



**HAL**  
open science

## Prévenir et réduire les risques liés aux cavités minières

Daniel Fuhr, Laurent Semmelbeck, Pascale Hanocq, Clément Lebleu

► **To cite this version:**

Daniel Fuhr, Laurent Semmelbeck, Pascale Hanocq, Clément Lebleu. Prévenir et réduire les risques liés aux cavités minières. Congrès International sur la gestion des rejets miniers et l'après mine (GESRIM), Apr 2012, Marrakech, Maroc. hal-00824355

**HAL Id: hal-00824355**

**<https://hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-00824355>**

Submitted on 21 May 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Prévenir et réduire les risques liés aux cavités minières

Daniel Fuhr<sup>1</sup>, Laurent Semmelbeck<sup>1</sup>, Pascale Hanocq<sup>2</sup>, Clément Lebleu<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>BRGM – DPSM – UTAM EST, 2, Avenue de la Moselle, Freymin-Merlebach, France, [d.fuhr@brgm.fr](mailto:d.fuhr@brgm.fr)

<sup>2</sup>DREAL Lorraine, 2, rue Augustin Fresnel, Metz, France, [pascale.hanocq@developpement-durable.gouv.fr](mailto:pascale.hanocq@developpement-durable.gouv.fr)

**Abstract:** The French state has delegated to the BRGM the responsibility of the risk management of land movements (subsidence, sinkholes, collapse, compaction ...) generated by underground mining works located under urban areas and infrastructures. The aim is to detect precursor signs of abnormal events, as soon as possible, in order to alert the appropriate authorities and to avoid damage to persons and properties.

*Key words: sinkhole, post-mining, soundings, inspection*

**Résumé :** L'Etat français a délégué au BRGM la responsabilité de la gestion du risque de mouvements de terrain (fontis, affaissement, effondrement, tassement...) engendrés par les anciennes exploitations minières situées sous des zones urbaines ou des infrastructures. L'objectif est de détecter les signes précurseurs d'événements anormaux, le plus tôt possible, afin d'alerter les autorités compétentes et d'éviter ainsi des dommages aux personnes et aux biens.

*Mots clés : Mouvements de terrain, après-mine, investigations, inspections*

## 1. INTRODUCTION

Suite à la fermeture des mines et à la renonciation des concessions ou à la disparition de leurs exploitants, les pouvoirs publics ont mis en place un dispositif afin de gérer les conséquences éventuelles de l'activité minière pour les personnes, les biens et l'environnement. L'aspect opérationnel de ces missions ont été confiées Département de Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM. L'une des missions du DPSM consiste à surveiller la stabilité des cavités minières dans les zones urbanisées ou porteuses d'infrastructures.

Plusieurs types d'effets en surface ont déjà été ressentis ou peuvent encore se manifester à la suite de la ruine d'édifices souterrains : des affaissements, des effondrements brutaux ou progressifs, des fontis et des tassements.

L'objectif de la surveillance consiste à détecter, le plus tôt possible, des signes précurseurs d'événements significatifs d'une évolution défavorable évolutions des cavités et permettant ainsi in fine d'alerter et de réduire les impacts matériels et humains.

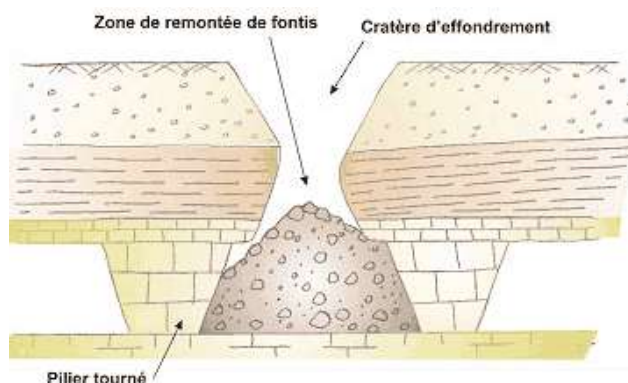
Le BRGM/DPSM assure ainsi, notamment, les surveillances des zones à risque fontis en mettant en œuvre les techniques adaptées à chaque situation et en fonction des effets susceptibles de se produire en surface.

## 2. DESCRIPTION DU PHENOMENES DE FONTIS ET EVALUATION DU RISQUE

Le fontis est l'apparition soudaine en surface d'un entonnoir de quelques mètres de rayon et quelques mètres de profondeur. Les dimensions du fontis dépendent de l'importance du vide et de la nature des terrains qui le séparent de la surface. Il fait suite à une dégradation

progressive de la voûte d'une cavité qui remonte peu à peu dans le recouvrement jusqu'à percer au jour (Fig. 1). Il ne se produira pas si la cavité est suffisamment profonde : le foisonnement des blocs du toit vient combler le vide avant qu'il n'atteigne la surface. Il n'y a pas d'aléa fontis au-delà de cinquante mètres de profondeur en général. Le risque de fontis peut également être écarté si un banc épais et résistant arrête la dégradation progressive.

Le développement d'une remontée de voûte est un phénomène très lent qui peut prendre plusieurs années ou décennies. En revanche, l'apparition du fontis en surface se fait soudainement (Fig. 2). Le phénomène est alors potentiellement dangereux pour les personnes et les biens situés dans son emprise. La faible résistance des terrains de surface altérés ou constitués de remblais importés augmente la vitesse du phénomène.



**Figure 1 : Coupe schématique d'un fontis**



**Figure 2 : Fontis dans les mines de fer en Lorraine**

GEODERIS<sup>1</sup>, expert public de l'Etat en termes de risque minier, avait défini un certain nombre de zones pour lesquelles les travaux miniers se situaient à moins de 50 m de profondeur. Ces zones d'aléa fontis avaient été tracées d'après le seul critère cartographique. Ainsi, tous les travaux miniers situés sous moins de 50 m de recouvrement étaient considérés comme pouvant affecter la surface. Ces zones à risque ont ensuite fait l'objet d'une reconnaissance et d'une analyse détaillée (sondage, réouverture de galerie, modélisation de la hauteur de remontée du fontis,...). Ces études ont permis de définir des zones de risque fontis. Lorsque des enjeux en surface sont identifiés des surveillances ou des mises en sécurité définitives sont alors prescrites (Fig. 3) par l'Etat au BRGM-DPSM.

### 3. MODALIES DE SURVEILLANCE

Lorsque les travaux miniers sont accessibles par le fond, la surveillance consiste en une inspection visuelle de la zone de risque, en s'attardant plus particulièrement dans les secteurs situés à l'aplomb des maisons (Fig. 3). La fréquence des visites est annuelle. Si une évolution est constatée, la fréquence peut alors être augmentée.

<sup>1</sup> GEODERIS : est un Groupement d'Intérêt Public (GIP) constitué entre le BRGM et l'INERIS. Il apporte à l'État (administrations centrales et services déconcentrés, en particulier les DREAL) une assistance et expertise en matière d'après-mine.

Lorsque les zones à surveiller ne sont pas accessibles par le fond, la surveillance est effectuée par une imagerie 3D des galeries par laser ou sonar via des forages.

En plus de ces mesures, des prises de vues vidéo et photo sont réalisées. Comme pour la surveillance par le fond, la fréquence est annuelle. Les résultats obtenus lors de l'auscultation sont comparés à ceux de l'année précédente.

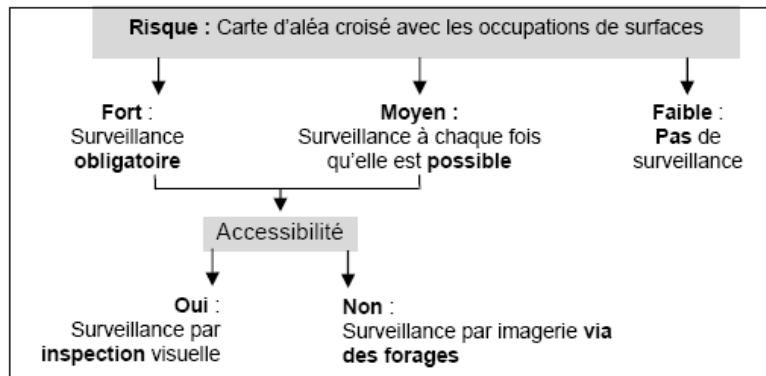


Figure 3 : Logigramme des surveillances

#### 4. INSPECTION PAR LE FOND

La « surveillance fond » est réalisée à l'intérieur de la cavité à surveiller (Fig. 4). Elle est appliquée lorsque la présence au fond d'agents est possible et sans risques majeurs. Elle a pour but de relever tous les signes de dégradation de la cavité et notamment ceux susceptibles d'être à l'origine de remontée de fontis (chutes de toit, niveau de fracturation des piliers, des parements,...) via une analyse qualitative (diagnostic par les agents) ou quantitative (imagerie 3D, instrumentation,...). Elle s'attarde plus particulièrement dans les secteurs situés, à l'aplomb des enjeux sensibles (maisons, route,...). Les zones à risque fort sont ainsi repérées à la peinture et photographiées. Des mesures de hauteur de voûte peuvent être prises avec un télémètre laser.



Figure 4 : Inspection d'une cavité par les agents du BRGM/DPSM dans les mines de fer en Lorraine

Le problème majeur de la surveillance fond est que des agents interviennent dans des mines abandonnées. De ce fait, l'agent doit être apte à travailler dans ce milieu, d'une part, et cette activité présente des risques spécifiques et nécessite de bonnes connaissances des dangers miniers, d'autre part. La surveillance fond impose ainsi de prendre des mesures de sécurité. Des aménagements spécifiques des circuits de visite (Fig. 5 et 6) ont été mis en place par le BRGM/DPSM (balisage, ligne de communication...) afin de les sécuriser.



Figure 5 : Aménagements des circuits de visite réalisés par le DPSM

Un plan de prévention, réalisé pour chaque site, définit les risques ainsi que les équipements et mesures de sécurité adaptés. Ce plan est communiqué au SDIS (Service Départementale d'Incendie et de Secours). Chaque opérateur allant au fond doit être muni des Equipements de Protection Individuels (EPI) adaptés aux conditions d'une mine abandonnée ainsi que des détecteur de gaz (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, CH<sub>4</sub>) et des dosimètre radon si nécessaire. L'agent au fond n'est jamais seul. Avant chaque intervention dans les cavités, le SDIS est informé. Un agent est posté à l'entrée de la galerie pendant toute la durée de l'intervention. Il a la charge, en cas de problème, de prévenir et d'accompagner les secours dans la mine.

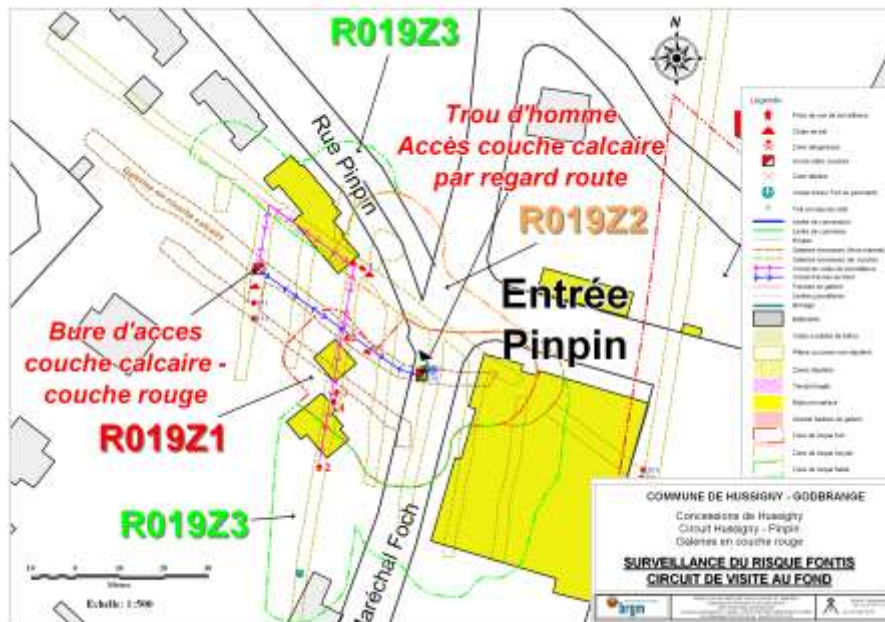


Figure 6 : Exemple de circuit de visite par le fond

## 5. Inspection à partir de la surface

Lorsque les cavités à surveiller sont inaccessibles ou que leur état ne permet pas de garantir la sécurité des intervenants, la surveillance de celles-ci est réalisée par une inspection laser pour les cavités sèches ou sonar pour les cavités ennoyées, via un ou plusieurs forages (Fig. 7).

L'inspection par sonde laser permet de réaliser une cartographie 3D de la cavité ainsi qu'un reportage photographique panoramique et des prises de vues vidéo.

Cette méthode consiste en une acquisition précise de centaines de points dans l'espace grâce à un système d'émission-réception laser. La cavité sèche est ainsi représentée en temps réel par une multitude de coupes horizontales visualisables grâce à un logiciel d'acquisition. Ces points sont ensuite traités grâce à un logiciel qui permet d'obtenir des coupes verticales et une représentation volumique de la cavité.

Lors d'une inspection par sonar, seule une cartographie 3D est réalisée (Fig. 9).

L'interprétation des résultats permet de tracer l'extension maximale de la cavité (Fig. 8). La superposition de celle-ci avec celles des campagnes précédentes ainsi que la comparaison des volumes de vides mesurés permet de déceler une dégradation de la cavité.

Cependant, des évolutions faibles sont difficilement détectables. La présence d'objets métalliques, entraînant une erreur sur l'orientation, ainsi que le ruissellement d'eau le long des parois, déviant le faisceau laser, rendent difficile l'interprétation des résultats.

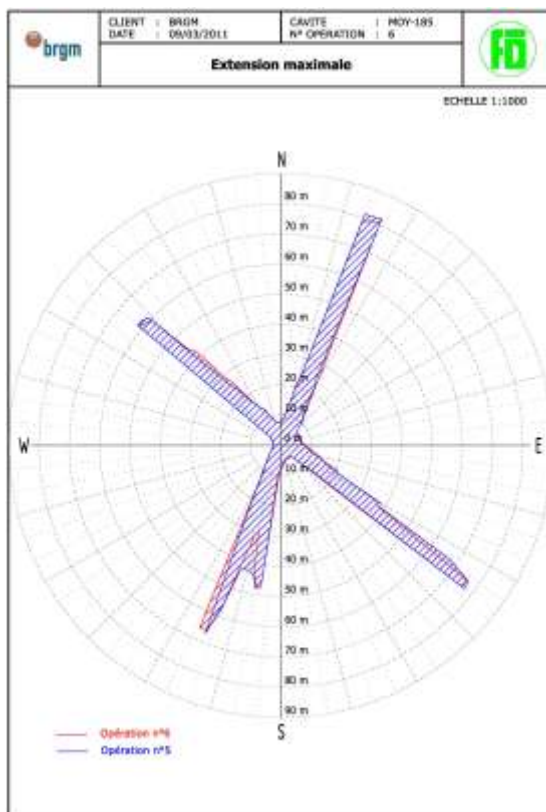


Figure 8 : Superposition des extensions maximales mesurées par le sonar



Figure 7 : Inspection par sonar d'une cavité



Figure 9 : Vue spatiale de la cavité

## 6. CONCLUSION

La surveillance par le BRGM des cavités minières souterraines, dans les zones à risque de fontis, permet à l'Etat de gérer les conséquences de l'activité minière en garantissant la sécurité des biens et des personnes tout en optimisant l'impact économique et social de la mise en sécurité définitive.