

RAPPORT D'ÉTUDE
DRS-12-126117-07379A

29/06/2012

**Guide de bonnes pratiques pour la mise en
sécurité d'ouvrages miniers débouchant au jour**

Guide de bonnes pratiques pour la mise en sécurité d'ouvrages miniers débouchant au jour

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

MEDDE

Ce guide a été soumis pour validation à un Groupe de Travail constitué de :

MEDDE/DGPR/SRT/SDRCP/BSSS

DREAL Pôle Après Mine Est

DREAL Pôle Après Mine Sud

DREAL Auvergne

BRGM/DPSM

GEODERIS

Personnes ayant participé à la rédaction du rapport :

Nicolas PILCH, Technicien Supérieur, Unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du sous-sol, Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

Candice LAGNY, Ingénieure à l'Unité Eaux Souterraines et Emissions de Gaz, Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

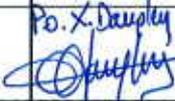
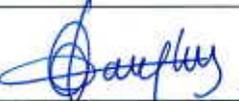
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	C. FRANCK R. SALMON	X. DAUPLEY	C. DIDIER
Qualité	Ingénieurs à la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Responsable de l'Unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du sous-sol, Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Directeur Adjoint de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa	 		

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU GUIDE.....	7
2. BREFS ASPECTS GÉNÉRAUX : HISTORIQUE ET DÉFINITIONS DES OUVRAGES	9
2.1 Historique	9
2.2 Définitions.....	9
3. RAPPEL DES RISQUES LIES A LA PRESENCE D'OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE	11
3.1 Risques corporels.....	11
3.2 Risques liés à des phénomènes se produisant ou se manifestant dans ou aux abords de l'ouvrage.....	12
3.2.1 Phénomènes de mouvements de terrain pouvant affecter les ouvrages .	12
3.2.1.1 L'effondrement	12
3.2.1.2 Tassements.....	15
3.2.2 Risques liés à la présence de gaz	16
3.2.3 Risques liés à la présence d'eau	18
4. PREREQUIS NECESSAIRES AU TRAITEMENT ADAPTE DES OUVRAGES MINIERS DÉBOUCHANT EN SURFACE	19
4.1 Rappel des objectifs des traitements	19
4.2 Les paramètres à collecter	20
4.2.1 Précision de la position de l'ouvrage.....	20
4.2.2 Facilité d'accès au site	20
4.2.3 Nature et densité des enjeux en surface, utilisation future des terrains ...	21
4.2.4 Caractéristiques géométriques des ouvertures à traiter.....	21
4.2.5 Etat des ouvrages	21
4.2.6 Connexions à d'autres ouvrages, présence de vides ou d'infrastructures	21
4.2.7 Géologie.....	22
4.2.8 Hydrogéologie.....	22
4.2.9 Présence potentielle de gaz de mine	23
4.2.10 Nécessité ou volonté de préservation de l'accès aux ouvrages souterrains.....	23
4.2.11 Préservation de la faune, de la flore et de l'environnement	24
4.2.12 Coûts.....	24

5. BONNES PRATIQUES DE MISE EN SÉCURITÉ DES OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR	25
5.1 Principe de lecture des fiches	25
5.2 Récapitulatif des techniques de traitement des ouvrages.....	26
6. FICHES DE BONNES PRATIQUES DE MISE EN SÉCURITÉ DES OUVRAGES DÉBOUCHANT EN SURFACE.....	29
7. BIBLIOGRAPHIE.....	59
8. LISTE DES ANNEXES.....	61

Liste des figures

Figure 1 : schéma de principe de la remontée d'un fontis (autocomblement en haut, remontée à la surface en bas)..... 13

Figure 2 : schémas illustrant le déboufrage de remblai (à gauche) et la rupture du revêtement en tête (à droite) d'un puits..... 15

Liste des tableaux

Tableau 1 - Principaux risques corporels liés à la présence d'un ouvrage minier débouchant en surface..... 11

Tableau 2 : Notation des critères dans le tableau d'adéquation..... 25

Tableau 3 : principales techniques de traitement des puits et galeries 27

1.INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU GUIDE

Les ouvrages miniers débouchant au jour regroupent les puits, galeries, descenderies, qui relient les exploitations ou recherches minières souterraines et la surface.

Les inventaires miniers qui ont été établis et qui se poursuivent mettent en évidence que de très nombreux territoires où le minerai fut recherché, voire exploité, sont concernés par la présence de ces ouvrages. Selon la nature et l'importance de l'exploitation, leur nombre peut être réduit ou bien atteindre plusieurs centaines d'unités.

Un certain nombre de ces ouvrages fut fermé à l'arrêt des travaux. Les méthodes employées lors de ces opérations de fermeture furent diverses, selon l'ancienneté du traitement, les connaissances techniques de l'époque et les objectifs de sécurité imposés. De très nombreux ouvrages furent simplement remblayés.

Depuis ces travaux de fermeture, il a été observé ou relaté à maintes reprises des désordres liés à la dégradation du dispositif mis en place en tête de l'ouvrage, ou bien à la remobilisation des remblais qui avaient été déversés dans la colonne de puits.

Enfin, une part non négligeable de ces ouvrages n'ont jamais été traités et ont été observés ouverts lors des investigations entreprises sur les territoires miniers.

Ainsi peut-on considérer un éventail assez large de situations et de niveaux de risque dans des secteurs d'activité humaine ou des zones urbanisées, qui peuvent être liés à la dangerosité de l'ouvrage vis-à-vis de personnes s'en approchant ou y pénétrant (puits ou galerie ouverte, anciennes structures minières), ou bien aux phénomènes pouvant y survenir (mouvements de terrain, émission de gaz, autres).

Les techniques de fermeture d'ouvrages miniers ont évolué et ont pu bénéficier de retours d'expérience quant à leur pertinence, leur dimensionnement et leur durabilité. Le présent guide de bonnes pratiques présente les techniques les plus couramment employées, et leurs conditions d'application vis-à-vis des situations et contextes de danger évoqués auparavant et des enjeux existants.

Ce guide de bonnes pratiques est destiné aux acteurs locaux ou régionaux de l'après-mine, mais également aux collectivités ou autres acteurs confrontés à cette problématique. Sans se substituer au pouvoir de décision du maître de l'ouvrage, il permet d'identifier l'ensemble des critères qui peuvent jouer un rôle dans le choix de la méthode de mise en sécurité et de recommander les techniques les mieux adaptées compte-tenu de ces critères, avec une présentation pratique sous forme de fiches.

Après avoir brièvement évoqué les aspects généraux (chapitre 2), le présent document aborde les principaux risques liés à la présence d'ouvrages débouchant en surface (chapitre 3) et les pré-requis nécessaires à un traitement adapté (chapitre 4). Ces trois chapitres correspondent à la mise à jour du guide méthodologique établi en 1997 par l'INERIS pour le Ministère de l'Industrie (référence INERIS-SSE-Cdi/CS-97-22EP46/R04). Le chapitre 5 présente le principe de rédaction des fiches de bonnes pratiques ainsi que des tableaux de

synthèse sur les méthodes les plus adaptées aux différentes situations de risque. Les fiches sont présentées pour leur part au chapitre 6.

Le guide n'aborde pas les méthodes de traitement de parties sommitales d'anciens chantiers d'exploitation, de filons recoupant la surface, de crevasses générées par l'activité minière. De part leur agencement, leur géométrie et leur volume spécifiques et plus complexes, de tels vides nécessitent des travaux de traitement particuliers, qui peuvent selon le cas d'espèce se rapprocher ou bien être très différents de ceux permettant la mise en sécurité d'un puits ou d'une galerie.

Un document établi sur la prise en compte de la présence d'espèces protégées (chiroptères) dans le traitement des ouvrages est consultable à l'annexe 2.

2.BREFS ASPECTS GENERAUX : HISTORIQUE ET DEFINITIONS DES OUVRAGES

2.1 Historique

Si l'exploitation des ressources minérales sur le sol français remonte à des temps anciens, il fallut attendre le début du dix-neuvième siècle et une succession d'accidents liés à l'effondrement de travaux souterrains pour qu'un Service centralisé des Mines soit mis en place.

Il demeure néanmoins que de nombreuses petites exploitations existaient avant cette décision et ont laissé d'anciens travaux proches de la surface, souvent non recensés. On peut par ailleurs supposer que nombre d'exploitations illégales, postérieures au décret impérial, présentent le même type de risques.

Les exploitations les plus anciennes se faisaient essentiellement soit par grattages superficiels, soit par travaux souterrains de faible extension et peu profonds se développant à partir de petites descenderies ou de galeries d'accès. Le développement des techniques de creusement et notamment l'invention de la machine à vapeur entraîna rapidement l'abandon des petites descenderies pour laisser place aux puits de mine permettant un accès plus sûr et plus aisé aux différentes veines. La profondeur de ces puits n'a alors eu de cesse d'augmenter, de quelques dizaines de mètres au XVIII^{ème} siècle à plus de 1000 m au XX^{ème} siècle.

La plupart des puits et descenderies antérieures au XX^{ème} siècle a été abandonnée sans qu'un recensement de leur localisation exacte, de leur taille et du mode de traitement de l'orifice n'ait été réalisé de manière précise. Certains ouvrages ont été remblayés partiellement ou intégralement au moment de leur fermeture. Hormis quelques puits encore repérables aujourd'hui (du fait de la présence d'une dalle ou de repère de surface), les anciens orifices sont, pour la plupart, oubliés et dissimulés sous la surface dans des environnements très divers, et parfois en sites urbains.

Les vieilles galeries d'accès ont généralement été murées à l'aide de briques, de moellons, de parpaings, de béton ou de bois et leur présence est souvent ignorée, en particulier si l'entrée s'est effondrée et que les terrains environnants ont été remodelés, rendant à la zone un aspect naturel.

2.2 Définitions

Ce paragraphe précise les termes fréquemment employés pour décrire les ouvrages miniers débouchant au jour ou les ouvrages qui leur sont connexes. Ces définitions sont extraites du document « Vocabulaire de la mine souterraine. Edition Société de l'Industrie Minérale. ISSN 0240-9542. »

Cheminée : voie verticale ou subverticale pouvant servir à l'aération, à la circulation du personnel, à des transports de matériel, de minerai ou de remblai par gravité.

Descenderie : voie inclinée permettant l'accès au gisement depuis la surface. On peut aussi dire « fendue ».

Galerie : nom général désignant toute voie de communication souterraine horizontale ou faiblement inclinée.

Galerie à flanc de coteau : voie peu inclinée qui débouche au jour sur le versant d'une colline.

Ossature : ensemble des ouvrages principaux d'accès aux différentes parties du gisement.

Plan incliné : voie inclinée sur l'horizontale qui est équipée pour assurer un ou plusieurs des services suivants : transport du minerai, du stérile, du remblai ou du matériel, circulation du personnel, aération.

Puits : voie de pénétration dans le gisement, généralement verticale, partant de la surface, donnant accès à différents étages d'une mine et permettant de les desservir. Un puits assure normalement la totalité ou plusieurs des services ci-après : extraction, circulation du personnel, transport du matériel, descente du remblai, aération (entrée ou retour d'air), exhaure, etc.

Recette : lieu où se trouvent les dispositifs assurant la manutention des produits et du matériel et la circulation du personnel aux abords du puits, à chaque niveau. La recette du fond est parfois appelée **accrochage**.

Travers-bancs : galerie de niveau recoupant les différentes formations. Par extension, galerie principale dans le stérile partant d'une recette.

On désignera par la suite par le terme générique **puits** tout ouvrage vertical, subvertical ou de forte inclinaison débouchant en surface (tel que la descente humaine ne soit pas possible sans équipement et tel que les matériaux mis en place ne puissent pas se maintenir sans dispositif spécifique). Ce terme regroupe les ouvrages débouchant en surface suivants : cheminée, descenderie, plan incliné, puits (selon les dénominations locales, le type de gisement, l'ancienne fonction de l'ouvrage).

Le terme générique **galerie** désignera tout ouvrage débouchant en surface horizontal, subhorizontal ou de faible inclinaison. Ce terme regroupe les galeries et les travers-bancs.

A noter que le terme « fendue » peut être à la fois employé pour des galeries peu inclinées ou des descenderies. Par exemple, dans le bassin houiller de Saint-Etienne ces ouvrages, très nombreux, sont définis comme des ouvrages plus ou moins inclinés creusés dans la couche de charbon qui affleure en surface.

3.RAPPEL DES RISQUES LIES A LA PRESENCE D'OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE

3.1 Risques corporels

La présence d'ouvrages ouverts, insuffisamment obturés, ou aux abords accidentés ou encore présentant des infrastructures masquées est problématique. S'ils sont marqués dans le paysage, accessibles, ou connus localement, ces ouvrages attirent la curiosité de certaines personnes. D'autres mènent leur activité à proximité au quotidien.

Les dangers liés à ces ouvrages du seul fait de leur présence, sans considérer les phénomènes qui peuvent s'y produire et engendrer d'autres dangers ou accidents, sont regroupés dans la catégorie dite ici des « risques corporels ».

Les principaux risques sont présentés dans le Tableau 1 ci-après. Ils sont récurrents (de nombreux ouvrages du territoire métropolitain sont en situation de fermeture insuffisante, voire absente) et problématiques (un accident peut engager diverses responsabilités : l'Etat, les personnes ayant pénétré dans les ouvrages, voire le propriétaire de la parcelle ou le maire...

<i>Puits</i>	<i>Galerie</i>
Chute dans le puits	
Noyade après une chute dans l'ouvrage	
Chute de personnes depuis les infrastructures de surface encore en place (escalier, étage, chevalement...)	
Chute de pierres, de blocs, de briques, de poutres en bois, de poutrelles métalliques, de morceaux de verre si il existe un chevalement ou des bâtiments annexes à proximité immédiate du puits	Chute de pierres, de blocs, de briques, de poutres en bois ou de poutrelles métalliques (boisages, soutènements...) dans la galerie
Blessures (coupures, fractures...) résultant de la présence de ferrailles abandonnées, de vides résiduels liés à la présence d'infrastructures ou galeries techniques à faible profondeur	Blessures (coupures, fractures...) résultant de la présence de ferrailles ou autres matériaux abandonnés, de vides résiduels liés à la présence de bures (puits intérieurs)
Intoxication, asphyxie si des dégagements de gaz de mine se produisent par l'orifice minier, ou dans les travaux miniers (galeries, travaux peu profonds)	
Explosion et brûlures si du méthane se dégage par le puits ou s'accumule dans les caves des bâtiments ou les galeries techniques situées à faible profondeur	Explosion et brûlures si du méthane se dégage par la galerie ou s'accumule en forte concentration à proximité immédiate de l'orifice
	Egarement si des personnes pénètrent profondément dans l'ouvrage connecté aux travaux souterrains
Pollution des eaux et des sols, avec risques d'intoxication	

Tableau 1 - Principaux risques corporels liés à la présence d'un ouvrage minier débouchant en surface

3.2 Risques liés à des phénomènes se produisant ou se manifestant dans ou aux abords de l'ouvrage

Les risques liés aux ouvrages miniers débouchant en surface résultent du croisement d'un aléa et d'enjeux. L'aléa correspond à l'éventualité qu'un phénomène redouté se produise en atteignant une certaine intensité. Les enjeux correspondent aux personnes, biens et activités au droit ou à proximité de l'ouvrage.

Les principaux risques sont liés aux mouvements de terrain au droit ou dans le proche environnement de l'ouvrage, et à l'émanation en surface de gaz par l'intermédiaire de l'ouvrage qui constitue un conduit d'acheminement. D'autres risques peuvent être identifiés, rappelés brièvement ci après.

3.2.1 Phénomènes de mouvements de terrain pouvant affecter les ouvrages

3.2.1.1 L'effondrement

Par opposition au phénomène d'affaissement, on parle d'effondrement lorsque l'abaissement de la surface se fait de manière discontinue dans le temps (événement rapide et brutal) et/ou dans l'espace (formation de fractures, de figures d'arrachement, de cratères...).

Les effondrements se caractérisent par un mouvement gravitaire rapide à composante essentiellement verticale qui peut atteindre une amplitude importante. De fait, ils peuvent engendrer des conséquences importantes sur les enjeux : la dégradation, voire la ruine d'infrastructures ou bâtiments, les blessures ou pertes de vies humaines.

Pour les ouvrages, on différencie ainsi classiquement différents types d'effondrement.

Le fontis

Les effondrements d'entrées de **galeries** non ou faiblement inclinées se matérialisent généralement par l'apparition soudaine de fontis. Le mécanisme initiateur est la **chute du toit** de ces ouvrages. Cette rupture de toit engendre la création d'une cloche de **fontis** qui se propage plus ou moins rapidement vers la surface (Figure 1). En fonction de critères géométriques et de nature du matériau, le fontis peut se stabiliser et ne pas atteindre la surface – on parle alors d'autocomblement par foisonnement ; mais a contrario il peut se propager vers les terrains affleurants, souvent déconsolidés, altérés, ou encore meubles, et provoquer au sein de ceux-ci la création brutale d'un cratère en forme d'entonnoir qui marque la surface. Le volume mobilisé en surface dépend principalement du volume disponible dans l'ouvrage, de la capacité de foisonnement des matériaux lors de la remontée du fontis, et de la nature, l'épaisseur et l'état d'altération des terrains affleurants.

La pente de l'entonnoir apparu en surface évolue ensuite progressivement, sous l'effet des intempéries et de l'altération des terrains superficiels.

Les dimensions de ces fontis sont variables. Les retours d'expérience montrent qu'une grande majorité de cratères de diamètre métrique est observée dans le domaine minier, mais certaines configurations défavorables peuvent conduire à des entonnoirs de l'ordre de la dizaine de mètres, voire plus, selon la nature des terrains de surface.

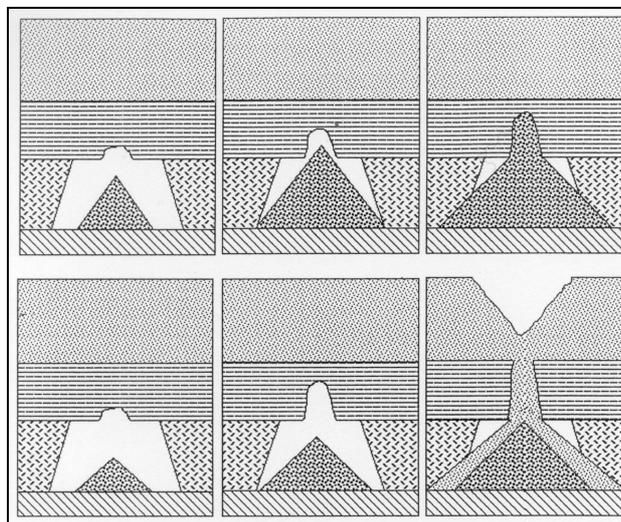


Figure 1 : schéma de principe de la remontée d'un fontis (autocomblement en haut, remontée à la surface en bas)

Le débouillage de la colonne de remblais

Dans le cas d'un ***puits***, on appelle débouillage de la colonne de remblais une remobilisation brutale et dynamique des remblais qui descendent brusquement et s'engouffrent dans les accrochages et les anciens travaux, générant ainsi un effondrement de la surface si aucune structure de protection n'a été mise en place au niveau de la tête de l'ouvrage (Figure 2). Les débouillages surviennent généralement après une lente dégradation des conditions régnant dans le massif et les remblais. Ces modifications progressives aboutissent à l'établissement d'un équilibre limite et l'intervention d'un facteur aggravant peut suffire à déclencher la mobilisation dynamique de la colonne. L'apport et la variation du niveau de l'eau dans la colonne du puits en sont les facteurs aggravants les plus fréquents.

Certains débouillages résultent de la formation de vides dans la colonne au cours du déversement des remblais. Ces vides peuvent résulter du blocage des matériaux déversés au niveau de rétrécissements du puits. Il se forme ainsi des ponts ou des voûtes avec des vides francs dans les niveaux sous jacents.

Les débouillages de remblais n'ont pas pour seul effet d'abaisser violemment le niveau de la colonne. D'importants phénomènes d'aspiration puis de refoulement d'air peuvent en résulter. Ces contraintes peuvent parfois contribuer à l'altération ou à la destruction du revêtement, du bouchon, de la dalle de couverture ou des terrains environnants.

D'une manière générale, la prédisposition au mouvement de remblai augmente avec la profondeur du puits. En effet, le volume de l'ouvrage et donc du remblai mis en place est plus important, augmentant d'autant les problèmes de mise en œuvre, les vides résiduels, les mauvaises qualités et répartition des matériaux du remblai, etc. De plus, sauf lorsqu'il s'agit d'ouvrages de recherche infructueux, les puits sont connectés à des galeries souterraines (dessertes de chantiers, traçages, travers-bancs, ...). Plus la profondeur du puits est conséquente et plus le nombre d'ouvrages d'infrastructure ou de recherche connectés peut ainsi être important. Les risques de coulissage ou de débouillage du remblai par migration du matériau dans les galeries connectées au puits sont d'autant augmentés.

A noter que la période d'envoyage de la mine est une phase critique pour ce type de phénomène, le remblai des puits se saturant en eau et acquérant un poids volumique et une capacité de migration plus importants.

Les dimensions de l'effondrement sont généralement corrélées avec le diamètre de l'ouvrage, à savoir plurimétriques. Dans le cas défavorable où le débouillage entraîne une rupture de la tête de puits, les dimensions peuvent être beaucoup plus importantes.

La rupture du revêtement dans la colonne ou en tête de puits

Les ruptures les plus fréquentes d'un revêtement de **puits** ou d'une **descenderie pentée** proviennent d'une baisse de la résistance de celui-ci ou d'une augmentation de la poussée des terrains. Lorsque la première ne parvient plus à contenir la seconde, le revêtement (briques, blocs de pierre, béton, fonte et acier) se déforme et finit par se rompre. Il s'effondre dans le puits en entraînant avec lui tout ou partie des terrains environnants (Figure 2).

La baisse des propriétés mécaniques d'un revêtement est un phénomène inéluctable résultant du vieillissement progressif des matériaux qui le constituent. Les ruissellements d'eau peuvent accélérer cette altération, surtout si elles sont agressives. Des niveaux aquifères peuvent être aussi mis en pression hydrostatique, soit par remontée de nappe, soit par l'entremise de fortes précipitations. Si l'ouvrage est protégé par un cuvelage imperméable, l'augmentation de la pression hydrostatique se reportera sur le revêtement.

On notera qu'un remblayage de puits effectué sans précautions suffisantes peut endommager sérieusement le revêtement ou les cuvelages. Les pierres ou blocs déversés depuis l'ouverture sont soumis à des chutes libres de plusieurs centaines de mètres et peuvent parfois abattre des pans du revêtement.

L'utilisation de certaines méthodes de mise en sécurité mal ou insuffisamment dimensionnées peut parfois solliciter de manière trop importante le revêtement de l'ouvrage. Ainsi, les bouchons autoportants ou les dalles de surface s'appuient sur le cuvelage et lui transmettent tout ou partie de leur poids. Si, en plus de son poids, la dalle est soumise à des efforts extérieurs conséquents (passage d'engins lourds, appel d'air résultant d'un débouillage des remblais), d'importantes contraintes se développent au niveau du revêtement. Si l'interface revêtement/massif est insuffisante pour transmettre correctement les efforts au massif cohérent, le cuvelage encaisse la totalité de la surcharge et risque de se rompre s'il n'est pas constitué de matériaux suffisamment résistants.

La rupture du revêtement de puits peut conduire à des effondrements conséquents d'extension pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres dans des conditions géologiques très particulières (sables bouillants par exemple). Le diamètre de l'effondrement dépend du volume au sein du puits pouvant accepter le matériau éboulé, d'une part, et de l'épaisseur des terrains meubles ou altérés dans la zone de rupture, d'autre part. C'est l'évènement redouté le plus préoccupant dans certaines configurations où les puits sont profonds, fortement connectés aux travaux miniers, et foncés dans des terrains mobilisables.

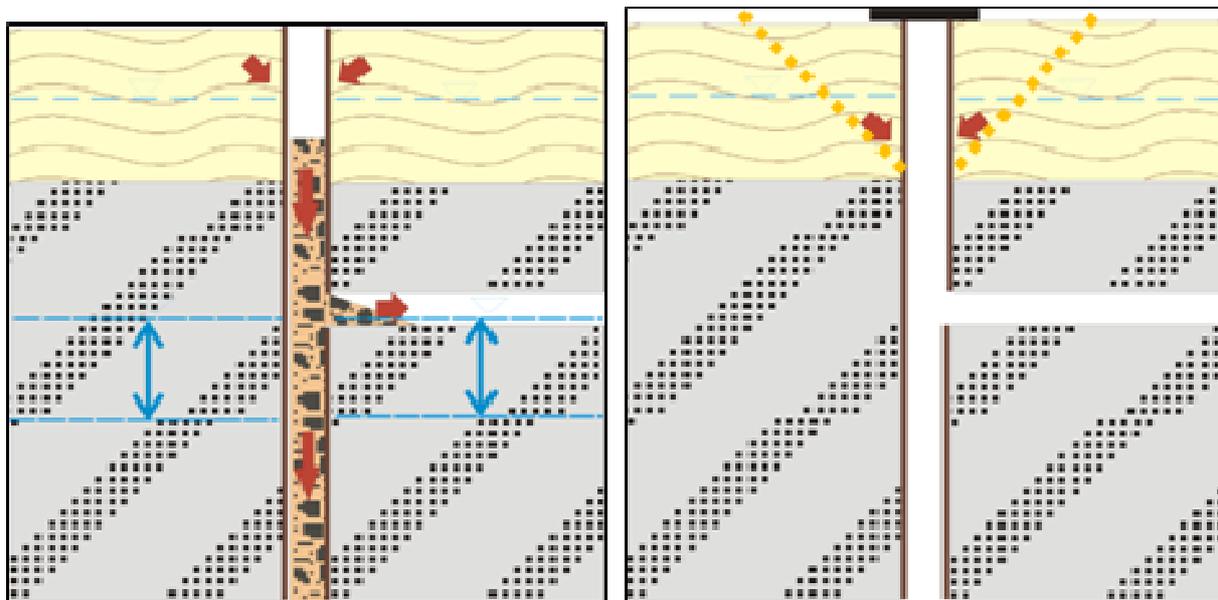


Figure 2 : schémas illustrant le déboufrage de remblai (à gauche) et la rupture du revêtement en tête (à droite) d'un puits

La rupture de la fermeture d'un ouvrage

Beaucoup de puits et de galeries ont été obturés à l'aide de techniques artisanales ne présentant aucune garantie de pérennité. Outre la pose de planchers en bois en surface (platelages), on s'est parfois contenté de construire une plate-forme (en bois) quelques mètres sous la surface et de remblayer le vide jusqu'à l'orifice.

La rupture de ce type de structures par vieillissement ou par pourrissement ou encore du fait de l'application d'une surcharge, entraîne l'effondrement de la tête du puits.

Certaines fermetures de surface, plus récentes, comme les dalles de béton peuvent se briser lorsqu'elles sont soumises à des surcharges trop importantes, ou que les terrains de surface sur lesquels elles reposent, viennent à se rompre et à se déverser dans l'orifice.

3.2.1.2 Tassements

On regroupe sous ce terme de tassement, des abaissements de la surface, de faible amplitude (centimétrique à décimétrique), liés à la remobilisation ou la consolidation de matériaux de type sols ou remblais.

Dans le cadre des orifices miniers, ces mouvements sont fréquemment constatés sur les remblais qui ont été anciennement mis en place dans les colonnes de **puits** et qui se compactent.

De nombreux puits ont ainsi été intégralement remblayés sans que la tête n'ait été bloquée par un bouchon ou une dalle. Un tassement différé de la colonne de remblais conduit alors à une remobilisation lente et progressive des terrains de surface. Cette dernière peut, si elle atteint des proportions suffisantes, endommager certaines des structures présentes dans la zone d'influence.

De tels désordres sont également observés dans le contexte de **galeries** dans des zones de fontis pour lesquelles le processus d'autocomblement (voir Figure 1) est presque abouti et où il ne réside que peu de vides.

Différentes causes sont capables de générer des tassements :

- une surcharge de la surface à l'aplomb ou aux environs de la tête de l'ouvrage minier pouvant résulter du passage d'un engin lourd ou de la construction de structures dont les fondations prendraient appui dans la zone d'influence de la colonne de remblais ;
- une remobilisation des terrains encaissants résultant d'une reprise d'affaissement affectant les anciens travaux miniers environnants ;
- certaines vibrations engendrées par des explosions ou tirs de mines proches de l'orifice ou par une circulation routière trop intense ;
- une perte de stabilité due à l'influence de l'eau. Ce dernier facteur est important pour les puits : les variations du niveau de l'eau dans le remblai engendrent ainsi des changements d'équilibre dans le matériau. Le processus est généralement graduel et peut entraîner un affaissement lent et progressif de la surface résultant du tassement de la colonne de matériaux meubles. Les remblais qui subissent une perte de leurs propriétés mécaniques peuvent par ailleurs s'épandre progressivement dans les recettes non bouchées, ce qui entraîne un affaissement du sommet de la colonne.

L'effondrement de certains ouvrages peut aussi générer des abaissements de la surface dans une zone d'influence située autour de l'effondrement lui-même. La paroi de rupture, quasi verticale aux abords de l'orifice, évolue lentement vers la pente naturelle dans la zone environnant l'effondrement. Au-delà du cratère d'effondrement lui-même, les terrains de surface sont essentiellement affectés par des tassements différentiels à l'intérieur d'un cône d'influence dont le rayon dépend du type d'effondrement et de la nature du massif affecté.

Les conséquences les plus dommageables sont de dégrader les bâtiments et infrastructures de surface. Les valeurs de tassement différentiel pouvant être atteintes ont une incidence directe sur le niveau de dégradation.

3.2.2 Risques liés à la présence de gaz

La présence de gaz nocifs ou explosibles (monoxyde et dioxyde de carbone, méthane, hydrogène sulfuré, radon, ...) dans des anciens travaux miniers peut être le fait :

- d'une concentration en gaz dans les formations encaissantes qui se libère dans les cavités générées par l'exploitation minière ;
- de la décomposition ou de l'altération de matériels ou produits qui sont restés au sein de ces travaux.

Ce gaz peut migrer vers la surface par l'intermédiaire des terrains de recouvrement ou par les conduits préférentiels que sont les ouvrages débouchant en surface.

L'émanation à la surface peut se produire durant l'exploitation, mais également durant la phase d'ennoyage des vides après la fin des travaux, les gaz migrant vers la surface par effet piston.

Après stabilisation hydrique, le risque d'émanation de gaz, pour peu que sa concentration dans les anciens travaux soit importante, résulte essentiellement :

- du transport de gaz dissous dans les eaux profondes au contact des anciens travaux, qui peut être relargué en surface par la colonne de puits ou la galerie ;
- de la mise en communication des vieux travaux avec l'atmosphère extérieure (débouillage de puits, réalisation d'ouvrages atteignant ces travaux) ;
- de la décomposition ou de l'altération d'ouvrages, matériels ou produits qui sont restés ou ont été mis dans la galerie ou le puits.

Ces gaz peuvent migrer vers la surface selon différents phénomènes :

- le tirage naturel thermique, lié à la différence de température des gaz mais également à la différence d'altitude d'orifices mineurs reliés ;
- les variations de la pression atmosphérique externe : selon la loi de Mariotte, les gaz se dilatent en période de baisse de la pression barométrique extérieure. A l'inverse, en cas de hausse de la pression externe, l'air s'engouffre dans les vieux travaux ;
- la remontée des eaux : sous son effet, les gaz sont pistonnés vers le haut au travers des orifices d'accès. Le niveau de l'aquifère souterrain peut varier suivant les saisons ou les précipitations (battement de nappe) et provoquer des remontées lentes ou brutales de gaz.

Quatre principaux types de risques sont identifiés :

- le risque d'inflammation, le gaz de mine pouvant contenir du méthane qui constitue selon certaines proportions un mélange inflammable/explosif avec l'air ;
- le risque d'asphyxie, le gaz de mine étant parfois appauvri en oxygène, l'accumulation dans les endroits non ou mal ventilés peut générer des risques ;
- le risque d'intoxication, du fait de la présence de gaz toxiques (CO₂, CO, H₂S, composés stockés ou déversés, etc.) ;
- le risque d'inhalation d'éléments radioactifs (radon).

3.2.3 Risques liés à la présence d'eau

On regroupe et rappelle très succinctement ici les risques de pollution et d'inondation liés à ces ouvrages.

L'abandon des exploitations souterraines engendre certains problèmes en termes de gestion et qualité des eaux. Celles-ci peuvent en effet être altérées au contact de matières polluantes ou de minéraux (sulfures, oxydes, sulfates, ...). Les eaux ainsi chargées en éléments agressifs ou toxiques peuvent sortir par les ouvrages débouchant au jour (fréquemment certaines galeries qui servent d'émergence du réservoir minier après l'arrêt des travaux d'exploitation, plus rarement certains puits) et constituer une source de pollution des sols et eaux environnants. Les eaux peuvent devenir acides et agressives, dégradant alors les structures en bois, pierre, acier ou béton des puits et galeries.

Un autre risque à considérer dans certains cas de figure particuliers est l'inondation ou la mise en pression d'ouvrage de fermeture. Une galerie servant d'émergence peut s'obstruer naturellement ou par l'entremise d'une structure de fermeture mal entretenue ou mal dimensionnée. La pression hydrostatique sur cette structure ou sur le matériau d'obstruction peut conduire à leur rupture brutale et l'inondation de l'environnement de la galerie où peuvent être présents des enjeux. Cela peut également entraîner des sorties d'eau non prévues et non contrôlables, en localisation, débit ou qualité, et la déstabilisation des terrains encaissants.

4. PREREQUIS NECESSAIRES AU TRAITEMENT ADAPTE DES OUVRAGES MINIERS DEBOUCHANT EN SURFACE

4.1 Rappel des objectifs des traitements

L'objectif principal des travaux de mise en sécurité des anciens orifices miniers est de préserver les intérêts généraux et fondamentaux tels qu'ils sont définis dans l'article L161-1 du Code Minier. Ils doivent aussi permettre une valorisation future des terrains de surface. Ainsi, ils doivent proposer des solutions satisfaisantes vis-à-vis des dangers suivants :

- prévenir toute chute à l'intérieur des anciens puits ou descenderies ;
- interdire toute tentative d'intrusion forcée ou non dans les vieux travaux ;
- prévenir tout risque lié à des affaissements pouvant entraîner des dégâts sur les structures existantes présentes dans la zone d'influence ;
- prévenir tout risque d'effondrement de la surface entourant l'orifice ou situé aux abords de celui-ci ;
- assurer le contrôle des dégagements gazeux dans l'atmosphère ;
- éviter la pollution des aquifères souterrains, en particulier ceux exploités pour les besoins en eau potable ;
- ne pas générer de risques de résurgences d'eau non contrôlées, en particulier en site sensible ;
- présenter des garanties de pérennité et de stabilité à long terme ;
- préserver la faune et notamment les espèces protégées.

Chaque ouverture présentant des caractéristiques spécifiques et se trouvant dans un environnement particulier, les objectifs du traitement différeront d'un ouvrage à l'autre. Pour identifier les différents risques et déterminer les différents objectifs de mise en sécurité, il est indispensable de réaliser une étude détaillée pour chaque cas.

Cette étude s'appuiera sur l'analyse précise et complète de l'ouvrage à traiter et de son environnement direct. Pour faciliter la collecte des paramètres indispensables aux choix techniques de traitement le plus adapté, un recensement des principaux critères est donné ci-après.

4.2 Les paramètres à collecter

Les procédures de mise en sécurité des anciens ouvrages de surface se décomposent en sept phases qui sont parfois amenées à se chevaucher :

- inspection du site et recherche avec analyse documentaire (recherche de plans, coupes, cartes, écrits aux archives des services de l'Etat en charge des mines, du BRGM-DPSM, départementales, municipales, privées ou nationales) ;
- inventaire et identification des différents risques ;
- détermination d'un ordre de priorité pour traiter les dangers encourus ;
- investigations techniques permettant de collecter toutes les informations disponibles sur le site et susceptibles d'aider au choix d'une ou de plusieurs techniques de traitement ;
- réalisation des plans de fermeture par le maître d'œuvre de l'exploitant ou par l'Etat avec l'appui de GEODERIS ;
- réalisation, après approbation du dimensionnement du projet, du traitement le plus approprié retenu ;
- surveillance et maintenance des structures de mise en sécurité dans des cas bien particuliers (événements pour le gaz, exhaures particulières nécessitant des pompes).

La phase la plus délicate consiste à exploiter les paramètres collectés afin de déterminer la technique la mieux adaptée au site. Elle nécessite de traiter l'intégralité des risques encourus tout en générant des coûts de revient acceptables. L'ensemble des paramètres à collecter est présenté ci-après.

4.2.1 Précision de la position de l'ouvrage

Ce paramètre très important est l'un des premiers à acquérir. L'ouvrage peut être parfaitement visible sur le terrain et identifiable sans ambiguïté. Il peut également être supposé par des indices de terrain plus ou moins précis, qui doivent engendrer la détermination d'une **incertitude de positionnement**, souvent métrique à plurimétrique. Si l'ouvrage a été identifié sur plan minier mais n'est ni observé ni supposé sur le terrain, l'incertitude de positionnement est corrélée à celle du plan et du calage de celui-ci sur la carte du secteur. Cette incertitude est fréquemment décimétrique à pluridécimétrique ; un traitement ne peut dans ce cas être envisagé sans des actions permettant de préciser la position du puits (compulsion de documents, enquête auprès des personnes locales, techniques géophysiques, de décapage, de sondage, ...).

4.2.2 Facilité d'accès au site

La première visite d'inspection permet de déterminer/confirmer la position des orifices à traiter et la facilité d'accès au site.

Lorsque l'accès direct à l'ouvrage est possible par les infrastructures existantes ou par la construction d'une piste à faible coût, toutes les méthodes de traitement peuvent être envisagées.

A l'inverse, lorsque l'orifice se situe en secteur totalement isolé, très difficile d'accès et dépourvu de toute voirie proche adaptée à la circulation d'engins lourds (zone montagneuse), l'éventail des méthodes pour traiter cet ouvrage peut être considérablement réduit.

Ceci est le cas également lorsque l'ouvrage se situe sous des infrastructures ou bâtiments, ou lorsque la surface est encombrée, limitant le passage d'engins et le stockage de matériaux.

4.2.3 Nature et densité des enjeux en surface, utilisation future des terrains

L'évaluation des enjeux est une donnée fondamentale pour identifier les risques. Il convient de savoir si les orifices se situent au droit ou à proximité d'une zone urbanisée, d'un bâtiment, d'une route dont il convient d'apprécier le trafic, d'une infrastructure, d'un chemin fréquemment emprunté, etc. Il est très important également d'apprécier pour les ouvrages potentiellement dangereux leur accessibilité, leur réputation locale, minéralogique ou spéléologique, leur intérêt faunistique, leur attractivité visuelle, leur implantation dans une parcelle d'élevage impliquant un danger pour les animaux.

4.2.4 Caractéristiques géométriques des ouvertures à traiter

Le type et les dimensions de l'ouverture à traiter fournissent des indications importantes quant au choix de la méthode de mise en sécurité. Il faut relever la taille et la forme des ouvertures, la profondeur des puits et la longueur ainsi que l'inclinaison des galeries. La taille des ouvrages permet de déterminer la quantité de matériau nécessaire au remblayage et le dimensionnement des autres techniques de mise en sécurité.

Lorsque les anciens orifices ne sont pas visibles, ces données peuvent être tirées des archives relatives à l'ancienne exploitation.

4.2.5 Etat des ouvrages

Sous réserve que toutes les conditions de sécurité soient respectées, il convient également d'apprécier l'état de l'orifice de l'ouvrage, **notamment et de prime abord s'il est ouvert et potentiellement dangereux**. Si cela est possible, la nature, l'épaisseur et l'état du revêtement et du contact de celui-ci avec le massif doivent être relevés. La présence de zones effondrées, remblayées ou bouchées à l'aide de barrages doit être également mise en évidence.

L'examen de l'ouvrage permet de connaître les conditions de sécurité et d'avoir un avis sur le bien fondé de techniques de traitement.

Dans le cas d'un puits, si l'accès à l'ouvrage n'est pas possible, on peut avoir recours à l'utilisation de caméras vidéo et de techniques laser ou sonar qui permettent d'ausculter les parois.

4.2.6 Connexions à d'autres ouvrages, présence de vides ou d'infrastructures

La technique du remblayage intégral rend indispensable la connaissance sur le nombre, la taille et l'étendue des connexions avec d'autres orifices (puits, galeries)

ou les recettes du fond. Il est avantageux de connaître celles qui sont déjà totalement remblayées ou effondrées de celles qui sont isolées de l'ouvrage lui-même par la présence de barrages déjà érigés, ou de celles qui sont encore ouvertes.

La connaissance de vides situés à faible profondeur et très proches de l'ouvrage (ancienne infrastructure ou galerie, ancien chantier souterrain) est importante quelle que soit la méthode de traitement retenue.

L'acquisition de connaissances sur la présence et la nature d'anciennes infrastructures et canalisations à proximité de l'ouvrage est importante dans le cas de techniques de traitement visant à agir sur le pourtour de l'orifice. La présence de cavités ou conduits est à apprécier impérativement lorsque le risque d'émanation de gaz de mine pouvant migrer dans ces vides est établi.

4.2.7 Géologie

Le choix de la méthode de mise en sécurité dépend en grande partie de la géologie des terrains encaissants. L'étude de la nature, de l'état et des caractéristiques mécaniques des sols et des roches situés dans la zone d'influence de l'orifice permet d'identifier les différents problèmes de stabilité de l'ouvrage et connaître les conditions d'ancrage de certaines techniques.

Il convient de consulter l'ensemble des coupes/profils géologiques des terrains traversés par les ouvrages ainsi que l'ensemble des études faisant état de leurs propriétés géomécaniques. Si ces données ne sont pas disponibles on peut avoir recours à l'étude d'éventuels affleurements voisins et, si nécessaire, à des sondages.

Un point important pour de très nombreuses techniques est de déterminer la nature et l'épaisseur des terrains de surface mobilisables (sols, remblais) en cas d'effondrement pour évaluer les conditions de stabilité et de pérennité du traitement envisagé et d'apprécier les dimensions des travaux.

Lorsqu'un puits a été abandonné et remblayé et que des tassements au droit de la colonne ont été observés, un forage au travers des remblais peut dans certaines situations de risque se révéler utile pour juger de la compaction et de la stabilité de ces derniers. Il convient toutefois de s'assurer que la sécurité des engins de foration soit garantie, en particulier vis-à-vis du risque de débouillage du remblai.

4.2.8 Hydrogéologie

La présence d'eau dans les terrains entraîne des complications d'ordre technique : affaiblissement des propriétés mécaniques des terrains, mise en communication de différents aquifères, pollution des eaux, possibilités d'inondation,...

Il convient donc de relever ou apprécier la cote et l'épaisseur des nappes et niveaux d'eau à proximité de l'ouvrage à traiter pour savoir s'il peut y avoir une incidence sur la technique ou le type de matériau à employer.

Il est avantageux de pouvoir évaluer l'existence possible de vecteurs de pollution dans les orifices (déchets, eaux minières acides) pour évaluer l'agressivité des eaux au regard des structures de fermeture qui peuvent être mises en place.

Le choix de la méthode de traitement dépend des conclusions de la situation hydrogéologique de l'ouvrage. Si les nappes risquent de remonter ou d'avoir

d'importants battements saisonniers susceptibles d'envoyer les structures de mise en sécurité projetées, il sera alors nécessaire d'utiliser un matériau constitutif adapté à la chimie des eaux. La nécessité de rendre un débouché totalement imperméable à l'eau est envisageable dans certains cas de figure, orientant et limitant de ce fait les techniques de mise en sécurité (bouchon, serrement, mur étanche, ...). Dans le cas contraire où l'on souhaite favoriser ou maintenir l'émergence du réservoir minier, l'orifice peut faire l'objet d'un traitement particulier pour pérenniser sa fonction d'exutoire.

4.2.9 Présence potentielle de gaz de mine

La présence potentielle de gaz de mine dans les travaux et ouvrages miniers influence le choix du type de traitement et justifie parfois la mise en place d'ouvrages connexes visant à maîtriser le gaz. Le débit maximal et la composition de celui-ci se doivent d'être appréciés, ou évalués, permettant d'orienter la technique de fermeture ou la définition d'un périmètre de sécurité, d'apprécier la nécessité de mise en place d'un ouvrage spécifique (évent, système de ventilation, ...), voire d'envisager un système de surveillance.

4.2.10 Nécessité ou volonté de préservation de l'accès aux ouvrages souterrains

Avant d'envisager des dispositions de mise en sécurité, il faut déterminer s'il est nécessaire où s'il existe localement des vellétés de préserver un accès aux anciens travaux en raison :

- de la nécessité d'accéder à l'ouvrage pour y réaliser des travaux de confortement ou de surveillance, ou pour ménager des interventions ;
- de l'intérêt présenté par les vides miniers pour la faune protégée ;

Compte tenu des surcoûts engendrés, des problèmes de maintenance et de sécurité, les méthodes de mise en sécurité doivent s'orienter préférentiellement vers une condamnation définitive des orifices. Lorsque l'une des nécessités citées ci-dessus s'impose, on veillera à proposer des techniques limitant et rendant acceptable le risque. Il conviendra également que les responsabilités entre le propriétaire, l'utilisateur de l'ouvrage, le maire et l'Etat soient parfaitement identifiées et concrétisées au préalable.

4.2.11 Préservation de la faune, de la flore et de l'environnement

Lorsque les ouvrages servent d'habitat permanent ou temporaire à des espèces protégées, le type de fermeture retenu doit permettre la poursuite des allées et venues de la faune par la préservation des accès et le maintien des conditions naturelles (température et ventilation) existantes avant la fermeture.

Les conditions d'accès sont définies dans la lettre circulaire DIE 200 modifiée le 14 octobre 2009 et jointe en annexe.

Il existe différents modèles de grilles ou de murs en béton avec lucarnes permettant le passage des animaux tout en interdisant l'entrée des personnes. Ce type de traitement entraîne une augmentation des coûts et une maintenance régulière des structures.

Dans ce cas de figure également les responsabilités de chacune des parties doivent être très précisément établies.

4.2.12 Coûts

Les coûts doivent inclure non seulement les travaux de mise en sécurité mais également l'entretien et la maintenance des ouvrages.

Les coûts de traitement peuvent varier de façon importante d'un site à un autre en fonction de la localisation, de la quantité de matériel, de matériaux à mettre en œuvre et des diverses complications engendrées, notamment la nécessité de maintenir un accès possible ou de préserver l'environnement.

5. BONNES PRATIQUES DE MISE EN SECURITE DES OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

5.1 Principe de lecture des fiches

Les fiches présentées au chapitre 6 ont été établies dans l'esprit que les techniques évoquées peuvent être employées dans le cadre de situations ou de domaines de risque corporel ou « mouvements de terrain », avec des niveaux d'adéquation différents, en sensibilisant sur les risques résiduels après traitement.

Elles présentent brièvement le contexte et les situations de risque favorables à l'emploi de la technique et proposent les critères de dimensionnement les plus importants, les conditions de site requises, les pré-requis nécessaires ainsi que les critères de complexité pouvant faire varier sensiblement le coût des travaux.

Ces fiches ont donc pour vocation à fournir une meilleure compréhension de l'utilisation des techniques, et une aide au choix de celle(s) qui semble la (les) mieux adaptée(s). Le pouvoir de décision revient au Maître d'Ouvrage qui considère d'autres critères que ceux purement techniques évoqués ici.

Ci après sont expliqués les différents items des fiches.

Type d'ouvrage : indique le type d'ouvrage où cette technique peut être employée.

Technique de traitement : nom générique d'une méthode ou technique pouvant regrouper plusieurs variantes.

Tableau d'adéquation : en partie supérieure de la fiche, un tableau permet de visualiser rapidement l'adéquation de la technique avec le ou les situations de risque rencontrées, la facilité/simplicité de mise en œuvre et le coût. Ces notations supposent que le traitement ait été opéré selon les règles de l'art et les principes de la fiche. Les notations sont les suivantes :

★★★	Technique très adaptée vis-à-vis du critère
★★	Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées, ou encore nécessite des modifications/adaptations
★	Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier
∅	Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère
↘	Technique à proscrire pour cette situation de risque

Tableau 2 : Notation des critères dans le tableau d'adéquation

Ainsi, pour exemple, une mention ★★★ pour le critère économique signifie que la technique est avantageuse économiquement.

Situation de risque : tableau permettant de visualiser rapidement l'adéquation de la technique avec la ou les situations de risque rencontrées, en se focalisant sur les risques corporels et ceux liés à des mouvements de terrain (terme employé risque « mouvements de terrain » par commodité). Cette partie présente les types d'enjeux présents à proximité de l'ouvrage et la situation/le niveau de risque en conséquence justifiant ou favorisant l'emploi de la technique.

Conditions de site requises : présente les principales conditions in situ, notamment l'accès à la zone de l'ouvrage, permettant l'emploi de la technique.

Principe du traitement : présente brièvement le principe de la technique. Les critères de dimensionnement sont détaillés au verso de la fiche.

Maintenance / surveillance : présente brièvement les actions d'entretien, de surveillance, de réfection, ..., nécessaires à la pérennité de l'ouvrage de mise en sécurité après sa réalisation.

Risques résiduels après traitement : indique les risques qui subsistent ou peuvent subsister après le traitement, où qui ne sont pas traités par cette technique. Dans cette rubrique est fréquemment évoqué le risque d'émanation de gaz de mine pour lequel certaines techniques sont inopérantes, ou d'autres nécessitent des adaptations, ouvrages ou travaux supplémentaires.

Espèces protégées : indique si la technique est adaptée à la présence et la préservation d'espèces protégées, notamment les chiroptères et la faune rampante.

Pré-requis : indique les principaux pré-requis nécessaires au choix et au dimensionnement de la technique, ces aspects ayant été détaillés au chapitre 4.

Dimensionnement : rubrique qui aborde les points importants et critères relatifs au choix d'une technique précise, du matériau constitutif, du dimensionnement de l'ouvrage. Les principaux ouvrages de référence sont cités en bibliographie du rapport.

Critères de complexité les plus fréquents : sont présentés ici les principales contraintes qui peuvent nécessiter des travaux préalables ou supplémentaires, engendrant ainsi une modification du coût global de la technique.

5.2 Récapitulatif des techniques de traitement des ouvrages

Le Tableau 3 synthétise les fiches de présentation des techniques (chapitre 6). Il caractérise chacune des techniques vis-à-vis des critères suivants :

- adéquation à la protection des espèces et la nature des enjeux présents ;
- pertinence et efficacité du traitement vis-à-vis des risques corporel, de mouvement de terrain et d'émission de gaz de mine ;
- facilité/simplicité de mise en œuvre et coût.

Fiche	Technique	Ouvrage minier	Espèces protégées	Enjeux	Risque corporel	Risque "mouvement de terrain"	Risque "émission de gaz"	Economique	Facilité / simplicité
6.1	Dispositif de clôture	Tout ouvrage			★★	★ / ★★★	⊖ / ★★★	★★★	★★★
6.2	Remblayage	Puits			★★★	★★	★	★ / ★★★	★★
6.3	Recharge en remblai	Puits			★★	★	★	★★★	★★★
6.4	Dalle	Puits			★★★	★★	★	★★	★★
6.5	Bouchon autoportant	Puits			★★★	★★★	★★	★	★★
6.6	Bouchon ancré	Puits			★★★	★★★	★★	★	★
6.7	Bouchon de surface	Puits			★★★	★★★	★	★★	★★
6.8	Techniques d'injection / inclusion	Puits			★★★	★★★	★★	★	★ / ★★★
6.9	Mur	Galerie			★★★	⊖	★	★★★	★★★
6.10	Grille	Galerie			★	⊖	⚡	★★★	★★★
6.11	Foudroyage	Galerie			★★★	★★	★	★★	★★
6.12	Remblayage ou comblement	Galerie			★★★	★★ / ★★★	★ / ★★★	★★	★★
6.13	Event	Tout ouvrage			⊖	⊖	★★★	★★	★★
6.14	Géosynthétiques	Puits, Passage de galerie			★★	★★	⊖	★★	★★

★★★	Technique très adaptée vis-à-vis du critère
★★	Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées, ou encore nécessite des modifications/adaptations
★	Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier
⊖	Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère
⚡	Technique à proscrire pour cette situation de risque
	Technique adaptée à la préservation des espèces
	Enjeux humains : risque corporel
	Activité agricole
	Infrastructures de transport
	Habitat isolé
	Habitat regroupé. Etablissements / activités sensibles

Tableau 3 : principales techniques de traitement des puits et galeries

6. FICHES DE BONNES PRATIQUES DE MISE EN SECURITE DES OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE

Type d'ouvrage :

Puits, galerie

Fiche 6.1

Technique de
traitement

Dispositif de clôture

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★ ¹	⊖ /★★	⊖/★★	★★★	★★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)

Risque corporel :

L'ouvrage est visible et présente un risque corporel établi ou latent (traitement non pérenne). Son accès est difficile (éloigné des chemins et voies de communication). Il peut être connu localement

Risque « mouvements de terrain »

L'ouvrage présente un risque « mouvement de terrain ». Les enjeux sont l'activité agricole (culture, élevage) ou forestière

Tout risque : **ouvrage provisoire de sûreté dans l'attente d'un traitement plus adapté**



Source : DREAL

Conditions de site requises :

L'ouvrage est accessible à un engin de type agricole/forestier permettant l'amenée du matériel

Principe du traitement :

Ensemble des dispositions, mises en place très fréquemment à titre provisoire, permettant de cerner l'ouvrage et d'en empêcher l'accès à ses abords.
De nombreux types de dispositifs existent en fonction de la durée de fonctionnement et du niveau d'entretien que l'on souhaite conférer à la technique. Le périmètre doit tenir compte du risque corporel mais également de la possibilité que des effondrements (ou des émissions de gaz) se produisent et puissent engendrer des accidents ou une détérioration trop fréquente du dispositif

Maintenance / Surveillance :

Entretien à prévoir, en fonction de la qualité du dispositif (ordre de grandeur annuel ou pluriannuel)

Risques résiduels après traitement :

Risque « mouvements de terrain » et « émission de gaz de mine » (si périmètre mal dimensionné)

Espèces protégées :

Technique adaptée à la préservation de certaines espèces protégées si ouvrage non fermé

Pré-requis

- Accessibilité du site. Inspection visuelle préliminaire, mesures de gaz
- Etude visant à définir le périmètre selon les critères de dangerosité et d'aléa (mouvements de terrain, gaz)

¹ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

⊘ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement

Périmètre de sécurité

Cette technique est fréquemment employée lorsqu'un accident ou un évènement se produit, nécessitant la mise en place rapide de mesures de mise en sécurité provisoires. Le périmètre est dans ce cas appréhendé très rapidement dans l'attente d'autres techniques de mise en sécurité.

Il ne doit pas en être de même si l'on souhaite conférer au dispositif de clôture une certaine durée de fonctionnement, dans certains cas où les risques sont limités. Il convient alors d'apprécier le périmètre de sécurité en considérant :

- la zone autour de l'ouvrage qui peut être la source de dangers corporels (anciennes infrastructures, galeries, canalisations, autres vides, ...);
- le périmètre qui peut être soumis à un aléa de mouvement de terrain (rupture de tête de puits, débouillage de remblai, rupture du toit d'une entrée de galerie). Ce périmètre tient compte de la marge d'influence liée au phénomène mais aussi de la marge d'incertitude sur la position réelle de l'ouvrage (souvent à quelques mètres près selon les indices de terrain);
- le périmètre qui peut être soumis à un aléa d'émission de gaz de mine, pour les sites miniers concernés, en considérant également les deux marges évoquées ci-avant et, en sus, la présence ou non de vides ou conduits de sub-surface pouvant canaliser le gaz.

Aussi cette technique est peu adaptée lorsqu'un ouvrage n'a pas été matérialisé sur le terrain et que l'incertitude de son emplacement est de plusieurs dizaines de mètres. Elle redevient plus adaptée lorsque de nombreux ouvrages ont été identifiés sur quelques dizaines de mètres sans que l'on sache exactement où ils se trouvent : un périmètre global peut alors être ceint en proposant des restrictions sur l'usage du sol.

Nature du dispositif de clôture : il serait vain d'énumérer ici les dispositifs possibles. Les objectifs à atteindre sont d'éviter l'intrusion des personnes, limiter l'intrusion d'animaux, et éviter le vandalisme.

Un traitement pérenne associé à un entretien limité nécessite l'emploi de grillages solides, de hauteur minimale 2 m, non souples (types « mailles soudées » ou « rigides »), traités contre la corrosion. Les poteaux doivent être solides (type acier traité, béton), ancrés dans le sol (par exemple 50 cm), disposés tous les 3 m maximum, et confortés de jambes de force pour les angles. Il est recommandé pour éviter l'affouillement par les animaux d'apposer le grillage dans la terre à la même profondeur que les poteaux.

L'utilisation de la parcelle où des relevés ultérieurs sur l'ouvrage peuvent nécessiter la mise en place d'un portail. Ces ouvrages peuvent constituer des points de faiblesse, aussi il est recommandé que les gonds et l'huissierie soient les plus robustes et dissuasifs possibles.

Quelle que soit la technique employée, ce dispositif de clôture n'empêchera pas l'intrusion de personnes déterminées à accéder à l'espace ceint. Aussi il est recommandé d'apposer au grillage des panneaux d'avertissement sur les risques encourus. Ces panneaux devront être mis en place et rendus solidaires du grillage/des poteaux sur chacun des côtés de la zone ceinte.

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Démolition d'éventuelles superstructures empêchant la mise en place de la structure de clôture
- Terrain très accidenté ou de fort relief
- Végétation nécessitant un important travail de débroussaillage
- Plusieurs ouvrages nécessitant la clôture d'un grand périmètre
- Présence de sols rocheux rendant difficile l'implantation de piquets/poteaux

Type d'ouvrage :

Puits

Fiche 6.2

Technique de
traitement

Remblayage

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ²	★★	★	★/★★	★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	
Risque corporel :	
Le puits présente un risque corporel établi et le risque de chute doit être supprimé	
Risque « mouvements de terrain » :	
1/Absence d'enjeux à proximité 2/Enjeux réduits à proximité (chemin peu emprunté, activité agricole contrainte par la présence de l'ouvrage)	Source : CdF

Conditions de site requises :	Puits vide, accessible ou peu éloigné de voies praticables, abords aménageables, disponibilité en matériau de remblayage
--------------------------------------	--

Principe du traitement :	Le remblayage permet de conforter l'intégralité du revêtement du puits en l'aidant à encaisser les efforts horizontaux exercés par les terrains environnants. Il permet d'obturer la tête du puits et, s'il est convenablement réalisé, réduire sensiblement le risque d'effondrement
---------------------------------	---

Maintenance / Surveillance	Suivi du niveau des remblais à prévoir pendant quelques années, ou durant la période d'envoyage
-----------------------------------	---

Risques résiduels après traitement :	Risque « mouvements de terrain » : tassements Risque « émission de gaz de mine »
---	---

Espèces protégées :	Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées nichant en puits (certains chiroptères)
----------------------------	---

Pré-requis	
<ul style="list-style-type: none"> • Inspection visuelle préliminaire • Historique du remblayage/ des désordres de l'ouvrage (si puits anciennement remblayé) • Connexion en souterrain de l'ouvrage, appréciation de l'émission potentielle de gaz • Mesures de gaz, mesures piézométriques 	

² ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

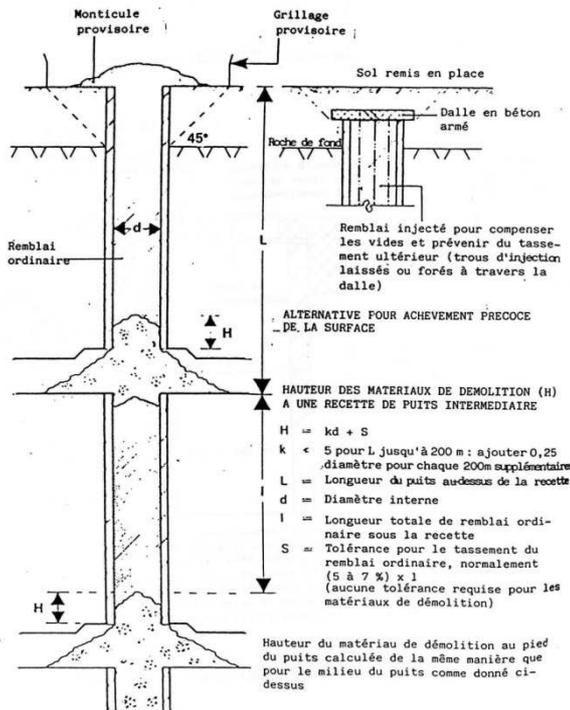
★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement



Principe du remblayage contrôlé d'un puits de mine (d'après le National Coal Board, 1982).

Un remblayage **contrôlé** de la colonne est recommandé.

Matériaux à privilégier :

- tout-venants grossiers (sols granulaires, roches, briques, blocs de béton, débris de démolition ou de carrière), pour remblayer la base des puits importants (par exemple profondeur supérieure à 50 m) ou les recettes de ces ouvrages. Ils permettent de créer des barrières au niveau des galeries ouvertes ;
- matériau à granulométrie étalée, fraction < 2 mm très faible (pour éviter la migration des fines), pour le reste de la colonne de ces puits importants, ou pour les petits puits.

Ces matériaux doivent être parfaitement inertes et ne présenter que de très faibles teneurs en éléments oxydables susceptibles d'engendrer une acidification des eaux qui peuvent être mises à leur contact. Ils doivent être ininflammables

Techniques et contrôles

Les matériaux sont déversés dans l'ouverture à l'aide d'engins de chantier ou de camions, ou par l'intermédiaire de conduites flexibles pour les ouvrages profonds.

Il est indispensable de remblayer les premiers mètres de la base du puits par des éléments grossiers afin d'assurer une base stable à la colonne de remblais surincombante et éviter que les matériaux fins ne s'écoulent dans les anciens travaux. Il est conseillé de remblayer tous les niveaux du puits présentant des connexions à l'aide de matériaux grossiers (par exemple 300-600 mm). Ces intervalles doivent commencer avant la base de la recette, couvrir toute l'ouverture de celle-ci et continuer sur une hauteur suffisante au-dessus de la couronne de la recette. Ce même matériau est adapté au remblayage des puits ennoyés. L'emploi de béton peut être approprié dans certains cas (diminution des vides, résistance accrue, mise en place au sommet pour éviter tout tassement en surface).

Pendant les opérations de comblement, l'adéquation entre l'état de comblement, les quantités de matériaux déversés et les quantités prédéfinies doit être régulièrement vérifiée par des mesures de la hauteur du remblayage.

Dans le cas de puits ennoyés, l'eau chassée par le remblai est susceptible de remonter au jour et il est nécessaire de prendre des dispositions spéciales pour son évacuation (pompage) au fur et à mesure de la remontée des remblais dans le puits.

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Stabilité de la tête de puits en présence d'engins lourds : distance de sécurité, systèmes de report de charges
- Démantèlement des équipements encombrant le puits (éviter des vides résiduels dans l'ouvrage)
- Utilisation de systèmes anti-déflagrants si gaz
- Incidence de la chute des matériaux déversés si présence d'eau ;
- Adaptation des matériaux si puits profond et nombreuses recettes (voir ci-dessus)

Type d'ouvrage : Puits

Fiche 6.3

Technique de traitement

Recharge en remblai

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ³	★	★	★★★	★★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	
Risque corporel :	
L'ouvrage est visible et présente un risque corporel établi ou latent (traitement non pérenne). Son accès est difficile (éloigné des chemins et voies de communication). Il peut être connu localement	
Risque « mouvements de terrain »	
L'ouvrage présente un risque « mouvements de terrain ». Les enjeux sont l'activité agricole (culture, élevage) ou forestière	
Tout risque : recharge provisoire de sûreté dans l'attente d'un traitement plus adapté	Source : INERIS

Conditions de site requises :	L'ouvrage est accessible à un engin de type agricole/forestier permettant l'amenée du remblai
--------------------------------------	---

Principe du traitement :	Dépôt de remblai complémentaire au droit d'un puits anciennement remblayé, faisant fonction de réserve de matériau en cas de tassement, coulissage ou débouillage du puits
---------------------------------	--

Maintenance / Surveillance	Entretien à prévoir, en fonction de la reprise de mouvements de terrain (ordre de grandeur pluriannuel)
-----------------------------------	---

Risques résiduels après traitement :	Risque « mouvements de terrain » et « émission de gaz de mine » Risque corporel si présence probable d'anciennes infrastructures du puits dans son périmètre
---	---

Espèces protégées :	Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées
----------------------------	---

Pré-requis
<ul style="list-style-type: none"> • Accessibilité du site. • Inspection visuelle préliminaire, mesures de gaz

³ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement

Cette technique est parfois employée lorsqu'un accident ou un évènement se produit, nécessitant la mise en place rapide de mesures de mise en sécurité provisoires. Cette technique permet également de réduire le risque corporel des puits éloignés des voies de communications et chemins mais qui peuvent être dangereux pour l'activité agricole.

Il s'agit de mettre en place un monticule de remblais au droit d'un puits de petit volume (par exemple diamètre n'excédant pas 3 m, profondeur inférieure à 100 m, nombre de recettes limité) anciennement comblé, afin qu'en cas de mouvement de terrain, une partie des remblais servent à combler le vide formé.

Les matériaux à privilégier sont des tout-venants à granulométrie étalée avec une certaine proportion de matériau fin pouvant migrer en cas de mouvement dans le puits. Les matériaux doivent être inertes et ininflammables.

Le volume du cône de remblais doit être adapté à celui du puits ; les pentes du monticule doivent être redressées et son diamètre doit être supérieur à celui du puits. On peut prendre par exemple une valeur minimale de 3 fois le diamètre de l'ouvrage.

Cette technique n'est pas adaptée lorsque l'ouvrage n'a pas été matérialisé avec certitude sur le terrain.

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Démolition d'éventuelles superstructures empêchant la mise en place du monticule
- Végétation nécessitant un important travail de débroussaillage
- Plusieurs ouvrages nécessitant la clôture d'un grand périmètre

Type d'ouvrage : Puits

Fiche 6.4

Technique de traitement

Dalle

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★ ★ ★ ⁴	★ ★	★	★ ★	★ ★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	
Risque corporel :	
Le puits présente un risque corporel établi et le risque de chute doit être supprimé	
Risque « mouvements de terrain » :	
Un risque « mouvements de terrain » est établi et présence d'enjeux importants à proximité du périmètre d'instabilité attendu du puits (ex : habitation, bâtiment occupé)	

Source : DREAL

Conditions de site requises :	Puits accessible à des engins de chantier Terrains résistants ou structures d'appui situés à très faible profondeur (ex : inférieure à 5 m)
--------------------------------------	---

Principe du traitement :	Mise en place de béton armé après décaissement de la partie sommitale et du pourtour de la colonne de puits. La stabilité de la dalle est assurée par l'appui sur les terrains /anciennes infrastructures qui la maintiennent par réaction, et la résistance à la flexion/traction des armatures
---------------------------------	--

Maintenance / Surveillance	Réfection possible si la dalle est mal dimensionnée et affectée par des mouvements de terrain. Entretien éventuel d'événements de gaz
-----------------------------------	---

Risques résiduels après traitement :	Risque « émission de gaz de mine ». Risque « mouvements de terrain » (fontis si vide résiduel sous la dalle)
---	--

Espèces protégées :	Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées
Pré-requis	
Inspection visuelle préliminaire. Etat du remblayage de l'ouvrage. Mesures de gaz, mesures piézométriques Profil géologique et géotechnique aux abords du puits (études déjà réalisées ou reconnaissance spécifique (sondages pressiométriques) afin d'établir la profondeur des terrains résistants. Recherches documentaires : coupe ou plan de la tête du puits, infrastructures proches, galeries techniques ou peu profondes, appréciation de l'émission potentielle de gaz	

⁴ ★ ★ ★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★ ★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

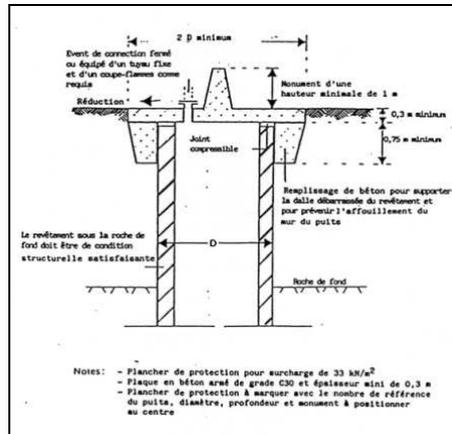
⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement

La dalle est dimensionnée de sorte que son propre poids, celui des surcharges de surface et les éventuels effets d'un débouffrage lorsque le puits est remblayé soient repris par les appuis sur le pourtour et la résistance à la flexion/traction du béton constitutif.



Exemple de schéma de principe d'une dalle de surface de type léger ou lourd et des dalles enterrées mise en place au sommet d'un massif rocheux (d'après le National Coal Board)

Il existe dans le dimensionnement un ratio à considérer entre l'épaisseur du béton et la plus grande dimension (longueur) de la dalle. L'épaisseur doit tenir compte de l'inclusion des armatures (fréquemment du treillis soudé) permettant à la dalle de résister à la flexion/traction. L'enrobage et le diamètre de l'armature doivent être conformes aux règles de calcul relatives au béton armé (anciennes règles BAEL, Eurocode 2). La résistance à la compression du béton n'est pas une valeur fondamentale : toutefois on privilégiera pour sa tenue dans le temps des classes supérieures ou égales à C25/30 (norme NF-EN 206-1). Il est également vivement conseillé de tenir compte de l'agressivité du milieu (notamment lorsque le niveau d'eau est proche de la dalle) dans le dosage en ciment (Norme NF EN P18-201, CCTG fascicule 65, norme P18-011).

Les largeurs et longueurs de dalle doivent tenir compte des mouvements de terrain qui peuvent se produire ultérieurement : rupture du revêtement, débouffrage du remblai pour un puits anciennement remblayé. Il est conseillé si l'on veut conférer une certaine pérennité à l'ouvrage de tenir compte de la marge d'influence liée à un fontis, selon le mécanisme d'instabilité attendu. Sauf si un remblai a été mis en place dans les règles de l'art dans la colonne de puits (voir fiche correspondante), il est donc recommandé que la dalle déborde largement à l'extrados du puits en fonction de cette marge d'influence. Un soin tout particulier est à accorder aux appuis extérieurs de la dalle pour éviter la désolidarisation de celle-ci. Si ces critères de qualité ne sont pas suivis, il est probable que des travaux de réfection, voire de reprise complète, ultérieurs soient nécessaires du fait de mouvements de terrain dans ou autour de la colonne du puits.

Le calcul des contraintes doit tenir compte des actions en surface, permanentes (notamment l'effet de succion dans le cas de débouffrage du remblai du puits) et variables (notamment les charges de roulement si des passages de véhicules/engins sont prévus).

Il est parfois requis de mettre en place un regard pour contrôler le niveau du remblai (puits anciennement remblayé) ou faire des mesures de gaz (contextes d'émission potentielle vers la surface). Un événement peut s'avérer nécessaire pour les ouvrages où l'émission de gaz est probable.

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Remblayage contrôlé si le puits est vide
- Obturation des canalisations conduites afférant au puits (émission potentielle de gaz)
- Massifs d'appui sur le pourtour de la dalle (terrains de mauvaise qualité)
- Mise en place d'un événement de décompression s'il y a un risque résiduel d'émission de gaz de mine

Type d'ouvrage : Puits

Fiche 6.5

Technique de traitement

Bouchon autoportant

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ⁵	★★★	★★	★	★★

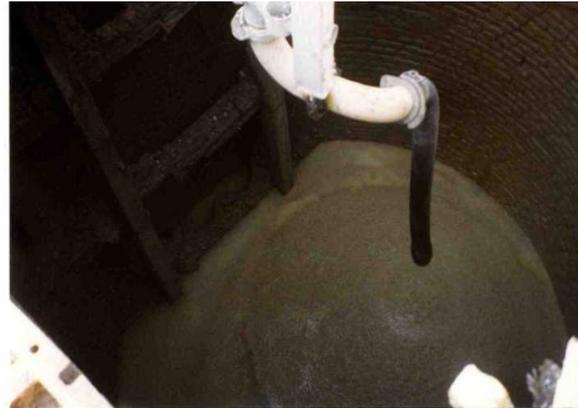
Situation de Risque (Diagnostic de risque)

Risque « mouvements de terrain » :

Un risque « mouvements de terrain » est établi et présence d'enjeux importants au droit ou à proximité immédiate du puits (ex : habitation, bâtiment occupé, voirie à trafic)

Risque corporel :

Le puits présente un risque corporel établi et le risque de chute doit être supprimé



Source : CdF

Conditions de site requises :

Puits accessible à des engins de chantier
Terrains résistants situés à faible profondeur (ex : inférieure à 20 m)

Principe du traitement :

Mise en place de béton sur une hauteur déterminée de la colonne de puits. Les irrégularités géométriques du revêtement du puits permettent de garantir la stabilité du bouchon par résistance au cisaillement

Maintenance / Surveillance

Pas d'entretien à prévoir (sauf événements gaz le cas échéant)

Risques résiduels après traitement :

Risque « émission de gaz de mine »

Espèces protégées :

Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées

Pré-requis

Inspection visuelle préliminaire. Etat du remblayage de l'ouvrage. Mesures de gaz, mesures piézométriques

Profil géologique et géotechnique aux abords du puits (études déjà réalisées ou reconnaissance spécifique (sondages pressiométriques) afin d'établir la **profondeur des terrains résistants**

Recherches documentaires : coupe ou plan de la tête du puits, galeries peu profondes, appréciation de l'émission potentielle de gaz

⁵ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

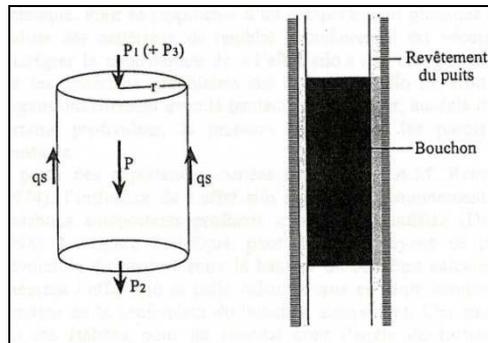
★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement



Principe de l'autoportance d'un bouchon par frottement (résistance au cisaillement) sur le revêtement d'un puits

L'autoportance est assurée par résistance au cisaillement du béton sur le revêtement du puits qui présente généralement de nombreuses irrégularités. Le bon fonctionnement et la pérennité du bouchon sont assurés si sa structure s'appuie sur toute la périphérie intérieure du revêtement de l'ouvrage afin de répartir au mieux les contraintes induites à l'intrados par son poids. La qualité du revêtement, de son interface avec le terrain, et la qualité mécanique de ce dernier sont également des éléments primordiaux pour la tenue dans le temps du bouchon.

Le bouchon est dimensionné de sorte que la résistance au cisaillement au contact bouchon/puits soit supérieure au poids du bouchon, au poids des éventuels remblais au-dessus du bouchon, à une éventuelle succion en cas de débouillage du remblai et aux surcharges de surface. Un facteur de sécurité de 3 doit être pris entre les forces résistantes et motrices. La hauteur du bouchon ne peut être inférieure à deux fois le diamètre du puits.

On privilégiera une réalisation du bouchon en béton en deux phases :

- Mise en place d'un pré-bouchon dimensionné pour pouvoir supporter la coulée du reste de la colonne de béton ;
- une fois que le pré-bouchon a atteint une résistance suffisante (20 MPa à la compression), une seconde coulée est réalisée comme les définissent les principes et hypothèses de calculs qui ont permis de dimensionner le bouchon.

Le choix du matériau utilisé pour constituer le bouchon influe sur son dimensionnement par l'intermédiaire de la résistance au cisaillement de l'interface bouchon-revêtement (dépendant de la nature du liant et de l'état du revêtement). La résistance à la compression du béton n'est pas une valeur fondamentale : toutefois on privilégiera des classes supérieures ou égales à C25/30 (norme ENV 206). Il est également vivement conseillé de tenir compte de l'agressivité du milieu dans le dosage en ciment (DTU 21, CCTG fascicule 65, norme P18-011). La mise en place par tube plongeur est à privilégier sur les bouchons les plus profonds pour éviter la ségrégation.

Le choix du matériau de remblaiement mis en place au-dessus du bouchon a également une influence importante sur le dimensionnement de celui-ci. On pourra mettre en place du tout venant à granulométrie étalée (voir fiche « remblayage ») ou du béton maigre.

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Décaissement des remblais si le puits est remblayé. Remblayage contrôlé, mise en place d'un packer ou d'un plancher/coffrage aérien si le puits est vide
- Obturation des canalisations conduites afférant au puits (émission potentielle de gaz)
- Emploi de bétons spéciaux ou pompage si le puits est ennoyé
- Aménagements particuliers (tuyaux d'exhaure) si la présence d'eau le nécessite (émergence minière dans le cas d'un puits situé dans un point bas topographique)
- Mise en place d'une colonne d'accès fermée en tête pour suivre niveau de remblai, d'eau, ou mesurer du gaz si besoin
- Mise en place d'un évent de décompression s'il y a un risque résiduel d'émission de gaz de mine

Type d'ouvrage : Puits

Fiche 6.6

Technique de traitement

Bouchon ancré / serrement

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ⁶	★★★	★★	★	★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	
Risque corporel :	Pas d'illustration
Le puits présente un risque corporel établi et le risque de chute doit être supprimé	
Risque « mouvements de terrain » : Un risque « mouvements de terrain » est établi et présence d'enjeux importants au droit ou à proximité immédiate du puits (ex : habitation, bâtiment occupé, voirie à trafic)	
Conditions de site requises :	Puits accessible à des engins de chantier Présence de galeries ou surlargeurs à faible profondeur au sein de la colonne de puits, permettant un ancrage Terrains compétents à la profondeur d'ancrage
Principe du traitement :	La stabilité du serrement est assurée grâce à ses ancrages (appuis dans des galeries ou recettes). Le serrement est dimensionné de sorte à supporter le poids du remblayage susjacent
Maintenance / Surveillance	Pas d'entretien à prévoir
Risques résiduels après traitement :	Risque « émission de gaz de mine »
Espèces protégées :	Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées
Pré-requis	
<ul style="list-style-type: none"> • Inspection visuelle préliminaire. Etat du remblayage de l'ouvrage. Mesures de gaz, mesures piézométriques • Profil géologique et géotechnique aux abords du puits (études déjà réalisées ou reconnaissance spécifique (sondages pressiométriques) afin d'établir la profondeur des terrains résistants • Recherches documentaires : coupe ou plan de la tête du puits, galeries peu profondes, appréciation de l'émission potentielle de gaz 	

⁶ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

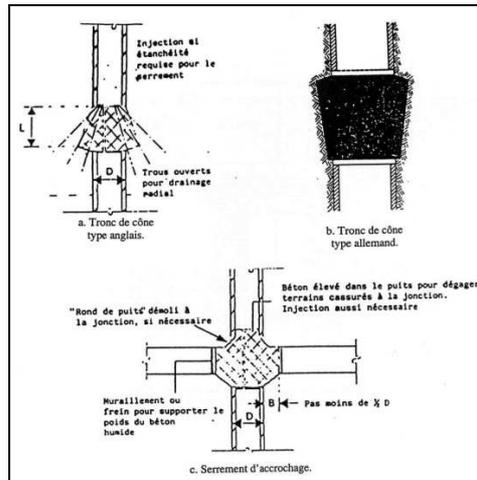
★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement



Différents types de serrements

La tenue du bouchon, du remblai sus-jacent, des surcharges de surface et d'un éventuel effet de débouffrage est assurée par l'appui de cette structure ancrée par appui/réaction dans les galeries, conduites ou recettes, ou en profitant ou réalisant des surlargeurs au parement.

Le serrement peut être réalisé selon deux principes :

- Ancrage aux recettes : constitution de barrages afin de limiter l'écoulement du béton jusqu'à la longueur prédéfinie ;
- Ancrage au parement du puits : cette technique nécessite de procéder à une extraction du revêtement du puits au niveau désiré, une consolidation temporaire (injections de béton, grillage, boulons) au niveau du revêtement annulaire situé au dessus de l'emplacement du futur bouchon ancré. Cette dernière opération permet d'assurer un soutènement du revêtement dont la base doit être excavée. On procède au creusement de la roche encaissante pour recevoir le bouchon ancré.

La résistance à la compression du béton n'est pas une valeur fondamentale : toutefois on privilégiera des classes supérieures ou égales à C25/30 (norme ENV 206). Il est également vivement conseillé de tenir compte de l'agressivité du milieu dans le dosage en ciment (DTU 21, CCTG fascicule 65, norme P18-011).

Le choix du matériau de remblaiement mis en place au-dessus du bouchon a également une influence importante sur le dimensionnement de celui-ci. On pourra mettre en place du tout venant à granulométrie étalée (voir fiche « remblayage ») ou du béton maigre

Critères de complexité

- Décaissement des remblais si le puits est remblayé. Remblayage contrôlé, mise en place d'un packer ou d'un plancher/coffrage aérien si le puits est vide. Obturation /coffrage des galeries, conduites ou recettes afférant au puits
- Bétons spéciaux ou pompage si le puits est ennoyé
- Travail dans la colonne du puits : complexité/contraintes de sécurité augmentent de manière drastique avec la profondeur.
- Aménagements particuliers (tuyaux d'exhaure) si la présence d'eau le nécessite (émergence minière dans le cas d'un puits situé dans un point bas topographique)
- Si présence de gaz dans la colonne pendant les travaux, il est nécessaire d'utiliser des engins de chantiers munis de systèmes anti-déflagrants, ainsi que du matériel de détection pour le personnel
- Mise en place d'un évent de décompression s'il y a un risque résiduel d'émission de gaz de mine

Type d'ouvrage : Puits

Fiche 6.7

Technique de traitement

Bouchon de surface

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ⁷	★★★	★	★★	★★

<p>Situation de Risque (Diagnostic de risque)</p> <p>Risque « mouvements de terrain » :</p> <p>Un risque « mouvements de terrain » est établi et présence d'enjeux importants au droit ou à proximité immédiate du puits (ex : habitation, bâtiment occupé, voirie à trafic)</p> <p>Risque corporel :</p> <p>Le puits présente un risque corporel établi et le risque de chute doit être supprimé</p>	<p>Source National Coal Board, 1982</p>
--	---

Conditions de site requises :	Puits accessible à des engins de chantier Terrains résistants situés à très faible profondeur (ex : inférieure à 5 m)
--------------------------------------	--

Principe du traitement :	Mise en place de béton après décaissement de la partie sommitale de la colonne de puits. La stabilité du bouchon est assurée par l'appui sur les terrains qui maintiennent la structure par réaction. Il interdit la chute accidentelle et prévient tout risque de « mouvements de terrain » s'il est correctement dimensionné
---------------------------------	--

Maintenance / Surveillance	Pas d'entretien à prévoir (sauf événements gaz le cas échéant)
-----------------------------------	--

Risques résiduels après traitement :	Risque « émission de gaz de mine »
---	------------------------------------

Espèces protégées :	Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées (chiroptères)
----------------------------	---

Pré-requis

<ul style="list-style-type: none"> Inspection visuelle préliminaire. Etat du remblayage de l'ouvrage. Mesures de gaz, mesures piézométriques Profil géologique et géotechnique aux abords du puits (études déjà réalisées ou reconnaissance spécifique (sondages pressiométriques) afin d'établir la profondeur des terrains résistants Recherches documentaires : nature des terrains porteurs, coupe ou plan de la tête du puits, galeries techniques ou peu profondes, appréciation de l'émission potentielle de gaz
--

⁷ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Éléments techniques

Dimensionnement

Le bouchon de surface, nommé fréquemment « bouchon de champagne » est dimensionné de sorte que ses appuis sur le massif sain permettent de reprendre son propre poids, celui des surcharges de surface et les éventuels effets d'un débourrage lorsque le puits est remblayé.

Ces appuis doivent être dimensionnés en prenant en compte les capacités de réaction du massif d'appui. En particulier, il convient de concevoir une surface d'appui suffisamment large pour éviter les phénomènes de concentration de contrainte (ou de « coin ») susceptibles d'engendrer la rupture du massif d'appui.

La mise en place d'un bouchon de surface nécessite donc le décaissement des terrains en tête de puits jusqu'à la profondeur du massif sain et sur un diamètre suffisant.

Il peut exister des variantes à ce type de structure, notamment lorsque les infrastructures autour de la tête de puits sont bétonnées et offrent des garanties de résistance. Cette notion de répartition de l'appui sur l'ensemble du massif résistant, naturel (roche) ou artificiel, en évitant la concentration des contraintes, doit être le principe de base du dimensionnement.

La résistance à la compression du béton n'est pas une valeur fondamentale : toutefois on privilégiera des classes supérieures ou égales à C25/30 (norme ENV 206). Il est également vivement conseillé de tenir compte de l'agressivité du milieu dans le dosage en ciment (DTU 21, CCTG fascicule 65, norme P18-011).

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Décaissement des remblais si le puits est remblayé. Remblayage contrôlé, mise en place d'un packer ou d'un plancher/coffrage aérien si le puits est vide
- Obturation des canalisations conduites afférant au puits (émission potentielle de gaz)
- Pompage si le puits est ennoyé
- Aménagements particuliers (tuyaux d'exhaure) si la présence d'eau le nécessite (émergence minière dans le cas d'un puits situé dans un point bas topographique)
- Si présence de gaz dans la colonne pendant les travaux, il est nécessaire d'utiliser des engins de chantiers munis de systèmes anti-déflagrants
- Mise en place d'un évent de décompression s'il y a un risque résiduel d'émission de gaz de mine

Type d'ouvrage : Puits

Fiche 6.8

Technique de traitement

Techniques d'injection/inclusion

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ⁸	★★★	★ à ★★★	★	★/★★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)

Risque « mouvements de terrain » :

Un risque « mouvements de terrain » est établi et présence d'enjeux importants au droit ou à proximité immédiate du puits (ex : habitation, collectif, bâtiment occupé, voirie à trafic)

Risque corporel :

Le puits présente un risque corporel établi et le risque de chute doit être supprimé.

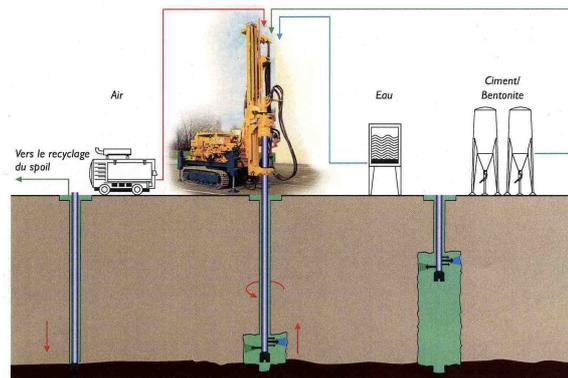


Schéma du procédé de jet grouting (site internet keller)

Conditions de site requises :	Puits accessible à des engins de chantier Espace disponible autour de l'ouvrage pour le matériau et les engins
Principe du traitement :	Injection de coulis, béton, mortier, etc., selon divers procédés, permettant de renforcer le remblai de la colonne du puits ou/et les terrains environnant celle-ci...
Maintenance / Surveillance	Pas d'entretien à prévoir (sauf événements gaz le cas échéant)
Risques résiduels après traitement :	Risque « émission de gaz de mine »
Espèces protégées :	Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées nichant en puits (certains chiroptères)

Pré-requis

- Inspection visuelle des abords et évaluation de l'encombrement autour du puits. Etat du remblayage de l'ouvrage. Mesures de gaz, mesures piézométriques
- Profil géologique et géotechnique aux abords du puits (études déjà réalisées ou reconnaissance spécifique (sondages pressiométriques) afin d'établir la profondeur des terrains résistants. Nature des remblais de la colonne de puits en cas de traitement dans celle-ci.
- Recherches documentaires : nature du remblai, coupe ou plan de la tête du puits, galeries peu profondes, infrastructures proches, appréciation de l'émission potentielle de gaz

⁸ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Éléments techniques

Dimensionnement

Cette fiche regroupe les dispositions techniques nécessitant la réalisation de forages et visant à inclure dans le terrain ou mélanger au terrain des matériaux plus résistants dans le but de le renforcer (le rendre cohérent et résistant). Le terrain s'entend ici comme pouvant être le remblai dans la colonne de puits, ou les remblais et sols autour de celle-ci.

Ces techniques sont généralement proposées pour les cas de figure suivants :

- lorsque la roche résistante est à une profondeur trop importante pour que les solutions classiques de « bouchon » venant s'ancrer dans ces terrains solides soient techniquement ou économiquement viables. On crée alors par renforcement/amélioration un terrain résistant autour de la colonne de puits limitant ou empêchant l'extension d'un effondrement de la tête de l'ouvrage. On peut également consolider le remblai de la colonne pour créer un bouchon équivalent ;
- lorsque le puits n'est pas accessible car situé sous des bâtiments ou autres superstructures, empêchant également la réalisation d'un bouchon classique. On crée alors par des forages inclinés un massif consolidé dans la colonne de puits, en veillant à ce qu'il s'inscrive dans un massif résistant à l'extrados de l'ouvrage.

Il existe de nombreuses méthodes d'injection, de nombreuses compositions de matériau possibles, avec des pressions de mise en œuvre variables selon que l'on souhaite inclure du matériau dans les terrains ou le substituer à ceux-ci. Les principales techniques actuelles sont l'**injection solide** (de coulis, de mortier) qui vise à densifier un terrain en place à différentes profondeurs, les **colonnes ballastées** qui incorporent à des terrains limono-argileux du matériau granulaire pouvant être lié par un coulis ou un ciment, le **jet-grouting** qui substitue à très haute pression (20 à 40 MPa) le terrain en place par du coulis. Les entreprises de renforcement de sol ont souvent créé leurs propres procédés qui s'approchent peu ou prou de ces techniques. Il est également possible de mettre en place des **inclusions rigides** (de type tirants) pour ancrer un bouchon injecté dans la roche à l'extrados de la colonne d'un puits.

Traitement autour de la colonne de puits

Les points importants concernant le choix de la technique sont la profondeur des terrains à traiter, le périmètre autour de la colonne du puits à traiter (en fonction de la marge d'influence évaluée de l'aléa lié au phénomène de rupture de tête de puits), et la granulométrie des terrains (répartition graviers, sables, limons, argiles). Ce dernier paramètre impose en effet l'orientation de la technique, la densité de points d'injection, la pression à mettre en œuvre. Au delà d'une profondeur de roche saine de 30 m, la garantie d'efficacité de cette technique est difficile à démontrer.

Traitement dans la colonne de puits

Il s'agit dans ce cas de créer une structure au sein de la colonne qui puisse résister au débouillage du remblai, soit par frottement (même principe que le bouchon autoportant) soit par ancrage et résistance au cisaillement dans les terrains à l'extrados du revêtement du puits. Les points importants concernant le choix de la technique sont la profondeur de la colonne de puits à traiter, la granulométrie du remblai présent dans le puits, la nature du revêtement (si on souhaite le percer et mettre en place des tirants), l'inclinaison maximale des sondages du fait de l'encombrement en surface.

L'emploi de ces techniques parfois complexes voire innovantes nécessite la réalisation d'études de projet détaillées.

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Remblayage contrôlé, mise en place d'un packer ou d'un plancher/coffrage aérien si le puits est vide
- Encombrement et présence d'infrastructures/bâtiments sur et autour de la colonne du puits
- Obturation des canalisations conduites afférant au puits (émission potentielle de gaz)
- Emploi de bétons spéciaux si le puits où les terrains environnants sont ennoyés
- Mise en place d'un évent de décompression s'il y a un risque résiduel d'émission de gaz de mine

Type d'ouvrage : Galerie

Fiche 6.9

Technique de traitement

Mur

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ⁹	⊖	★	★★★	★★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	
<p>Risque corporel :</p> <p>La galerie présente un risque corporel établi et sa pénétration doit être interdite. Technique pouvant être adaptée à la préservation des espèces protégées, sans nécessité d'entrée/sortie de personnes</p>	 <p>Source DREAL</p>
<p>Risque « mouvements de terrain » :</p> <p>Absence de risque car absence d'enjeux au droit de la galerie</p>	

Conditions de site requises :	La galerie est ouverte et accessible
Principe du traitement :	L'obturation de la galerie par un mur permet la fermeture de l'ouvrage et rend son accès impossible. De nombreuses techniques existent : elles doivent toutes être suffisamment dissuasives à l'effraction. Elles peuvent être adaptées à l'entrée / sortie d'espèces protégées (murs avec ouvertures aménagées)
Maintenance / Surveillance	Peu d'entretien, dépendant de la technique. Fréquence de remplacement en fonction de la dégradation et de la qualité du béton et des ancrages aux parois (ordre de grandeur 30 à plus de 50ans)
Risques résiduels après traitement :	Mouvements de terrain : inchangé par rapport à la situation initiale. Emission de gaz de mine si ouverture dans le mur ou autres événements à proximité. Cette méthode est à proscrire lorsque ce risque est jugé important par les experts. La présence de chiroptères imposant la mise en place d'ouvertures est toutefois très fréquemment associée à l'absence d'air vicié
Espèces protégées :	Technique pouvant être adaptée à la préservation des espèces protégées (ouvertures aménagées pour chiroptères, buses en pied de mur pour rampants)

Pré-requis

- Accessibilité du site (au moins chemin ou zone dégagée pour pouvoir amener le matériel)
- Expertise faunistique sur la présence, le type, les exigences des espèces protégées
- Inspection visuelle préliminaire et avis sur l'état géomécanique et la tenue de la tête et des parois de la galerie pour apprécier les conditions d'ancrage du mur
- Utilisation possible (ou non) de matériaux sur place
- Mesures de gaz

⁹ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

⚡ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

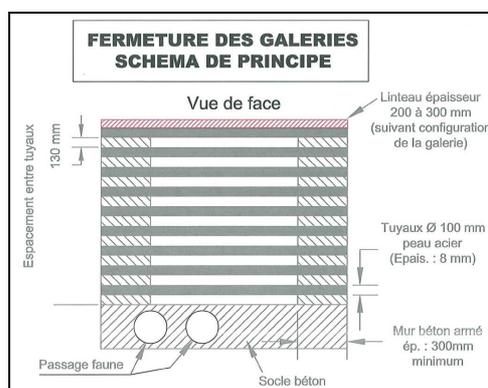
Dimensionnement

Cette technique relativement simple de mise en œuvre a pour objectif d'interdire l'accès humain aux anciennes galeries. Elle comporte de nombreuses variantes, qui peuvent être classées selon le matériau constitutif :

- **murs en béton** : cette technique est à privilégier si les conditions d'accès ne sont pas trop défavorables, ou en optimisant le traitement de plusieurs ouvrages. Le mur doit avoir une épaisseur minimale de 1 m, et être parfaitement ancré dans la sole de la galerie pour éviter les affouillements. Les murs en béton ne nécessitent pas de performances mécaniques exceptionnelles. Les ciments constitutifs et granulats courants conviennent, sauf environnement agressif particulier ou contact durable avec l'eau ;
- **murs de roches et de mortier** : dans certains cas où les murs en béton sont très difficiles à réaliser en raison des conditions d'accès, les roches trouvées sur site peuvent être utilisées et liées pour former un mur. L'épaisseur requise doit être proportionnelle à la taille de l'ouverture (avec toutefois une épaisseur minimale requise, par exemple 1 m). La roche doit être résistante, non altérée ni altérable, non gélive : on évitera donc des calcaires tendres, des schistes ou des grès trop pulvérulents. Le liant ou le mortier doit être particulièrement soigné à proximité des parois (ou éventuellement liaisonné) et dans les interstices pouvant permettre l'intrusion. Le mortier de scellement doit être résistant et conforme à la norme EN 13139 ;

Quelle que soit la technique employée, le liaisonnement à la paroi et l'ancrage à la sole de la galerie constituent les points de faiblesse et de détérioration de l'ouvrage en cas de vandalisme mais également de pénétration par un animal. Pour la deuxième technique, de trop importants interstices entre les blocs favorisent également l'intrusion de la faune. Les entreprises devront donc détailler les techniques employées pour ces points sensibles.

Des ouvertures aménagées pour la faune volante ou rampante sont possibles, et font l'objet de dispositions et recommandations spécifiques selon la ou les espèces présentes. Par exemple, en cas de présence dans la mine de chiroptères, un ou plusieurs orifices rectangulaires de 0,5 m par 0,15 m sont disposés en partie haute de la fermeture en béton. Il convient par ailleurs d'empêcher un enfant de pouvoir entrer dans la galerie (ouverture maximale de 0,13 m). Autre technique possible, la mise en place de barreaux, constitué de tubes de 100 mm de diamètre remplis de béton et solidement ancrés dans les parements, avec un tube coulissant et un cadenas.



Les travaux devront s'appuyer sur les DTU et les normes de référence (voir bibliographie).

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Amenée par hélicoptère dans les sites inaccessibles
- Mettre en place des dispositions particulières si la galerie est une émergence des eaux de mine (évaluer le débit et la charge pour dimensionner correctement, éviter la pénétration intempestive de personnes)
- Ouvertures pour chiroptères
- Ouvertures pour évacuation des eaux ou passage d'espèces rampantes à la base
- Renforcement des parois de la galerie au niveau de l'ancrage du mur, ou forages de scellement, si la roche est trop altérée ou fracturée
- Présence de chiroptères pouvant nécessiter l'adaptation de la période de travaux

Type d'ouvrage : Galerie

Fiche 6.10

Technique de traitement

Grille

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★ ¹⁰	⊖	↗	★★★	★★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	
Risque corporel :	Pas d'illustration
La galerie présente un risque corporel établi. De plus, certaines situations très spécifiques (surveillance, entretien, préservation des espèces) nécessitent l'entrée et la sortie de personnes.	
Risque « mouvements de terrain » : Absence de risque car absence d'enjeux au droit de la galerie.	
Conditions de site requises :	La galerie est ouverte et accessible
Principe du traitement :	Système de fermeture qui peut être employé dans certains cas très spécifiques où la pénétration humaine dans la galerie est absolument nécessaire. Pour les autres cas il est considéré que cette technique est à proscrire car non pérenne et permettant l'intrusion. De nombreux modèles existent en fonction de l'usage humain et de la faune protégée identifiée. NB : cette fiche n'intègre pas le traitement de l'intérieur de la galerie en cas d'entrée de personnel
Maintenance / Surveillance	Peu d'entretien. Fréquence de remplacement en fonction de l'usage (ordre de grandeur 10 ans)
Risques résiduels après traitement :	Mouvements de terrain : inchangé par rapport à la situation initiale. Emission de gaz de mine : cette méthode est à proscrire lorsque ce risque est jugé important par les experts. La présence de chiroptères imposant l'emploi de cette technique est toutefois très fréquemment associée à l'absence d'air vicié.
Espèces protégées :	Technique adaptée à la préservation des espèces protégées (notamment les chiroptères)
Pré-requis	
<ul style="list-style-type: none"> • Accessibilité du site (au moins chemin ou zone dégagée pour pouvoir amener le matériel) • Expertise faunistique sur la présence, le type, les exigences des espèces protégées • Analyse de la nécessité (ou non) d'entrer dans la galerie • Inspection visuelle préliminaire et avis sur l'état géomécanique et la tenue de la tête (fréquence des passages) et des parois (ancrage de la grille) de la galerie • Mesures de gaz 	

¹⁰ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

↗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement

Quelle que soit la solution adoptée, les critères incontournables devant être respectés sont les suivants :

- le matériau constitutif doit être suffisamment résistant en cas de tentative de vandalisme par des personnes. Ainsi on privilégiera les matériaux de type béton, acier, fer (traité à l'anti-corrosion), autre métal, ou à la limite bois traité résistant (ou bois creux rempli de béton) si on veut considérer une intégration paysagère ;
- il convient d'empêcher un enfant de pouvoir entrer dans la galerie. Ainsi les barreaux doivent posséder un espacement maximal de 0,13 m ;
- les gonds et la fermeture constituent fréquemment les points de faiblesse de l'ouvrage en cas de vandalisme. Il est ainsi recommandé de mettre en place au minimum trois gonds du côté interne de l'ouvrage souterrain. Il est également recommandé que le système de fermeture soit également robuste et à caractère dissuasif, par exemple composé d'un "écrou antivol", enchâssé à l'intérieur d'un boîtier à clé soudé à la porte ;
- si l'on veut conférer un caractère de durabilité à la grille, il est recommandé de mettre en place des matériaux résistant à la corrosion.

Dans ces cas très spécifiques où les naturalistes souhaitent pénétrer dans la galerie pour étudier certaines espèces de chiroptères, les principes suivants sont à respecter :

- fermeture de la galerie à la limite de la zone sûre ;
- expertise technique de sécurité ;
- fermeture de la galerie d'entrée ;
- mise en place d'une convention valant clause de transfert de la responsabilité du propriétaire et de l'Etat vers une personne morale (naturalistes).

Critères de complexité les plus fréquents (hors accessibilité à l'ouvrage)

- Mettre en place des dispositions particulières si la galerie est une émergence des eaux de mine (évaluer le débit et la charge pour dimensionner correctement, éviter la pénétration intempestive de personnes)
- Renforcement des parois de la galerie au niveau de l'ancrage de la grille, ou forages de scellement, si la roche est trop altérée ou fracturée
- Présence de chiroptères pouvant nécessiter l'adaptation de la période de travaux
- Fermeture de la galerie en limite de zone sûre

Type d'ouvrage : Galerie

Fiche 6.11

Technique de traitement

Foudroyage

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ¹¹	★★	★	★★★	★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	 <p style="text-align: center;"><i>Source GEODERIS</i></p>
Risque corporel :	
La galerie présente un risque corporel établi et sa pénétration doit être interdite.	
Risque « mouvements de terrain » :	
Si la galerie peut présenter un aléa « mouvements de terrain », la présence d'enjeux au droit de celle-ci limite l'utilisation de cette technique (notamment l'usage des explosifs)	
Conditions de site requises :	Selon les techniques employées, la galerie doit être accessible aux engins de terrassement (foudroyage mécanique), ou peut être inaccessible (foudroyage à l'explosif). Pour ce dernier cas les contraintes sont liées à la détention/le transport des explosifs, et à la proximité d'enjeux (vibrations)
Principe du traitement :	Le foudroyage de la galerie consiste à provoquer l'effondrement de l'ouvrage, soit mécaniquement (pelle mécanique...) soit à l'aide d'explosifs. L'entrée devient ainsi infranchissable et les vides comblés par le matériau éboulé
Maintenance / Surveillance	Pas d'entretien à prévoir.
Risques résiduels après traitement :	Risque « mouvements de terrain » : tassements Risque « émission de gaz de mine »
Espèces protégées :	A employer pour les galeries sans espèces protégées (« Mines sans faune » art 3.2.1 de la circulaire du 14/10/2009)
Pré-requis	
<ul style="list-style-type: none"> • Recensement des enjeux sensibles à proximité (emploi d'explosifs) • Géologie et état géomécanique de la tête de la galerie (difficulté au terrassement) • Stabilité de la pente au-dessus de la galerie • Etat de remblayage/d'encombrement de l'ouvrage pour un foudroyage à l'explosif afin de positionner les forages • Mesures de gaz 	

¹¹ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement

Le foudroyage est une méthode de mise en sécurité peu coûteuse et qui, lorsqu'elle est bien mise en œuvre dans un environnement qui s'y prête, peut s'avérer aussi efficace qu'un remblayage contrôlé.

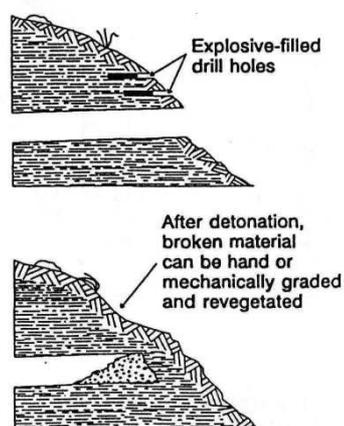
Le foudroyage est surtout adapté au traitement d'une galerie débouchant à flanc de coteau, sous un faible recouvrement de roches, ou lorsqu'aucun remblai permettant le comblement de l'ouvrage n'est disponible en quantité suffisante.

Quelle que soit la technique employée, l'objectif technique à atteindre est que la zone effondrée se prolonge sur une longueur assez importante (a minima une dizaine de mètres, si possible) de manière à interdire toute tentative de pénétration future humaine et limiter la pénétration animale.

Deux méthodes sont communément employées :

- L'effondrement puis le retalutage de la tête de galerie au tracto-pelle, employé lorsque les terrains de recouvrement ne sont pas trop résistants ou déjà déconsolidés par le percement de la galerie. L'emploi de cette technique impose que la galerie soit accessible. La longueur du traitement influe sur le choix du tracto-pelle et du godet. La roche peut dans certains cas être déstructurée au préalable par un Brise-Roches Hydraulique ;
- Le foudroyage dynamique par emploi d'explosifs est particulièrement recommandé quand le site est inaccessible pour tout engin et matériel lourd ou lorsque le recouvrement est très résistant. Cette technique est assujettie à une législation stricte quant au type, à la détention, le transport et l'utilisation d'explosifs (http://www.industrie.gouv.fr/portail/index_sdsi.html). La proximité d'enjeux sensibles nécessite pour certains cas d'évaluer les vibrations induites.

Des sondages sont forés au préalable dans le toit de la galerie et ces derniers sont remplis d'explosifs. Si le toit est instable, les explosifs peuvent être mis en place en forage dans la sole et les parois de l'ouvrage. Cette technique est à proscrire pour les ouvrages présentant des risques d'émission de gaz explosifs.



Principe du foudroyage d'une galerie de mine (d'après le U.S. Bureau of Mines).

Critères de complexité

- Les sites pentés ou difficiles d'accès constituent un critère de complexité important
- En cas de végétation importante (broussailles, épineux...), il peut s'avérer nécessaire de procéder à une mise à nu du site
- En cas d'utilisation d'explosifs, leur manipulation requiert des compétences particulières. L'utilisation d'explosifs est proscrite pour les ouvrages présentant des risques d'émission de gaz explosifs

Type d'ouvrage : Galerie

Fiche 6.12

Technique de traitement

Remblayage ou comblement

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★★ ¹²	★ ★ / ★ ★ ★	★ / ★ ★	★ ★	★ ★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)

Risque corporel :

La galerie présente un risque corporel établi et sa pénétration doit être interdite.
Pas de nécessité de mise en place de dispositifs permettant l'entrée/sortie d'espèces protégées

Risque « mouvements de terrain » :

La galerie présente un risque « mouvement de terrain » : elle passe sous ou à proximité d'enjeux importants en surface (habitation, bâtiments sensible, importante voie de communication)



Source INERIS

Conditions de site requises :

La galerie est ouverte et accessible à des engins de chantier, ou rendue accessible via la mise en place d'une piste d'accès (faible distance à une voie de communication)

Principe du traitement :

Cette technique permet d'obturer l'entrée de l'ouvrage et de limiter le volume de vide résiduel sur une distance définie.

Maintenance / Surveillance

Pas d'entretien à prévoir.

Risques résiduels après traitement :

Risque « mouvements de terrain » : selon l'objectif du traitement mais pas de clavage
Risque « émission de gaz de mine »

Espèces protégées :

Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées

Pré-requis

- Accessibilité du site ;
- Inspection visuelle préliminaire des parois et de l'état d'encombrement de la galerie ;
- Coupe ou plan de la tête de la galerie (recherches documentaires en archives) ;
- Etat de remblayage de l'ouvrage (si ce dernier a déjà été réalisé et qu'actuellement la tête est vide, mesures de gaz ;

¹² ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Éléments techniques

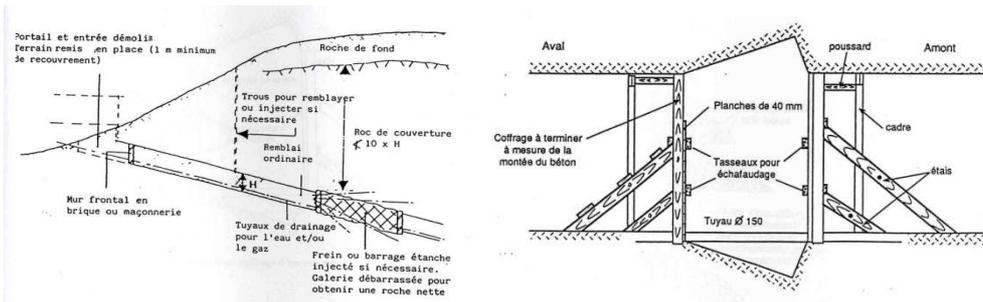
Dimensionnement

Le remblayage permet d'obturer l'entrée de l'ouvrage et de conforter l'intégralité du revêtement ou des parois au rocher de la galerie en l'aidant à encaisser les efforts horizontaux et verticaux exercés par les terrains environnants.

Volume à mettre en œuvre : le volume de remblai à mettre en œuvre dépend de l'objectif. Pour la seule obturation de la galerie, on prévoira le remblayage de la galerie sur une longueur d'au moins 5 m afin d'éviter les possibilités d'affouillement aux abords de l'entrée. Pour un traitement du risque « mouvements de terrain », on procèdera au remblayage de la galerie sur tout le linéaire dont la profondeur est trop faible pour exclure la possibilité de remontée d'un fontis en surface (environ 10 fois la hauteur de la galerie).

Nature du matériau de remblayage : on peut envisager l'emploi de nombreux matériaux pour le remblayage, à condition que ces derniers soient des matériaux cohérents, de faible dimensions, non lessivables par les eaux météoriques et qui prennent appui sur le revêtement de l'ouvrage. Les matériaux employés doivent être parfaitement inertes et ne présenter que de très faibles teneurs en éléments oxydables susceptibles d'engendrer une acidification des eaux qui peuvent être mises à leur contact. Ils doivent être ininflammables et leurs propriétés mécaniques doivent conférer une stabilité satisfaisante aux parois de la galerie.

Barrages pour les ouvrages pentés : Pour les ouvrages faiblement pentés, les risques de débousses sont réduits au minimum lorsque l'on réalise un remblayage contrôlé de la galerie. En revanche, pour les ouvrages très inclinés, on privilégiera la mise en place de barrages (murs de béton, serrements...) afin de retenir les remblais qui seront ensuite déversés dans l'ouvrage minier.



Principe du remblayage contrôlé d'une galerie de mine (d'après le National Coal Board, 1982).

Le remblayage de la galerie, sur une longueur suffisante (dépendant de la section, mais généralement au moins 10 m) interdit la pénétration. Si l'objectif est de traiter également le risque « mouvements de terrain », le remblayage doit être réalisé sur une longueur suffisante telle que, au-delà de la zone remblayée, la hauteur de recouvrement soit suffisante pour interdire tout fontis (selon la géologie et la section de la galerie, de l'ordre de 5 à 15 fois la hauteur de la galerie).

Critères de complexité

- Piste d'accès
- Requiert une galerie vide ou peu encombrée
- Si présence de gaz dans la galerie pendant les travaux, il est nécessaire d'utiliser des engins de chantiers munis de systèmes anti-déflagrants et de ne pas utiliser de matériaux de type quartzites ou roches très dures pouvant provoquer des étincelles
- Circulations d'eau :
 - Si la galerie doit permettre l'écoulement d'eaux, il convient de prévoir un système qui garantisse la bonne circulation des eaux (rigole protégée...). Le chenal de circulation des eaux doit être dimensionné à partir du débit prévu ou observé d'écoulement
 - Si l'objectif est de garantir une fermeture étanche de la galerie vis-à-vis des circulations d'eau, il conviendra de constituer des barrages imperméables dont le dimensionnement devra être établi en fonction des charges hydrostatique et mécaniques qui leur seront appliquées
- Connection de la galerie près de l'entrée

Type d'ouvrage : Puits, galerie

Fiche 6.13

Technique de traitement

Event

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
⊖ ¹³	⊖	★★★	★★	★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)	
<p>Risque corporel :</p> <p>Risque d'asphyxie, inflammation, explosion, si accès possible à l'orifice. Exposition rayonnements ionisants</p>	
<p>Risque « mouvements de terrain » :</p> <p>Sans objet</p>	
	
<p>Source INERIS</p>	
Conditions de site requises :	L'ouvrage est traité et accessible à des engins de chantier. Une nacelle sera parfois nécessaire pour accéder à l'arrête-flamme placé en tête
Principe du traitement :	Cette technique connexe à un traitement de mise en sécurité relatif aux risques « corporels » et « mouvements de terrain » vise à maîtriser l'émission à la surface du gaz de mine transitant par l'ouvrage, en fonction du débit attendu et de la composition
Maintenance / Surveillance	Entretien nécessaire tous les 6 mois
Risques résiduels après traitement :	Risque « mouvements de terrain » si l'ouvrage n'a pas été mis en sécurité vis-à-vis de ce risque
Espèces protégées :	Technique non adaptée à la préservation des espèces protégées
Pré-requis	
<p>Mesures de gaz (débit, composition) à différentes périodes pour juger de la pertinence de l'emploi de cette technique dans des bassins miniers où l'aléa gaz de mine est incertain.</p> <p>Par la suite, une étude est souvent nécessaire pour estimer le rayon de sécurité à respecter autour de l'événement pour prendre en compte les risques d'explosion, d'inflammation, d'asphyxie, d'intoxication et d'exposition aux rayonnements ionisants.</p> <p>Accessibilité à la tête de puits ou à la galerie. Vérification de la configuration du site et des possibilités de mettre en place un périmètre de sécurité, de placer la tête de l'événement à une hauteur suffisante, et d'accéder aux différents éléments qui composent l'événement pour l'entretien et la maintenance.</p>	

¹³ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement

Au vu des servitudes qui s'ensuivent, notamment liées à l'entretien et la maintenance de l'évent, il est nécessaire avant de s'engager dans cette technique de savoir si elle est pertinente en fonction du risque « émission de gaz » potentiel. Une étude doit être établie pour aviser de la pertinence, et, dans l'affirmative, évaluer le débit et la composition du gaz qui vont directement influencer sur la nature et les caractéristiques de l'évent et le rayon de sécurité à respecter.

Le dimensionnement de l'évent (diamètre qui peut varier de 50 à 150 mm, hauteur qui peut aller de 3 mètres à une dizaine de mètres) va en effet dépendre du débit susceptible de sortir de l'ouvrage. en fonction du volume des vides miniers, de la hauteur de l'exutoire, du débit de gaz et de sa composition. Le débit sera plus élevé lors des périodes de basses pressions atmosphériques pour les anciennes mines dites « fermées » (liaisons fond-jour principalement composées de puits/galeries obturés).

Le dimensionnement doit prendre en compte les effets liés aux gaz susceptibles d'être présents (méthane, gaz pauvre en oxygène, dioxyde de carbone, hydrogène sulfuré, monoxyde d'azote, radon, ...) :

- l'inflammation accidentelle du grisou (la création d'un feu de type torche est possible si le gaz vicié sortant est à des teneurs inflammables soit directement en sortie d'exutoire, soit par dilution dans l'air et au contact d'une source d'inflammation), les effets thermiques liés à l'explosion non confinée de gaz ; le rôle du vent est à prendre en compte dans l'orientation et la longueur du panache ;
- l'intoxication ou l'asphyxie (gaz plus ou moins vicié) ;
- les risques accidentels (inflammation, explosion, intoxication, asphyxie...) mais aussi les risques chroniques (on peut citer l'exposition aux rayonnements ionisants liés à la présence de radon). Un éloignement suffisant des habitations ou une hauteur suffisante pour assurer une dilution des gaz doivent être pris en compte selon les configurations rencontrées.

L'évent est composé des éléments suivants : clapet anti-retour, arrête-flamme, implantation pour les mesures de gaz (teneurs et débit), vanne $\frac{1}{4}$ de tour pour fermer l'exutoire à sa base pour les interventions humaines de maintenance et d'entretien).

Un événement qui fonctionne (dans le cas de système fermé et tant que les vides miniers représentent un volume suffisant) est un événement qui présente des variations de pression différentielle qui s'opposent aux variations de la pression barométrique.

La mise en place d'une clôture avec une porte d'accès peut être rendue nécessaire lorsque des débits importants de gaz vicié sont attendus et que la hauteur de la chandelle nécessite d'étendre le rayon de sécurité vis-à-vis des risques d'inflammation, d'explosion, d'intoxication, d'asphyxie et d'exposition aux rayonnements ionisants.

Critères de complexité

Encombrement du site nécessitant des dispositions particulières

Certains événements de puits peuvent être déportés par rapport à l'ouvrage à traiter (manque de place en surface...), la canalisation reliant le puits et l'évent est alors enterré. Le tracé de la canalisation doit être repéré et cartographié depuis son départ (tête de puits en général) jusqu'à l'évent comme pour les canalisations classiques (DICT). Il faut privilégier les canalisations et appareillages présentant le moins de pertes de charges possibles (un clapet anti-retour empêche la rentrée de l'air atmosphérique mais nécessite une mise en surpression en amont pour permettre au gaz de sortir...)

Fréquence accrue de la surveillance et de la maintenance dans des secteurs sensibles : vérification du bon fonctionnement de l'évent (encrassement, oxydation des éléments ferreux...), de la non dégradation, des accès et de l'intégrité du dispositif de clôture et d'information en place

...

Type d'ouvrage : Puits, passage de galerie

Fiche 6.14

Technique de traitement

Géosynthétiques

Risque Corporel	Risque « Mouvements de terrain »	Risque « Emission de gaz »	Economique	Facilité/Simplicité
★★ ¹⁴	★★	⊖	★★	★★

Situation de Risque (Diagnostic de risque)

Risque corporel :

Le puits peut présenter un risque corporel résiduel. Toutefois on ne privilégiera pas cette technique pour des puits ouverts

Risque « mouvements de terrain » :

Un risque « mouvements de terrain » est établi du fait de la présence d'un puits peu profond et imparfaitement remblayé. Les enjeux sont de type voirie de faible trafic, desserte, allée pédestre



Conditions de site requises :

Puits remblayé, accessible à des engins de chantier, terrain peu accidenté pouvant être terrassé

Principe du traitement :

Cette technique parfois utilisée consiste à mettre en place sur une surface débordant largement l'emprise du puits une structure géocomposite planaire (géotextile, géogrille, géomembrane) qui réduit l'intensité de l'effondrement ou du tassement des remblais du puits pour la rendre acceptable et non dangereuse

Cette technique réduit les conséquences d'un mouvement de terrain sans en traiter la cause. Par ailleurs elle ne bénéficie que de peu de retours d'expérience

Maintenance / Surveillance:

Suivi visuel de la déclivité (par ex. fréquence bisannuelle)
Reprise du terrassement/ réfection des géocomposites (par ex. tous les cinq ans)

Risques résiduels après traitement :

Risque « mouvements de terrain » : tassements
Risque « émission de gaz de mine »

Espèces protégées :

Sans objet

Pré-requis

Connaissance du diamètre, de la profondeur et de l'état de remblaiement du puits, permettant d'apprécier l'intensité (profondeur, diamètre) attendue de la remobilisation des remblais

¹⁴ ★★★ : Technique très adaptée vis-à-vis de ce critère

★★ : Technique adaptée mais d'autres techniques peuvent être plus appropriées ou encore nécessite des modifications

★ : Technique peu adaptée vis-à-vis de ce critère, ou à étudier

⊖ : Technique non adaptée vis-à-vis de ce critère

✗ : Technique à proscrire pour cette situation de risque

Eléments techniques

Dimensionnement

On peut classer les géosynthétiques en trois grandes catégories :

Les géogrilles, qui ont une structure planaire discontinue, dont le maillage varié est à adapter au terrain. Ces structures, composées généralement en acier ou en PEHD, sont choisies en fonction de leur bonne résistance à la traction et au cisaillement.

Les géotextiles, tissés ou non tissés, ont une structure planaire continue. De composition chimique variée, ils ont pour vocation principale de filtrer, drainer ou de résister au poinçonnement des matériaux. Leur résistance à la traction n'est pas leur fonction première, mais les plus denses d'entre eux peuvent supporter une certaine déclivité et les contraintes en traction qu'elle génère. Ils sont fréquemment employés en association avec une géogrille ou une géomembrane.

Les géomembranes ont également une structure planaire continue, mais leur rôle consiste à limiter au maximum le passage de liquides. Ils sont utilisés au regard de l'imperméabilité que l'on veut conférer à l'ouvrage. Sauf emploi spécifique, les géomembranes ne sont pas directement adaptées au traitement en surface d'ouvrages miniers.

Le Comité Français des Géosynthétiques (<http://www.cfg.asso.fr>) a publié de nombreux guides facilitant le choix des géosynthétiques en fonction du rôle recherché : drainage, filtre, anti-poinçonnant, résistance à la traction, imperméabilité ...

Pour ce qui concerne le traitement des puits, on s'attachera à bien identifier au préalable l'impact attendu en surface de la remobilisation d'un remblai de puits, l'extension de la zone de désordres et les contraintes maximales en traction que cela peut générer. Une étude spécifique avec l'appui éventuel de modélisations est jugée très importante pour le choix de la bonne catégorie de géosynthétiques à mettre en œuvre.

Critères de complexité

- Déblaiement aux abords de la tête de puits : difficulté accrue en fonction du caractère accidenté ou de la nature géologique des terrains
- Sécurité des engins de terrassement aux abords du puits

7.BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages miniers et fermetures

1. Auteur non identifié, 1975. Le problème des puits abandonnés (document manuscrit) . N° 31. Mitteilun gen der Westfälischen Berggewerkschafts Kass
2. Auld, 1982. Design of underground plugs. International Journal of Mining Engineering
3. BRGM, 1996. Traitement sécuritaire des sites miniers orphelins. Enquête sur le coût des travaux. Référence R39290
4. Bureau of Mines Report of Investigations, 1984. Evaluation of mine seals constructed in 1987 at Elkins, Randolph County, WV. Référence RI 8852
5. Charbonnages de France, 2004. Fermeture d'un puits par bouchon voûte. CdF Actualités
6. Dean, 1967. Old mine shafts and their hazards. The mining Engineer
7. Estivalet 1994. Les serremments dans les mines souterraines : détermination, techniques et exemples. Industrie minérale. Les techniques
8. GEODERIS, 2003. Traitement des puits de la concession de Perrecy-les-Forges. Référence N2003/164
9. Grubner, 1975. Construction des serremments dans les mines de potasse. CERCHAR, fiche de traduction. Référence G.12 - 84153
10. HBCM, 1995. Mise en sécurité d'un puits par la technique du "bouchon-pieu". Exemple du puits Notre-Dame . Référence non connue
11. INERIS, 1997. Guide méthodologique pour l'abandon des anciennes exploitations souterraines. Traitement des puits et descenderies abandonnés. Référence SSE-Cdi/CS-97-22EP46/R04
12. Kalmykov, 1968. Elimination des venues d'eau intempestives à l'aide des bouchons immergés (coussins). CERCHAR, fiche de traduction. Référence G.12 - 56088
13. Lang, 1999. Permanent sealing of tunnels to retain tailings or acid rock drainage. In Fernandes Rubio, R. : Mine, Water & Environment II, pp 647-655, Sevilla (International Mine Water Association)
14. National Coal Board, 1982. The treatment of disused mine shafts and adits
15. Nulens, Van Cotthem, Grégoire, Wergifosse, 2003. Remblayage de puits de mines. Puits Sainte Marguerite I - Péronnes-Lez-Binche. Tunnels et Ouvrages Souterrains n° 180
16. Strzodka, Fischer, Zingler, 1972. Recherches théoriques sur l'efficacité des serremments CERCHAR, fiche de traduction. Référence G.12 - 70828
17. Wojtkowiak, Didier, 1999. Principles for a safe closure of old mines shafts and adits. Proc. 9th ISRM Congress, Ed. Balkema, vol 1

Techniques générales

18. Guides d'emploi des géosynthétiques sur le site du Comité Français des Géosynthétiques, <http://www.cfg.asso.fr>
19. Eurocode 2 – Calcul des structures en béton, <http://www.eurocode1.com/fr/eurocode2.html>
20. Norme EN 206-1 (P18-325) "Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité"
21. Norme NF EN P18-201, DTU 21 " Exécution des ouvrages en béton "
22. Norme NF EN 13139 - Granulats pour mortiers
23. Fascicule 65 Cahier des Clauses Techniques Générales Applicables aux Marchés Publics de Travaux. Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint. Nouvelle version approuvée par Arrêté du 6 mars 2008. Disponible en téléchargement sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Fascicules-du-CCTG-en.html>
24. Norme P 18-011 Bétons. Classification des environnements agressifs
25. Norme P 18-504 – Béton. Mise en œuvre des bétons de structure
26. AFTES, 2003. Recommandations relatives à la caractérisation des massifs rocheux utiles à l'étude et à la réalisation des ouvrages souterrains

27. Queyroi, Chaput, Pilot, 1985. Amélioration des sols de fondation. Choix des méthodes d'exécution. Référence non connue
28. Soyez, 1985. Méthodes de dimensionnement des colonnes ballastées. Bulletin de Liaison du Laboratoire des Ponts et Chaussées, n° 135
29. Pilot, Magnan, 1988. Amélioration des sols. Techniques de l'Ingénieur, Réf. C255
30. Réglementation des explosifs disponible sur le site AIDA, http://www.industrie.gouv.fr/portail/index_sdsi.html

Espèces protégées

31. Revue Scientifique Bourgogne-Nature. Hors série « Les chauves-souris. Plan régional d'actions. Actes des 2èmes rencontres Chiroptères Grand Est, 2006.
32. Maurin, Keith, 1994. Inventaire de la faune menacée en Europe, le Livre rouge. Nathan, M.N.H.N., WWF France, Paris..
33. Roue, 1995. Inventaire des sites protégés ou à protéger à chiroptères en France métropolitaine. S.P.N./I.E.G.B./M.N.H.N., Paris.
34. Site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel, <http://inpn.mnhn.fr/isb/index.jsp>

8.LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe	Circulaire du 14/10/2009 relative à la modification de la circulaire du 6 août 1991 DIE n°200	8 A4

ANNEXE

**Circulaire du 14/10/2009 relative à la modification de la
circulaire du 6 août 1991 DIE n°200**

Prévention des risques

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER,
EN CHARGE DES TECHNOLOGIES VERTES
ET DES NÉGOCIATIONS SUR LE CLIMAT

*Direction générale de la prévention
et des risques*

Sous-direction de la protection
et de la valorisation des espèces et de leurs milieux

Bureau de la faune
et de la flore sauvages

Service des risques technologiques

Sous-direction des risques
chroniques et du pilotage

Bureau du sol et du sous-sol

Circulaire du 14 octobre 2009 relative à la modification de la circulaire du 6 août 1991 DIE n° 200 et de la circulaire du 27 mai 2008 relative aux modalités d'application des articles 91 à 93 du code minier et 43 à 50 du décret 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

NOR : DEVP0924681C

(Texte non paru au *Journal officiel*)

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat, à Madame et Messieurs les préfets de région, Mesdames et Messieurs les préfets de département.

L'importance de l'activité minière passée se traduit désormais en France par la présence d'anciennes galeries qui peuvent être occasionnellement visitées du fait de leur intérêt minéralogique ou de la curiosité. Le développement de cette activité dans le public a conduit à plusieurs accidents mortels au cours des dernières années et justifie la poursuite de l'action lancée par l'Etat, d'une part pour veiller à la mise en sécurité des sites encore détenus par un concessionnaire ou directement pour les concessions orphelines, et d'autre part pour assurer la bonne connaissance des risques par l'autorité compétente.

La responsabilité de l'Etat à la fin de l'exploitation des mines persiste après le retrait définitif de l'exploitant, notamment pour les mines exploitées postérieurement à l'année 1810, et il appartient donc à l'Etat de mettre en place les moyens propres à prévenir les risques de toute nature qui subsistent. Il s'agit en particulier des aspects liés aux chutes de blocs et de mauvaise qualité de l'air (air vicié) qui peuvent causer des morts.

La présente circulaire a pour objet de rappeler certains des intérêts protégés au titre de l'article 79 du code minier et au titre de l'article L. 411-1 du code de l'environnement qui doivent être pris en compte et détermine les structures qui pourraient contribuer à la surveillance des anciennes mines après cessation d'activité lorsque cela est nécessaire. Elle a pour objet de préciser les conditions de fermeture des anciennes mines afin que les travaux mis en œuvre pour garantir la sécurité des biens et des personnes ne portent pas atteinte à des espèces animales protégées et à leurs habitats.

Les espèces animales concernées sont protégées tant au niveau international que national :

- par les articles L. 411-1 et R. 411-1 et suivants du code de l'environnement ainsi que par les arrêtés pris pour leur application :
 - arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des espèces de mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;
 - arrêté du 19 novembre 2007 fixant les listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;

- arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;
- arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;
- par la convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe ;
- par la convention de Bonn relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ;
- par la directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, qui impose la protection de toutes les espèces inscrites en son annexe IV et la désignation de zones spéciales de conservation dans le cadre du réseau Natura 2000 pour les espèces inscrites à son annexe II.

Il convient de rappeler que ces textes fixent des mesures de protection portant sur des spécimens des espèces considérées ainsi que sur les sites de reproduction et les aires de repos de ces mêmes espèces.

Cette circulaire traite en particulier des chiroptères pour lesquels les mines constituent des gîtes privilégiés. Les chiroptères sont de plus protégés par « l'Accord sur la conservation des chauves-souris » (EUROBATS) du 4 décembre 1991, pris dans le cadre de la convention de Bonn, dans le but de protéger les 37 espèces de chauves-souris identifiées en Europe et qui engage les parties signataires – parmi lesquelles la France – à agir en faveur de leur conservation, notamment en inventariant et en protégeant les sites les plus importants.

En raison de ces éléments, il est apporté aux deux circulaires précitées les modifications suivantes.

I. – MODIFICATION DE LA CIRCULAIRE DU 6 AOÛT 1991 DIE n° 200

1. Au point 2.2., il est ajouté au 4^e alinéa, 3^e & 4^e tirets

« Le dossier de déclaration d'abandon doit également comprendre une expertise faunistique, qui n'implique pas obligatoirement la pénétration de personnes dans les cas des puits et galeries dangereux, durant un cycle annuel et permettant de rendre compte de l'intérêt de ces cavités souterraines d'origine minière. »

2. Le premier alinéa de l'article 3.2. est remplacé comme suit

3.2. Cas des galeries

Les propositions préconisées ci-dessous sont établies sur la base des dossiers d'expertise « sécurité » et « biologique ».

Des solutions techniques sont examinées le cas échéant lors de la consultation préalable à l'action de mise en sécurité mise en œuvre par le service instructeur (DREAL ou DRIRE et DIREN). Les modalités peuvent être prévues dans le cadre du plan régional relatif aux chiroptères établi en application du plan national de restauration 2008-2012 (dont la durée de validité a été prolongée jusqu'en 2014).

3.2.1. Mines sans faune

L'accès des personnes aux anciens travaux miniers peut être durablement empêché soit par un foudroyage ou un remblayage de toute la section sur une longueur suffisante (un minimum d'une dizaine de mètres ou plus selon l'analyse du niveau de risque d'effondrement localisé de la galerie) soit par un barrage solide en béton armé d'au moins un mètre d'épaisseur à moins de deux mètres de l'entrée si la nature des terrains et la tenue de la couronne le permet. Pour permettre l'évacuation des eaux, il convient de mettre en place une ou plusieurs buses d'un diamètre au plus égal à 200 mm.

3.2.2. Mines avec présence de faune et sans accès aux personnes habilitées

Afin de préserver la sécurité publique, il est fortement recommandé, lorsque la préservation d'autres intérêts mentionnés à l'article 79 du code minier ne s'y oppose pas, d'interdire l'accès des personnes aux travaux miniers.

S'il est constaté que les travaux miniers hébergent des animaux appartenant à des espèces protégées, en particulier des chiroptères, le système de sécurisation adopté doit permettre le libre passage de ces animaux par un dispositif adapté à la morphologie et au comportement de l'espèce concernée.

Pour les chiroptères, il comportera un système de barreaux horizontaux, constitué de tubes de 100 mm remplis de béton armé solidement ancrés dans les parements sains de la couronne de la galerie et à moins de 2 mètres de l'entrée de l'orifice, cadre bétonné ou tout autre dispositif de résistance équivalente. L'espace libre entre les barreaux sera de 13 cm au plus.

Dans les cas où la fermeture de la mine par une grille serait incompatible avec la présence des espèces de chauve-souris suivantes – Rhinolophe euryale (*Rhinolophus euryale*), Rhinolophe de Mehely (*Rhinolophus mehelyi*), Murin de Capaccini (*Myotis capaccinii*), Grand murin (*Myotis myotis*), Petit murin (*Myotis blythii*), Murin du Maghreb (*Myotis punicus*), Minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreiberssi*) – la fermeture de la galerie ou d'une zone comportant plusieurs orifices, peut être alors constituée d'une clôture solidement ancrée au sol d'une hauteur minimale de 2,5 mètres, doublée à l'intérieur de l'enceinte ainsi délimitée soit d'une barrière ou d'une clôture basse, soit d'une douve dont les dimensions empêchent le franchissement. L'interdiction de l'accès devra être largement signalée.

Les puits qui présentent un intérêt faunistique concernant les chiroptères ne seront pas remblayés mais fermés par une dalle en béton armé d'une épaisseur calculée en fonction de la section du puits, ménageant une fenêtre de passage d'une section minimale de 0,8 m² équipés de barreaux métalliques fixes au plus espacés de 13 cm.

Pour le passage de la faune (mammifères, amphibiens, reptiles, insectes et mollusques), des buses (diamètre maximum de 200 mm) devront être installées au moins au niveau du sol de la galerie. Dans le cas d'ouvrage inondé, les galeries inondées devront garder leur caractère (conservation d'une hauteur d'eau de 10 à 30 cm quand elle existe). Dans le cas d'entrées d'ouvrages utilisées par les batraciens, une mare pourra être creusée après fermeture de l'ouvrage au-devant de la galerie en conformité avec les conclusions de l'expertise faunistique.

Dans le cas de présence de la loutre (*Lutra lutra*), des aménagements adaptés à l'espèce devront être prévus.

Quel que soit le dispositif de fermeture adopté, celui-ci doit permettre l'évacuation des eaux.

3.2.3. Mines avec présence de chiroptères et avec accès aux personnes habilitées

Dans le cas où il est absolument nécessaire de laisser l'accès à des personnes dûment habilitées pour suivre l'évolution des populations de chiroptères, les modalités de fermeture doivent être conçues de manière à s'opposer à l'accès de toute personne non habilitée.

3.2.3.1. Expertise technique de sécurité et expertise faunistique

Dans cette hypothèse et dans le cadre de la procédure de fermeture des travaux miniers par l'exploitant ou par l'Etat dans le cas d'une mine orpheline, une expertise technique de sécurité, réalisée par un organisme compétent en matière minière et en tenue des terrains, est nécessaire préalablement à toute utilisation non minière des galeries, pour garantir la sécurité des personnes habilitées à pénétrer dans la partie laissée accessible.

En règle générale, l'expertise et les travaux de mise en sécurité sont à la charge de l'exploitant.

L'expertise devra fixer précisément sa durée de validité, définir le périmètre de galeries autorisé à la visite pour des activités non minières (en général, suivi des populations de chauves-souris), les conditions d'accès et de surveillance préalable à toute pénétration d'humains dans les anciens sites miniers ainsi que les modalités d'habilitation des personnes dûment autorisées. Elle fixera également les équipements de travail que devront porter les visiteurs.

En outre, il conviendra de s'assurer que le périmètre de la galerie accessible est suffisamment bien aéré (taux d'oxygène de 20 % au minimum en tout point de la galerie et garantie d'une dispersion de gaz asphyxiants, toxiques ou explosifs) et qu'il le demeurera, après installation éventuelle d'un barrage en limite de zone sûre.

Seules les parties ou tronçons de galeries dont l'expertise aura démontré qu'ils constituent une zone sûre ou pouvant être sécurisée pourront être conservés avec une possibilité d'accès aux personnes habilitées dans les conditions ci-après :

- à moins de 2 mètres de l'entrée de la galerie accessible, un système de barreaux, constitué de tubes de 100 mm de diamètre remplis de béton armé et solidement ancrés dans les parements, avec un tube coulissant et un cadenas de sûreté, sera installé. L'espace libre entre les barreaux sera de 13 cm au plus. Ce système peut être considéré comme difficilement violable avec les moyens ordinairement à la disposition du public ;
- dans les cas où la fermeture de la mine par une grille serait incompatible avec la présence des espèces de chauve-souris suivantes – Rhinolophe euryale (*Rhinolophus euryale*), Rhinolophe de Mehely (*Rhinolophus mehelyi*), Murin de Capaccini (*Myotis capaccinii*), Grand murin (*Myotis myotis*), Petit murin (*Myotis blythii*), Murin du Maghreb (*Myotis punicus*), Minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreiberssi*) – la fermeture de l'accès de la galerie ou d'une zone comportant plusieurs orifices peut être alors constituée d'une clôture solidement ancrée au sol d'une hauteur minimale de 2,5 mètres, doublée à l'intérieur de l'enceinte ainsi délimitée soit d'une barrière ou d'une clôture basse, soit d'une douve dont les dimensions empêchent le franchissement. L'interdiction de l'accès devra être largement signalée ;

- un dispositif conforme au système précisé au point 3.2.2 est mis en place à la limite maximale de la zone sûre de la galerie pour interdire l'accès aux zones non sécurisées.

Dans le cadre de cette procédure, l'expertise faunistique prévue au point 2.2 devra indiquer, outre les espèces présentes et leurs effectifs :

- l'importance du gîte dans le cycle biologique des espèces dont la présence peut être occasionnelle ou temporaire ;
- l'importance et l'intérêt du gîte par rapport au fonctionnement des populations des espèces ;
- l'aire de déplacement naturel d'espèces cavernicoles à partir des noyaux de populations préexistantes.

L'expertise devra être réalisée sur un cycle biologique annuel et devra préciser les dates les plus favorables pour la réalisation des travaux et les mesures d'accompagnement, si nécessaire (réductrice, compensatoire, suivi de chantier).

Les conclusions de l'expertise devront aussi mentionner si une demande de dérogation aux interdictions de perturbation, de destruction d'habitats ou de spécimens d'espèces protégés est à mettre en œuvre avec les mesures compensatoires obligatoires.

La mise en œuvre des travaux doit tenir compte des recommandations issues des expertises faunistiques et de sécurité.

3.2.3.2. Convention

Dans cette hypothèse d'accès aux travaux miniers par certaines personnes habilitées, les responsabilités liées à la possibilité d'accéder aux travaux souterrains sont transférées de l'Etat (1) à une personne morale nommée ci-dessous le repreneur.

Une convention liant l'Etat, le repreneur et, le cas échéant, l'ancien exploitant minier et le(s) propriétaire(s) des terrains d'assiette situés à l'aplomb des entrées laissées accessibles prévoyant une clause de transfert de la responsabilité du ou des différents propriétaire(s) et de l'Etat vers une personne morale (avec pour contrepartie la possibilité d'accès aux zones sécurisées) est signée entre les différentes parties.

La personne morale retenue sera de préférence une collectivité afin d'assurer la pérennité de la responsabilité.

Cette convention devra mentionner :

- que le(s) propriétaire(s) autorise(nt) l'accès à son(leurs) terrain(s) et/ou au(x) vide(s) souterrain(s) qui le(s) concerne(nt) au repreneur ou à des personnes nommément désignées par ce dernier ;
- que le(s) propriétaire(s) accepte(nt) que le dispositif interdisant l'accès aux anciens travaux miniers nécessite une surveillance et un entretien réguliers y compris aérage, exercés par le repreneur conformément au rapport d'expertise (3.2.3.1) ;
- que le repreneur doit suivre strictement les recommandations prévues par l'expertise, notamment au regard des conditions d'accès et des précautions à prendre avant de visiter les anciens ouvrages ;
- qui gère l'accès aux vides souterrains d'origine minière et qui conserve la clef d'accès.

La convention précise que le repreneur accepte les responsabilités liées à la surveillance et à l'entretien du dispositif d'interdiction d'accès, des éventuels dommages aux tiers et qu'il a souscrit une assurance pour couvrir les risques.

Cette convention devra impérativement être établie et signée par toutes les parties concernées avant signature de l'arrêté préfectoral de premier donné acte de l'arrêt des travaux miniers et donc avant prescription des travaux complémentaires jugés nécessaires par le préfet. Cette convention devra être reprise dans les attendus de cet arrêté préfectoral en tant que justificatif juridique des travaux prescrits par le préfet. Dans tous les cas, les travaux ne pourront être engagés en l'absence d'une convention signée.

Par ailleurs, la convention devra comprendre un engagement de la part de la personne morale de surveiller et d'entretenir le dispositif particulier de fermeture et ceux éventuellement nécessaires au maintien de l'aérage.

La convention prévoira, au cas où l'un des signataires la dénoncerait, que la mise en sécurité soit alors effectuée conformément au cas général. L'Etat apportera son concours technique aux travaux de mise en sécurité que devra diligenter le dénonciateur.

Cette convention, sous forme d'un acte authentique, doit être considérée comme une servitude conventionnelle de droit privé entre les différentes parties. Elle devra faire l'objet d'un enregistrement auprès des hypothèques pour que ses modalités soient éventuellement opposables en cas de vente des terrains d'assiette foncière.

(1) Conformément aux dispositions du code minier, la responsabilité de l'Etat à la fin de l'exploitation des mines persiste après le retrait définitif de la concession, notamment pour les mines exploitées postérieurement à l'année 1810, et il appartient donc à l'Etat de mettre en place les moyens propres à prévenir les risques de toutes nature qui subsistent.

3.2.3.3. Délai de mise en œuvre de la convention

Le délai maximal pour la signature de la convention d'accessibilité aux galeries souterraines mises en sécurité et de son enregistrement aux hypothèques devra être inférieur à deux ans à partir de sa signature et en tout état de cause la signature devra être effective avant la prescription de l'arrêté préfectoral de premier donner acte. En cas de non-respect de ce délai, la fermeture des accès sera réalisée suivant les modalités prévues au § 3.2.2.

En connaissance d'un ouvrage de ce type, son accès en sera interdit par des moyens légers avec signalisation du danger de façon à protéger la sécurité des personnes et l'accessibilité à la faune sauvage.

3.2.4. Prises en charges financières des expertises

L'Etat (DRIRE & DIREN ou DREAL) recherchera les solutions permettant le financement de l'expertise « biologique » et de l'expertise « sécurité » dans la partie accessible pour le suivi de la faune sauvage.

3. Il est ajouté un septième paragraphe rédigé comme suit

7. Articulation de la police des mines avec la police de la protection de la faune sauvage

Les travaux de mise en sécurité peuvent porter atteinte à des animaux appartenant à une espèce protégée et à leur habitat, en particulier à des chiroptères pour lesquels les mines constituent des gîtes privilégiés, s'ils ne respectent pas les préconisations mentionnées aux articles 3.2.2 et 3.2.3.

Pour ces espèces, sont notamment interdits en application de l'article L. 411-1 du code de l'environnement la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle de même que la destruction, l'altération ou la dégradation de leurs sites de reproduction et aires de repos.

La délivrance de dérogations à ces interdictions est possible aux termes de l'article L. 411-2 du même code, à condition qu'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante et que la dérogation ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle, et ce, pour différents motifs parmi lesquels figure l'intérêt de la santé et de la sécurité publique.

Dès lors, en cas de présence d'espèces protégées et si les travaux prévus conduisent à porter atteinte à l'article L. 411-1 du code de l'environnement, avant tout commencement de travaux de sécurisation, il convient pour l'exploitant de formuler une demande de dérogation qui sera instruite par vos services, après avis du Conseil national de la protection de la nature, selon la procédure prévue par l'article 2 de l'arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demandes et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées. Si est présente l'une des deux espèces de chiroptères visées par l'arrêté ministériel du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département (*Rhinolophus mehelyi* et *Myotis dasycneme*), la demande de dérogation sera instruite par les services du ministère en charge de la protection de la faune sauvage (direction de l'eau et de la biodiversité, sous-direction de la protection et de la valorisation des espèces et de leurs milieux), en application de l'article 5 de l'arrêté du 19 février 2007.

Il est rappelé que les chiroptères, notamment, sont protégés tant au niveau national qu'international :

- par les articles L. 411-1 et R. 411-1 et suivants du code de l'environnement et par l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des espèces de mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;
- par l'Accord sur la conservation des chauves-souris (EUROBATS) du 4 décembre 1991, pris dans le cadre de la convention de Bonn, dans le but de protéger les 37 espèces de chauves-souris identifiées en Europe et qui engage les parties signataires – parmi lesquelles la France – à agir en faveur de leur conservation, notamment en inventoriant et en protégeant les sites les plus importants ;
- par la convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe ;
- par la convention de Bonn relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ;
- par la directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, qui impose la protection de toutes les espèces inscrites en son annexe IV et la désignation de zones spéciales de conservation dans le cadre du réseau Natura 2000 pour les espèces inscrites à son annexe II.

Les chiroptères par ailleurs font l'objet d'un Plan national de restauration 2008-2012 (prolongé jusqu'en 2014) dont, parmi les objectifs, on retrouve la préservation d'un réseau de gîtes favorables permettant la sauvegarde des populations de chiroptères ou leur restauration, en particulier par l'élaboration de solutions techniques dans le cadre de la mise en sécurité des mines ainsi que l'identification des sites favorables à protéger.

Aussi, avant tout engagement de travaux, une expertise faunistique devra être réalisée. Dans le cas où un comblement des galeries et des puits par foudroyage et remblayage (points 3.2 et 3.3 du paragraphe 3 – accès aux travaux souterrains) entraînerait une disparition irréversible de l'habitat, une demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces et d'habitat devra être déposée en application de l'article L. 411-2 du code de l'environnement.

II. – MODIFICATION DE LA CIRCULAIRE DU 27 MAI 2008

4.3. *Articulation de la police des mines avec d'autres polices spéciales (en page 15)*

Il est ajouté :

(iii) police de la protection de la faune sauvage

Les travaux de mise en sécurité peuvent porter atteinte à des animaux appartenant à une espèce protégée et à leur habitat, en particulier à des chauves-souris pour lesquelles les mines constituent des gîtes privilégiés.

Pour ces espèces, sont notamment interdits en application de l'article L. 411-1 du code de l'environnement la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle de même que la destruction, l'altération ou la dégradation de leurs sites de reproduction et aires de repos.

La délivrance de dérogations à ces interdictions est possible aux termes de l'article L. 411-2 du même code, à condition qu'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante et que la dérogation ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle, et ce, pour différents motifs parmi lesquels figure l'intérêt de la santé et de la sécurité publique.

Dès lors, avant tout commencement de travaux de sécurisation qui portent atteinte à l'habitat des chiroptères, si les préconisations des articles 3.2.2 ou 3.2.3 de la circulaire DIE 200 du 6 août 1991 modifiée ne sont pas respectées, il convient pour l'exploitant de formuler une demande de dérogation qui sera instruite par les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement, après avis du Conseil national de la protection de la nature, selon la procédure prévue par l'article 2 de l'arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demandes et d'instruction des dérogations définies au 4^o de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées. Si est présente l'une des deux espèces de chiroptères visées par l'arrêté ministériel du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département (Rhinolophe de Mehely, *Rhinolophus mehelyi*, et Murin des marais, *Myotis dasycneme*), la demande de dérogation sera instruite par les services du ministère en charge de la protection de la faune sauvage (direction de l'eau et de la biodiversité, sous-direction de la protection et de la valorisation des espèces et de leurs milieux), en application de l'article 5 de l'arrêté du 19 février 2007.

4.5. – *La conservation d'installations minières (en page 16)*

Il est ajouté :

Les chiroptères sont protégés tant au niveau national qu'international :

- par les articles L. 411-1 et R. 411-1 et suivants du code de l'environnement et par l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des espèces de mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;
- par l'Accord sur la conservation des chauves-souris (EUROBATS) du 4 décembre 1991, pris dans le cadre de la convention de Bonn, dans le but de protéger les 37 espèces de chauves-souris identifiées en Europe et qui engage les parties signataires – parmi lesquelles la France – à agir en faveur de leur conservation, notamment en inventoriant et en protégeant les sites les plus importants ;
- par la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe ;
- par la Convention de Bonn relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ;
- par la directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, qui impose la protection de toutes les espèces inscrites en son annexe IV et la désignation de zones spéciales de conservation dans le cadre du réseau Natura 2000 pour les espèces inscrites à son annexe II.

Les chiroptères par ailleurs font l'objet d'un Plan national de restauration 2008-2012 (prolongé jusqu'en 2014) dont, parmi les objectifs, on retrouve la préservation d'un réseau de gîtes favorables permettant la sauvegarde des populations de chiroptères ou leur restauration. L'élaboration de solutions techniques dans le cadre de la mise en sécurité des mines, ainsi que la protection des sites favorables connus ou en cours d'identification s'inscrivent dans le cadre de ce plan.

Aussi, avant tout engagement de travaux, il est nécessaire qu'une expertise faunistique soit réalisée afin de constater la fréquentation éventuelle par des chiroptères, dont la présence peut-être occasionnelle ou temporaire et ce, à chaque saison de l'année. L'expertise devra préciser si la mine n'est pas située dans l'aire de déplacement naturel d'espèces cavernicoles provenant de noyaux de populations préexistantes.

L'expertise devra être réalisée sur un cycle biologique annuel, et devra préciser les dates les plus favorables pour la réalisation des travaux et les mesures d'accompagnement si nécessaire (réductrice, compensatoire, suivi de chantier).

Les conclusions de l'expertise devront aussi mentionner si une demande de dérogation aux interdictions de perturbation, de destruction d'habitats ou de spécimens d'espèces protégées est à mettre en œuvre avec les mesures compensatoires obligatoires.

Lorsque la présence des chiroptères a été constatée, seule peut être accordée une dérogation pour un système de sécurisation permettant leur circulation et adapté à la morphologie et au comportement de l'espèce concernée (taille plus ou moins grande des individus, vitesse et hauteur du vol, passage en essaims ou isolés...).

La mise en œuvre des travaux devra suivre les recommandations issues des expertises faunistiques et de sécurité.

La présente circulaire sera publiée au *Bulletin officiel* du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat.

Fait à La Défense, le 14 octobre 2009.

Pour le ministre d'Etat et par délégation :

Le directeur général de la prévention des risques,
L. MICHEL

*Le directeur général de l'aménagement,
du logement et de la nature,*
J.-M. MICHEL