, inclut le gisement de Zn-Cu-Pb de la Porte-aux-Moines (22).

- **Étain-tantale et niobium**

Un PER de Beauvoir a été octroyé à la société IMERYS CERAMICS France pour la recherche de lithium, étain, tantale, niobium, tungstène, béryllium et substances connexes. Le périmètre demandé englobe le gisement d'Echassières (03). Le PER de Beaulieu (44) a été octroyé à Variscan Mines et inclut notamment les gîtes d'Abbaretz, Beaulieu et La Chenaie. La demande de PER Dompierre (35) émise par Variscan Mines, outre la recherche de tungstène, couvre aussi la recherche d'étain.

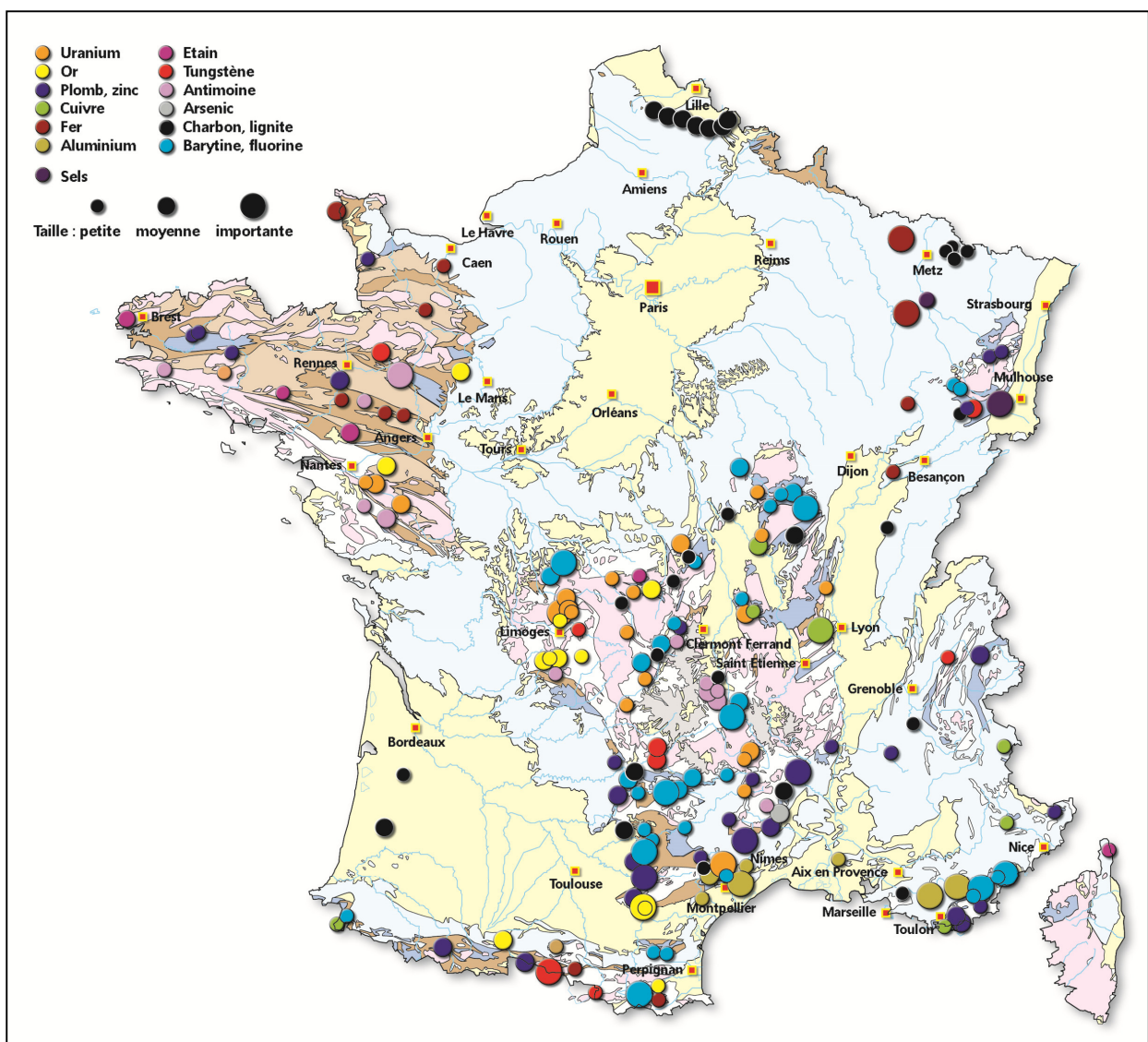


Figure 3 : Carte des principales mines anciennement exploitées et classées par substances (Source : BRGM).

L'ACTIVITÉ MINIÈRE EN FRANCE

Au 15 février 2017

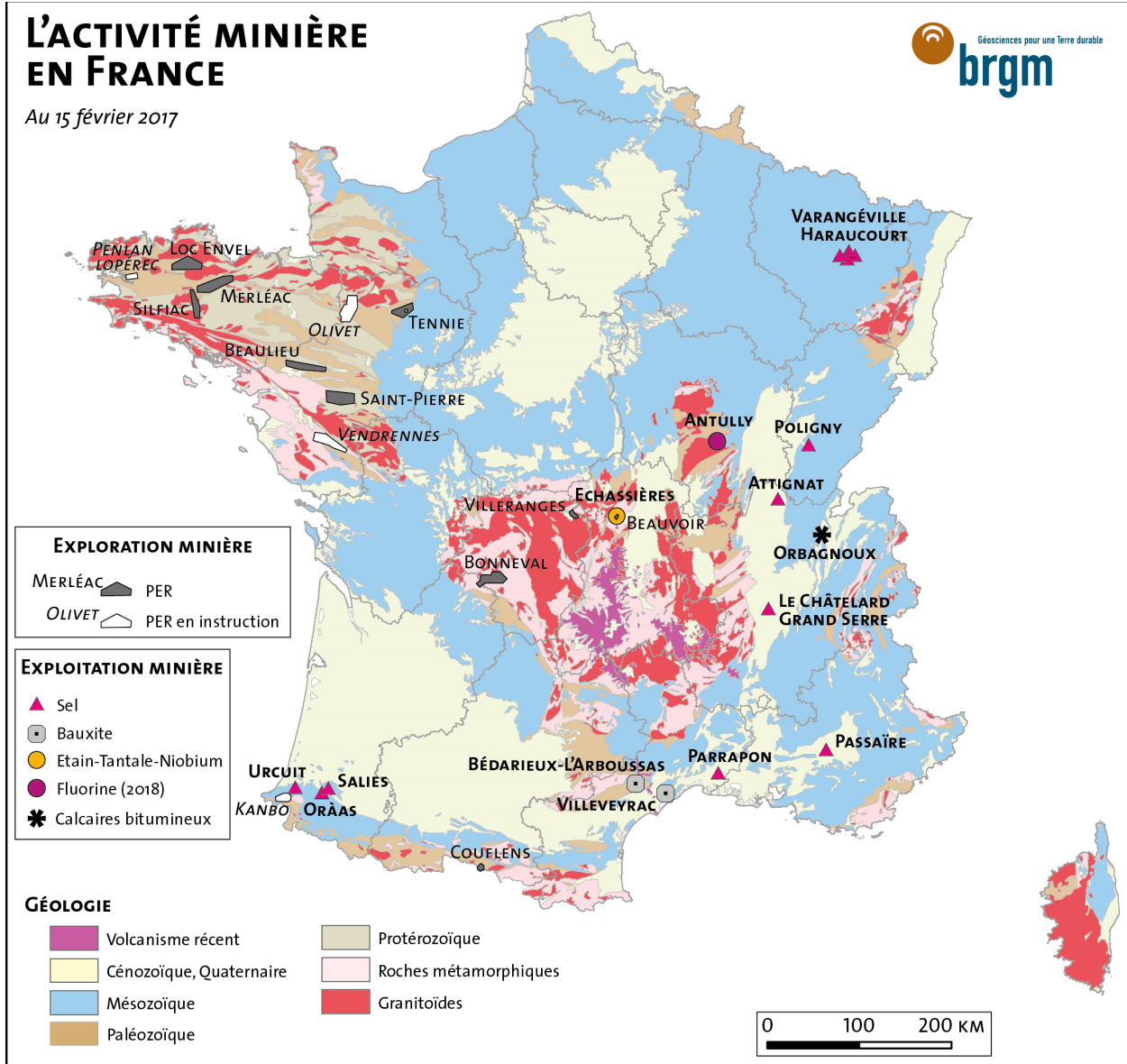


Figure 4 : Carte des mines actives et des permis exclusifs de recherches octroyés ou en instruction ayant dépassé le stade de la mise en concurrence au 15/02/2017 (d'après DGALN et BRGM).

Tableau 2 : Situation (au 31/12/2015) de l'octroi et des demandes de Permis Exclusifs de Recherches (PER) pour la France métropolitaine (Source : www.mineralinfo.fr).

PER octroyés				
PER	Société	Département(s)	Gîte(s)/Gisement(s) connu(s)	Substances
Beaulieu	Variscan Mines	44	Abbaretz, Beaulieu, La Chenaie	Sn, W, Au, Ag, Nb, Ta, Mo, Li, In, Ge
Beauvoir	IMERYS	03, 63	Echassières	Li, Sn, Ta, Nb, W, Be
Bonneval	Cordier Mines SAS	87, 24	Le Bourneix, Laurières, Leycuras	Au, Ag, Sb
Couflens	Variscan Mines	09	Salau	W, Sn, Bi, Mo, Zn, Pb, Cu, Au, Ag
Loc Envel	Variscan Mines	22	Coat-An-Noz	W, Mo, Cu, Zn, Pb, Sn, Au, Ag
Merléac	Variscan Mines	22	Porte-aux-Moines	Cu, Zn, Pb, Au, Ag
Saint-Pierre	Variscan Mines	85	La Bellière	Au, Ag
Silfiac	Variscan Mines	56	Plélauff	Zn, Pb, Cu, Au, Ag, Ge
Tennie	Variscan Mines	53	Rouez	Cu, Zn, Pn, Au, Ag
Villeranges	Cominor	23	Villeranges	Au, Cu, Ag, Zn, Sb, Sn, W
PER en instruction				
PER	Société	Département(s)	Gîte(s)/Gisement(s) connu(s)	Substances
Kanbo	Sudmine	64		Au
Olivet	SGZ France	53	La Lucette	Sb, Au, Ag, Pb, Zn, Ge, In
Penlan/Lopérec	SGZ France/Sudmine	29	Lopérec	Au, Ag
Vendrennes	SGZ France	85	Rochetretjoux	Sb, Au

1.3. POTENTIEL MINIER DE LA FRANCE

Le sous-sol français demeure encore riche de plusieurs substances attractives sur le plan industriel (minéraux industriels, métaux de base, métaux d'alliage, métaux rares et métaux précieux), avec pour certaines l'existence d'une filière industrielle au niveau national et/ou européen. Cette connaissance mériterait d'être approfondie sous l'impulsion des pouvoirs publics dans une politique affirmée d'attractivité du territoire pour des projets d'exploration et d'exploitation des ressources minières respectueux du développement durable.

Il est néanmoins possible avec l'état actuel des connaissances de considérer les principaux types de gisements français (substance, géométrie, taille, etc.) présentant un potentiel intéressant (Figure 5).

- **Tungstène (W)**

Les principaux gîtes à tungstène en France sont présents dans les régions de socle ancien (Massif Armoricaïn, Massif Central, Pyrénées et Massif des Maures) et représentés par :

- les skarns à scheelite : amas et lentille sub-concordant (ex. Salau (09), Fumade (81), Coat-An-Noz (22)) ;
- les veines à quartz et wolframite : filons et veines recoupant les roches encaissantes (ex. Puy-les-Vignes (87), Echassières (03), Leucamp (15), Montbelleux (35), Engualès (12)).

En France, les ressources résiduelles connues en tungstène avoisinent les 81 000 tonnes, exprimées en oxyde de tungstène (WO₃). Environ 24 700 t WO₃ ont été produites en France entre 1886 et 1986.

- **Antimoine (Sb)**

La France fut le premier producteur mondial entre 1890 et 1908 avec l'exploitation des gisements des districts de Brioude-Massiac (Massif Central) et de La Lucette (Vendée). Les principaux gîtes à antimoine sont présents dans le socle ancien (Massif Armoricaire, Massif Central, Vosges et Massif des Maures) et dans la partie alpine de la Corse :

- gisements syn-orogéniques à tardi-orogéniques, en relation avec des failles et des plis : filons à stibine et berthiérine (ex. La Lucette (85), Brioude-Massiac (15)) ;
- filons encaissés dans les roches ultrabasiqes et basiques : (ex. Ersa (2B)).

Deux demandes de permis exclusifs de recherches concernant des cibles minières à antimoine situées dans la région Pays-de-la-Loire ont été déposées par la société SGZ France le 3 mars 2015. La première demande concerne plus particulièrement les gisements des Brouzils et de Rochetreyoux tous deux situés dans le département de la Vendée. La deuxième demande porte sur l'ancienne mine d'antimoine et d'or de la Lucette (Mayenne). Considérant que la Chine assure actuellement 80% de la production mondiale, il n'est pas exclu de voir émerger d'autres projets d'exploration à l'avenir en cas de forte remontée des cours de ce métal et compte-tenu du potentiel géologique important de la métropole pour ce métal.

Les ressources en France avoisineraient les 20 000 tonnes. Environ 125 000 tonnes d'antimoine ont été produites en France.

- **Or (Au)**

Les gisements et indices d'or du territoire sont situés dans les massifs anciens. Le Massif Central est le plus important pour les tonnages produits, mais le Massif Armoricaire possède également un potentiel de découverte important.

La production d'or en France est extrêmement ancienne, probablement initiée dès le Néolithique (orpaillage). Elle est estimée assez précisément à 185,6 tonnes d'or pour le XX^e siècle.

Les réserves en or des gisements français métropolitains sont estimées à près de 174 tonnes se répartissant principalement entre le Massif Central (ex. Le Châtelet-Villerange (23), district de Saint-Yrieix (87)) et le Massif Armoricaire (Rouez (72), Lopérec (29), Salsigne⁵ (11)).

En métropole, les gisements d'or de Villerange (Creuse) et de Rouez (Sarthe) font également l'objet de travaux d'exploration suite à l'octroi de deux PER aux sociétés Cominor (filiale du groupe La Mancha) et Variscan Mines. Deux demandes de PER concurrentes concernant le gisement de Lopérec (Finistère) sont à fin décembre 2015, en cours d'instruction.

La Guyane constitue un territoire au potentiel aurifère élevé. Découvert début 1854, l'or est officiellement exploité en Guyane dès 1857 (Cf. Tome 8).

- **Plomb-Zinc-(Germanium) (Pb-Zn-Ge)**

⁵ Compte-tenu du passif économique, social et environnemental lié à l'exploitation passée, la réouverture à l'exploration et à l'exploitation n'est pas envisageable sur le site de Salsigne.

Les minéralisations plombo-zincifères (et argentifères) françaises sont essentiellement associées aux massifs anciens. En Europe, la France a été un producteur important de plomb et de zinc, avec une production totale estimée à 1,8 Mt métal Pb entre 1800 et 1991, date de fermeture de la mine des Malines et 2,3 Mt métal Zn jusqu'en 1993, date de la fermeture du gisement de Saint-Salvy. Ce dernier gisement est remarquable par sa production de 500 t de germanium, métal critique contenu dans le sulfure de zinc.

Les ressources actuelles en plomb restent modestes (environ 830 000 t métal). Elles sont plus conséquentes en zinc avec les minéralisations stratiformes des amas sulfurés volcanogéniques paléozoïques du Massif Central : Chessy-les-Mines (69) (486 000 t métal à 9% Zn) et du Massif Armoricaïn (bassin de Châteaulin) : Porte-aux-Moines (22) (144 000 t Zn à 7,8% Zn) et Bodennec (29) (61 000 t Zn à 2,9% Zn). Saint-Salvy détient les seules réserves connues en France de germanium (300 t). Un potentiel en germanium est envisageable au sein des gîtes plombo-zincifères de la bordure cévenole et du gîte filonien à Pb-Zn de Plélauff en Bretagne.

- **Niobium-Tantale-Étain (Nb-Ta-Sn)**

La France métropolitaine possède quelques gîtes à niobium-tantale parfois associé à de l'étain. Les deux principaux gisements sont Echassières (03) et Tréguennec (29) avec des ressources potentielles respectives de 5 000 t Nb-Ta pour le premier et 1 600 t Ta, 1 300 t Nb, 5 400 t Sn pour le second. En outre, la France a une petite production indirecte d'un concentré à Sn-Ta-Nb à partir du gisement de kaolin d'Echassières, dans l'Allier.

En Guyane française, des placers à colombo-tantalite ont été exploités entre 1969 et 1990, produisant 90 tonnes.

- **Molybdène (Mo)**

Les gisements les plus fréquents sont de type « porphyre » à Cu-Mo ou à Mo seul. Il s'agit de gisements à gros tonnage et basse teneur exploités à ciel ouvert. À Beauvain (61), l'Inventaire minier a mis en évidence les racines d'un porphyre à Mo dont le potentiel est évalué à 250 Mt à 0,02-0,03% Mo.

- **Fluorine (CaF₂)**

Les dernières mines de fluorine exploitées en France ont été Le Burg et Montroc dans le Tarn, arrêtées en 2006. La France dispose d'importantes ressources en fluorine, principalement constituées par les gisements stratiformes du Morvan : Antully (5,3 Mt à 34% CaF₂), Pierre-Perthuis, Egrevil et Marigny-sur-Yonne (8 Mt à 33% CaF₂), Courcelles-Frémoy (2,5 Mt à 36% CaF₂). Le gisement d'Antully, dans la forêt de la Planoise, a fait l'objet d'une campagne d'exploration par la compagnie Garrot-Chaillac et pourrait entrer en production à l'horizon 2018.

- **Barytine (BaSO₄)**

La dernière mine française de barytine, Chaillac (36), a fermé en 2006 après avoir produit 3 Mt de barytine de qualité « chimique ». Les principales ressources démontrées par l'Inventaire minier correspondent à des minéralisations stratiformes associées au gîte de type « Sedex » d'Arrens (65) dont le potentiel est évalué à 3 Mt. Une ressource de l'ordre de 0,9 Mt est également associée à l'amas sulfuré à Zn-Cu de Chessy-les-Mines (69). En outre, les gisements filoniens des Renauds (58) dans le Morvan, et d'Ambierle (42) dans le Forez renferment une ressource estimée à environ 0,5 Mt chacun.

Concernant la métropole, les substances minières métalliques présentant le plus fort potentiel de développement minier d'un point de vue géologique sont le tungstène, l'antimoine et l'or. Les gisements à minéralisation de plomb-zinc sont également susceptibles de faire l'objet de projets

miniers car ils peuvent contenir des teneurs économiques en argent ou en métaux critiques comme le germanium ou encore le gallium. À l'heure actuelle, la plupart de ces gisements sont à l'état d'indices miniers et nécessitent la réalisation de travaux d'exploration pour faire émerger des projets d'exploitation.

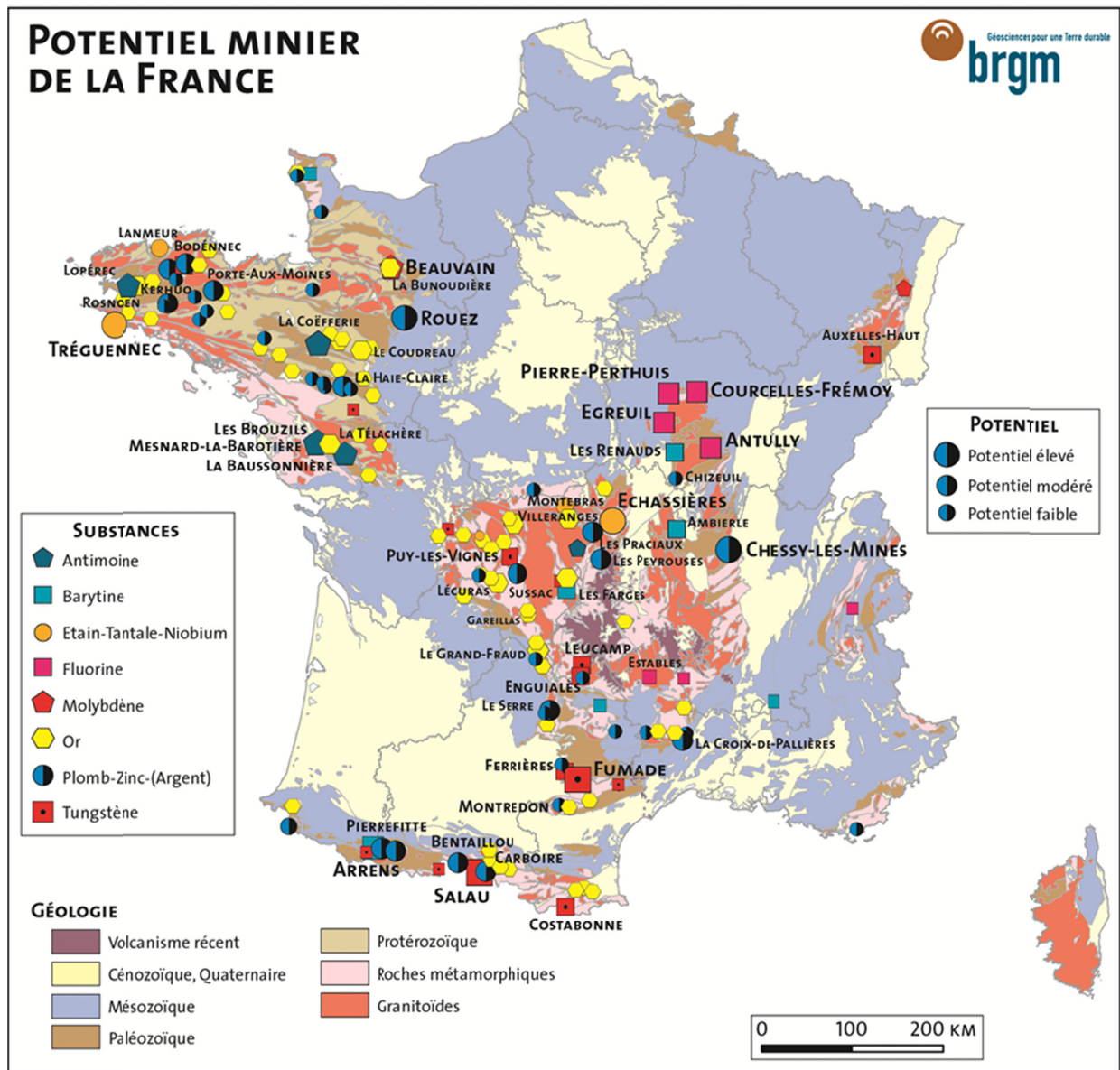


Figure 5 : Carte du potentiel minier français métropolitain (Source : BRGM).

2.4. ACTIVITE MINIERE EN GUYANE

L'activité minière en Guyane est traitée dans le Tome 8 – Exploration et exploitation minière en Guyane.

3. Conclusion

La France métropolitaine possède un potentiel minier avéré en or, antimoine, tungstène et fluorine. Néanmoins, des études complémentaires passant par une reprise de l'Inventaire minier, sous l'impulsion de l'État, pourraient attirer de nouveaux investisseurs en vue de favoriser des travaux d'exploration qui améliorerait la connaissance du sous-sol métropolitain et donc son potentiel minier.

L'activité minière nationale sera marquée sur les dix prochaines années par la poursuite des activités d'exploration et d'exploitation en métropole. La possibilité de voir émerger des projets d'exploitation de mine de métaux est en premier lieu dépendante des résultats des campagnes d'exploration, du contexte économique et de la capacité à mener effectivement l'exploration sur les territoires. Le caractère stratégique de certaines substances présentes renforce la pertinence économique des explorations.

En Guyane, l'activité minière devrait se poursuivre dans les conditions actuelles pour les artisans mineurs. Le développement de l'exploration et l'exploitation industrielle dans les PME locales ainsi que la concrétisation d'au moins un projet de taille mondiale sont attendus.

COLLECTION « LA MINE EN FRANCE »

Tome 1 - Industrie minérale et activité minière en France

Tome 2 - Législation et réglementation minière

Tome 3 - Projet minier et parties-prenantes

Tome 4 - Exploration minière

Tome 5 - Développement, financement, construction

Tome 6 - Exploitation minière et traitement des minerais

Tome 7 - Fermeture, reconversion et gestion de l'après-mine

Tome 8 - Exploration et exploitation minière en Guyane

Tome 9 - Le concept de «mine responsable». Parangonnage des initiatives mondiales

Tome 10 - Mines européennes. Quelques exemples de mines de métaux

Tome 11 - Sondages miniers

Tome 12 - Bonnes pratiques de l'activité minière

Tome 13 - Lexique

www.mineralinfo.fr

