

## Annexe 2

### Politique nationale des ressources et des usages du sous-sol

Ce document constitue l'annexe 2 de la politique nationale des ressources et des usages du sous-sol.

Il présente les réglementations de réalisation des travaux liés aux ressources et aux usages du sous-sol. Pour ce faire il se fonde sur différents guides rédigés par des experts du milieu des géosciences reconnus par l'administration. En particulier la collection « La Mine en France » présente de manière technique et relativement exhaustive les différentes méthodes et techniques de réalisation des travaux miniers d'exploration, d'exploitation, de traitement et d'après-mine des ressources du sous-sol.

Pour ce qui est des meilleures pratiques, plus larges, et applicables quelles que soit la meilleure technique évoquée dans ce document, il est proposé de se reporter à La Mine en France, et notamment à son tome 12 relatif aux bonnes pratiques dans l'activité minière.

Cette annexe ne prétend pas à l'exhaustivité. Seule l'instruction des demandes, au cas par cas, par les autorités compétentes, permet de définir les conditions d'exploration ou d'exploitation applicables à un projet minier, à l'issue des procédures en vigueur.

Les projets miniers sont par ailleurs soumis à la révision de la directive européenne IED, adoptée en [XXX] 2024. Les activités d'extraction, y compris le traitement sur site de certains minerais à une échelle industrielle de bauxite, chrome, cobalt, cuivre, or, fer, plomb, lithium, manganèse, nickel, palladium, platine, étain, tungstène et zinc seront concernées par cette révision.

#### Des règles techniques des travaux miniers pour la protection de la santé et de l'environnement

Les travaux miniers, c'est-à-dire l'activité physique d'exploration ou d'exploitation, sont soumis aux dispositions du droit de l'environnement français et européen, notamment en matière d'évaluation environnementale. Lorsqu'ils peuvent présenter des dangers et des inconvénients pouvant porter significativement atteinte aux intérêts protégés par le code minier, ils doivent être autorisés par une décision spécifique : l'autorisation d'ouverture de travaux miniers qui intègre, à compter du 1er juillet 2023, le régime de l'autorisation environnementale.

L'article L. 161-1 du code minier établit une liste exhaustive des intérêts à préserver lors des travaux d'exploration ou d'exploitation minière, comme la sécurité, la santé et la salubrité publiques, la solidité des édifices publics et privés, la conservation des voies

de communication, de la mine et des autres mines, les caractéristiques essentielles du milieu environnant, terrestre ou maritime, et plus généralement la protection des espaces naturels et des paysages, de la faune et de la flore, les équilibres biologiques et des ressources naturelles, la conservation de l'archéologie, ainsi que les intérêts agricoles et halieutiques des sites et des lieux affectés par les travaux et les installations afférents à l'exploitation. Les travaux miniers doivent en outre assurer la bonne utilisation du gisement et la conservation de la mine.

L'article L. 161-2 du code minier précise que tout exploitant de mines est tenu d'appliquer à l'exploitation des gisements les méthodes confirmées les plus propres à porter au maximum compatible avec les conditions économiques le rendement final de ces gisements, sous réserve de la préservation des intérêts énumérés à l'alinéa précédent.

Le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains fixe notamment les items de travaux miniers relevant des régimes de la déclaration et de l'autorisation et décrit la procédure d'instruction des déclarations de travaux. Il fixe également les dispositions applicables en matière d'arrêt des travaux miniers.

La procédure d'autorisation environnementale pour les travaux miniers est quant-à elle prévue par le chapitre unique du titre VIII du livre I<sup>er</sup> du code de l'environnement.

A ce texte s'ajoutent des dispositions techniques particulières de sécurité, de santé et de protection de l'environnement :

- des mesures visant à prévenir ou à réduire les effets néfastes sur l'environnement et la santé des personnes de la gestion des déchets provenant des industries extractives (Directive 2006/21/CE, Arrêté du 19 avril 2010) transposés notamment au travers du décret n° 2010-1394 et de l'arrêté du 19/04/10 relatif à la gestion des déchets des industries extractives ;
- les règles applicables aux travaux par forage réalisés dans le but d'explorer ou de développer un gisement ainsi qu'aux travaux rendus nécessaires pour l'exploitation par puits de ce gisement et aux travaux de prospection géophysique en mer (Décret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 complété par son arrêté du 14 octobre 2016) ;
- les prescriptions générales applicables à la géothermie de minime importance, à la qualification des entreprises de forage intervenant en matière de géothermie de minime importance, à l'agrément d'expert et à la carte des zones

- o les règles spécifiques aux travaux miniers conduits à terre et en mer pour les hydrocarbures (Décret n° 2016-1304 du 4 octobre 2016) ;

Aujourd'hui, la réglementation française interdit deux techniques d'exploration et d'exploitation de mines :

- la fracturation hydraulique pour l'exploration et l'exploitation de mines d'hydrocarbure est interdite par l'article L. 110-1 du Code de l'environnement ;
- l'utilisation du mercure comme technique d'amalgamation pour séparer l'or des autres substances présentes dans la roche aurifère. L'Union européenne a lancé une stratégie sur le mercure en 2005, ayant abouti à un règlement du Conseil de l'Europe n° 1102/2008 du 22 octobre 2008 relatif à l'interdiction des exportations de mercure métallique et de certains composés et mélanges de mercure et au stockage en toute sécurité de cette substance. L'utilisation du mercure en France est interdite à partir de cette date. Par la suite, la convention de Minamata signée le 10 octobre 2013 et ratifiée par la France le 15 juin 2017 interdit l'usage du mercure, notamment dans le cadre de l'industrie extractive.

### La phase d'exploration

L'activité d'exploration des substances en roches dures suit classiquement un schéma pluriannuel détaillé comme suit dans le tome de La Mine en France consacré à l'exploration.

| <b>EXPLORATION</b>                         |   |   |  |   |  |
|--|---|---|--|---|--|
| <b>STADE</b>                               | <b>RECONNAISSANCE RÉGIONALE</b>   | <b>TESTS DES INDICES</b>  | <b>ETUDE DES INDICES</b>   | <b>DÉTERMINATION DE L'ENVELOPPE MINÉRALISÉE</b>   | <b>DÉFINITION DES CORPS MINÉRALISÉS</b>  |
| <b>TECHNIQUES ET MÉTHODES D'ÉVALUATION</b> | <b>STRATÉGIQUE</b>  | <b>TACTIQUE</b>   | <b>TRAVAUX DE SUBSURFACE</b>   | <b>SONDAGES</b>   | <b>SONDAGES ET TRAVAUX MINIERES</b>  |
|  | *Géologie<br>*Téledétection<br>*Géologie<br>*Géochimie<br>*Géophysique aéroportée | *Géochimie sol/roche<br>*Levés géophysiques<br>*Levés géologiques<br>*Caractérisation | *Puits et tranchées<br>*Tarières<br>*Sondages courts (destructifs)<br>*Extrapolation des données géologiques | *Sondages Phase 1<br>1000-5000 m<br>*Etude de cible Phase 2<br>5000-10 000 m<br>*Essais préliminaires de traitement | *Sondages systématiques<br>*Galeries d'exploration<br>*Certification de la continuité de la minéralisation<br>*Géostatistique<br>*Essais de traitement |
| <b>DIMENSIONS</b>                          | <b>2D</b>   | <b>2D</b>   | <b>2,5D</b>  | <b>3D</b>   | <b>3D</b>  |
| <b>SURFACES</b>                            | x 100-1 000 km <sup>2</sup>   | x 1-10 km <sup>2</sup>  | manque d'infos en profondeur   | <b>SECTIONS</b>   | <b>MODÈLES 3D</b>  |
| <b>ÉCHELLES</b>                            | 1/100k - 1/50k  | 1/10 000 - 1/5 000  |  |   |  |
| <b>OBJECTIF</b>                            | <b>DÉTECTION D'ANOMALIES</b>  | <b>IDENTIFICATION DES CIBLES</b>  | <b>SÉLECTION DES CIBLES</b>  | <b>ETUDE DE CIBLE ESTIMATION DES RESSOURCES</b>   | <b>ÉVALUATION DES RESSOURCES ETUDE CONCEPTUELLE</b>  |
| <b>DURÉE</b>                               | <b>1 À 2 ANS</b>  | <b>1 À 2 ANS</b>  | <b>1 À 2 ANS</b>   | <b>1 À 3 ANS</b>  | <b>1 À 3 ANS</b>   |

La Mine en France détaille également les principales techniques utilisées pour l'exploration du sous-sol pour les gisements en roche dure. Le schéma classique de la recherche de gisements primaires, applicable également en mer, comprend ainsi des techniques d'échantillonnage de sol, de sédiments de ruisseau, de sédiments marins et/ou de roches. Ces échantillonnages sont généralement couplés avec des mesures géophysiques, permettant d'acquérir des données sur les caractéristiques physiques du milieu, sur le secteur étudié. Les campagnes de prospection géophysique peuvent être aéroportées pour acquérir des données initiales à large échelle mettant en évidence des anomalies pouvant être étudiées plus en détail par des techniques géophysiques au sol à maille plus resserrée. En mer, la reconnaissance géophysique par sismique réflexion s'accompagne d'une reconnaissance topographique et géologique de la surface sous-marine par des moyens indirects (relevés bathymétriques et imagerie sonar).

Une fois les zones d'intérêt identifiées, des méthodes plus intrusives, de tranchées ou de sondages, sont nécessaires pour acquérir une connaissance fine de la minéralisation et de son extension, préalable nécessaire à la définition de ressources et de réserves et in fine à l'exploitation. À cette phase, des galeries souterraines de recherche peuvent également être entreprises afin de caractériser le minerai et son encaissant.

Par ailleurs, sur des territoires et dans des contextes géologiques spécifiques de l'exploration de gisements alluvionnaires et éluvionnaires est pratiquée, notamment pour l'or en Guyane. Des techniques spécifiques, de moins grande envergure sont alors utilisées. Peut notamment être citée l'utilisation de tarières à main ou mécanisées pour l'étude des premiers mètres du sous-sol.

- Guides reconnus par l'administration :
  - o Synthèse sur les enjeux et impacts de la relance de l'activité minière en France ;
  - o Guide technique pour l'élaboration des études d'impact préalables à la recherche et l'exploitation des granulats marins ;
  - o Impact environnemental et économique des activités d'exploration ou d'exploitation des ressources minérales marines ;
  - o La prospection de l'or alluvionnaire à la sondeuse légère : tests in situ et étude de cas en Guyane française ;
  - o L'exploration de l'or alluvionnaire en Guyane : bilan des méthodes et guide de bonnes pratiques ;
  - o La Mine en France Tome 4.

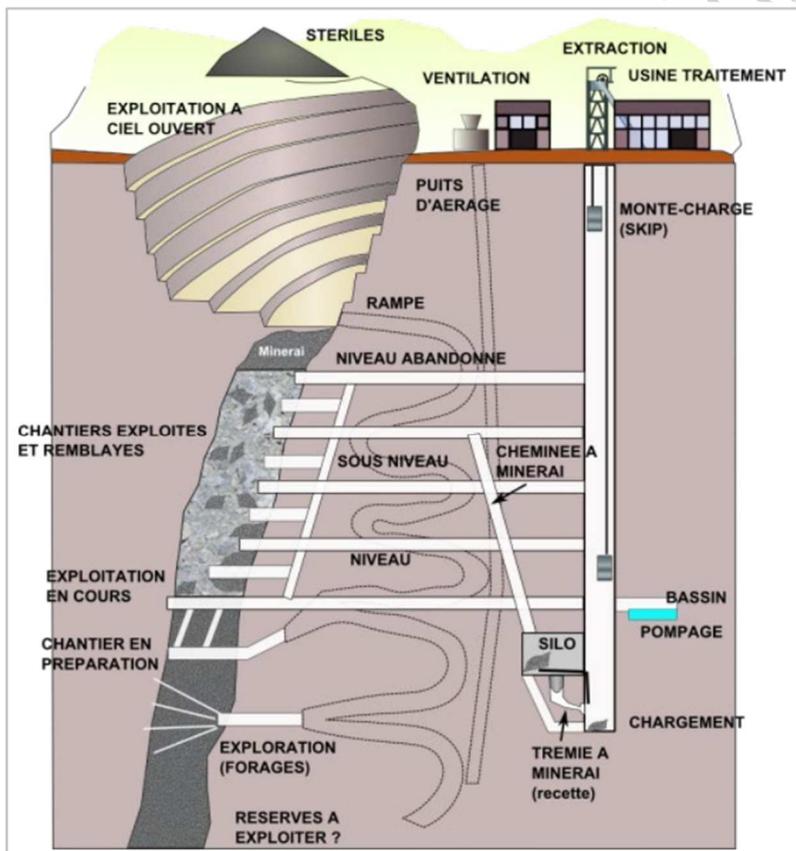
## La phase d'exploitation

Après la phase d'exploration précédemment explicitée, lorsqu'un gisement a été identifié, il peut être décidé d'entamer une exploitation de celui-ci.

Comme décrit dans le tome 6 de la Mine en France, pour les exploitations en roche dure, deux techniques d'exploitations minières existent principalement : l'exploitation à ciel ouvert, ou l'exploitation en souterrain. Pour chacune de ces deux grandes techniques, différentes méthodes d'exploitation existent. La détermination de la méthode la plus appropriée est menée au cas par cas en fonction notamment de critères géologiques, environnementaux, d'occupation du sol, techniques et économiques.

L'exploitation à ciel ouvert, le plus souvent en fosse pour les gisements métalliques, comprend les grandes phases suivantes : décapage, abattage, purge/confortement, chargement, transport.

Pour l'exploitation souterraine, hormis les exploitations par dissolution, outre les phases précédentes et une phase de décapage réduite ou absente, un aérage est nécessaire afin d'assurer l'évacuation de potentiels gaz, liés aux tirs ou intrinsèques au milieu rocheux, et/ou la sécurité des travailleurs.



Source : mines télécom

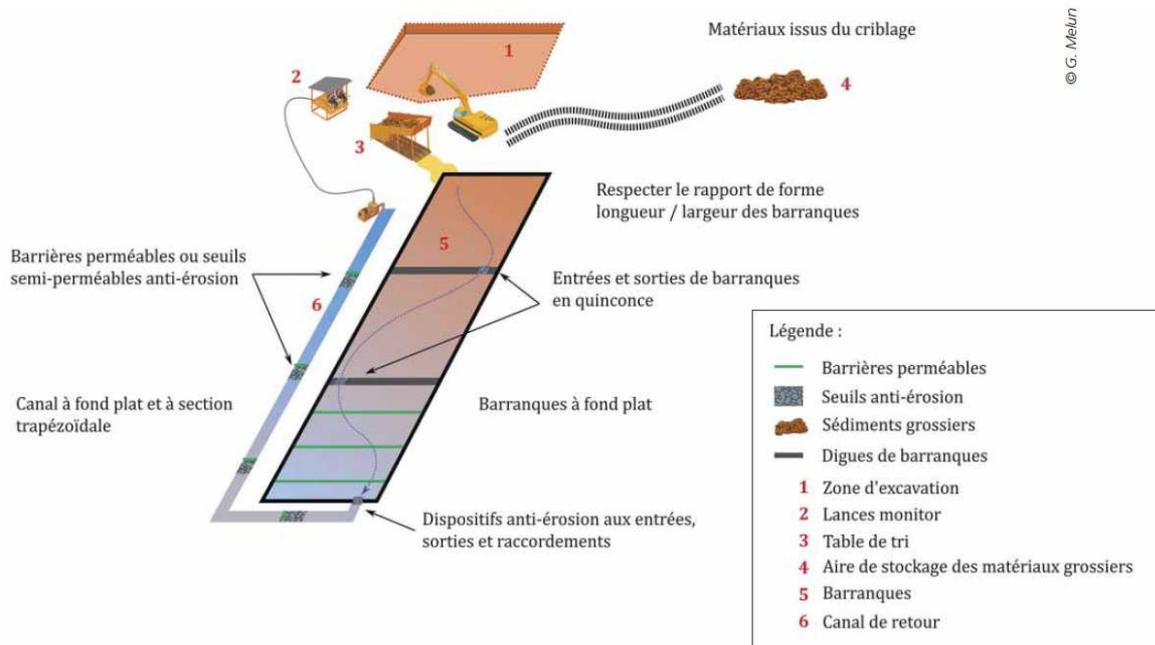
Selon les terrains, un pompage des eaux est nécessaire pour prévenir les risques d'enneigement de certains ouvrages qu'il s'agisse de souterrain ou de ciel ouvert.

Selon la méthode d'exploitation, des étapes de confortement sont également nécessaires afin d'assurer la stabilité des chantiers. En souterrain, trois familles de méthodes d'exploitation peuvent être appliquées : celles laissant des vides résiduels au niveau des chambres d'exploitation, celles avec un remblayage des chambres d'exploitation, et celles dites foudroyées où la rupture des chambres d'exploitation est volontairement provoquée. Les critères précédemment mentionnés restent déterminants pour le choix de la méthode d'exploitation en souterrain.

La phase d'exploitation génère généralement des quantités de roches et de terre qui ne peuvent pas être valorisés directement dans la chaîne de valeur minière. Il s'agit à ce stade de recouvrement, d'une partie du minerai abattu jugée insuffisamment riche ou d'un mélange des deux précédents. La gestion de ces déchets (entreposage, réutilisation) est un défi majeur pour les exploitations minières.

Pour le cas particulier de l'exploitation de substances de mines contenues dans les fluides géothermaux, l'exploitation est techniquement similaire à celle décrite dans la partie relative à la géothermie, à laquelle est ajoutée un passage de la saumure au travers d'un process permettant la récupération de la substance de mine.

Dans des contextes spécifiques, lorsque des gisements secondaires sont identifiées, une exploitation alluvionnaire existe. C'est notamment le cas en Guyane. De tels gisement sont exploités de manière générale par barranques, d'aval en amont, par des techniques uniquement gravimétriques.



- Guides reconnus par l'administration :

- o Synthèse sur les enjeux et impacts de la relance de l'activité minière en France ;

- Guide technique pour l'élaboration des études d'impact préalables à la recherche et l'exploitation des granulats marins ;
- Impact environnemental et économique des activités d'exploration ou d'exploitation des ressources minérales marines ;
- Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la sismicité induite par les opérations de géothermie profonde ;
- Lignes directrices "Eviter, réduire, compenser" les impacts sur les milieux naturels : déclinaison au secteur des carrières ;
- La Mine en France Tome 6.

Spécifiquement en carrières, un remblayage de celles-ci par des déchets inertes est parfois opéré selon les guides reconnus par l'administration suivants :

- Guides reconnus par l'administration :
  - Remblayage de carrières souterraines par des déchets inertes. Guide de bonnes pratiques – Aspects géotechniques ;
  - Remblayage de carrières à ciel ouvert par des déchets inertes. Guide de bonnes pratiques sur les critères de stabilité des remblais.

## La phase de traitement

Comme indiqué dans le tome 6 de La Mine en France, le minerai précédemment extrait est ensuite acheminé vers des installations de traitement du minerai pouvant être sur site ou éloignées. Là, il peut subir différents processus physico-chimiques permettant d'extraire un concentré enrichi en la substance d'intérêt.

Comme la phase d'exploitation précédente, la phase de traitement est génératrice de déchets dits de traitement ; il s'agit de des matériaux artificiels fins produits souvent en grande quantité. Ces résidus sont enrichis en minéraux de gangue et minéraux résiduels non économiques ainsi qu'en réactifs chimiques. Ils sont généralement « stockés » (digues / bassins ou dépôts).

Pour les gisements en roches dures, la première étape du procédé de traitement du minerai est la comminution<sup>1</sup>, dont l'intérêt est de réduire la taille du matériel jusqu'à arriver à la maille de libération des minéraux contenant la substance recherchée. De manière classique cette comminution est réalisée à l'aide de concasseurs puis de broyeurs.

Par la suite la phase de concentration peut débuter dont l'objectif est de séparer les minéraux d'intérêts précédemment libérés des autres minéraux. Pour ce faire les différences de comportements physiques et/ou chimiques de ces minéraux sont

---

<sup>1</sup> Concassage et broyage du minerai

utilisées. Ainsi, des méthodes de séparation magnétiques, par milieu dense, par gravité, par flottation ou par lixiviation peuvent notamment être citées.

- Guides reconnus par l'administration :
  - o Revue synthétique des bonnes pratiques relatives à l'utilisation du cyanure pour le traitement de l'or dans le contexte guyanais ;
  - o Utilisation de la cyanuration dans l'industrie aurifère en Guyane. Impacts potentiels sur l'environnement et recommandations ;
  - o La Mine en France Tome 6.

### **Le stockage et la gestion des stériles et résidus miniers**

Quelle que soit la méthode d'exploitation, une partie du matériel extrait n'est pas considérée comme valorisable et ne peut donc pas être qualifiée de minerai et entrer dans le circuit de traitement. Cette quantité de roche extraite mais non valorisée constitue les stériles.

Par la suite, lorsque le minerai est traité dans l'usine, à l'issue de la phase de concentration précédemment décrite, la masse minérale de laquelle a été extraite la substance d'intérêt constitue les résidus de traitement.

A la fois les stériles et les résidus de traitement sont des déchets miniers. Ces déchets doivent alors être stockés et la pérennité de ces stockages assurée sur le long terme.

Comme expliqué dans le tome 6 de La Mine en France, sur le plan technique, les stériles, qui n'ont subi aucune comminution, sont déposés à sec sous forme de verses à stériles. La stabilité de ces verses est assurée par le respect de la pente naturelle du matériel déposé.

Les résidus de traitement quant à eux, ont subi le processus de traitement du minerai ; leur granularité est donc beaucoup plus fine. De ce fait, ils sont généralement déposés dans des bassins de rétention/barrages à résidus sous forme plus ou moins liquide, leur partie grossière servant à ériger la digue. Il existe communément trois méthodes de construction des digues des bassins de rétention : la méthode « amont » dans laquelle la digue repose pour partie sur les résidus précédemment déposés lorsqu'elle est progressivement surélevée ; la méthode « aval » dans laquelle la digue est agrandie vers l'aval et où les parties surélevées ne reposent pas sur les anciens résidus ; la méthode « centrale » qui élève l'édifice selon un axe vertical. Il est également possible de mélanger ces résidus de traitement, pour leurs fractions inertes, aux terres et déchets d'extraction voir à d'autres charges/liants pour constituer des ouvrages de dépôts de meilleure stabilité et/ou des ouvrages de remblayage.

- Guides reconnus par l'administration :
  - o Ruptures de barrages de résidus miniers : retour d'expérience et évaluation du phénomène ;
  - o Traitements et préventions des drainages acides provenant des résidus miniers. Revue bibliographique ;
  - o La Mine en France Tome 6.

La commission européenne a par ailleurs publié un document de référence des meilleures techniques disponibles pour la gestion des déchets de l'industrie extractive en accord avec la directive 2006/21/EC.

### L'arrêt des travaux miniers

La réglementation minière impose à l'exploitant de prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir les risques potentiels consécutifs à son exploitation. L'exploitant est responsable des dommages miniers causés par son activité sans limite de temps.

Elle prévoit notamment une procédure d'arrêt des travaux (article L. 163-1 et suivants du code minier) qui s'accompagne d'un dossier élaboré par l'exploitant dans lequel il intègre des études sur les risques résiduels qui pourraient persister après la fin de l'exploitation et des études sur l'impact hydrologique. La procédure d'arrêt des travaux miniers, permet de poser un bilan des effets des travaux sur l'environnement et les populations, d'identifier les risques ou nuisances susceptibles de persister sur le long terme et d'émettre des propositions de mesures compensatoires destinées à gérer les risques résiduels.

Afin de réduire voir de supprimer ces risques, l'exploitant propose des travaux de mise en sécurité, mais également des mesures de surveillance.

- Guides reconnus par l'administration :
  - o Guide de bonnes pratiques pour la mise en sécurité d'ouvrages miniers débouchant au jour ;
  - o Évaluation des aléas miniers ;
  - o La Mine en France Tome 7.

L'exploitant peut également demander la mise en place de servitudes d'utilité publiques (SUP) qui permettent, de mieux prévenir les risques résiduels, d'y définir les conditions de construction, d'occupation et d'utilisation des sols.

Les servitudes d'utilité publiques (SUP) permettent d'établir des règles d'utilisation des sols influencés par l'exploitation minière et peuvent interdire toute nouvelle

construction dans l'ensemble des zones soumises à risque résiduel. Elles peuvent aussi limiter ou interdire certaines activités professionnelles, prescrire des normes constructives permettant de garantir à terme la sécurité des personnes et des biens.

PROJET - consultation du public