

MINE DES CAMOINS (MARSEILLE) – GESTION OPERATIONNELLE D'UNE MINE URBAINE A FAIBLE PROFONDEUR

CAMOINS MINE (MARSEILLE) – OPERATIONNAL MANAGEMENT OF A LOW DEPTH URBAN MINE

Laurence ARATHOON¹,

¹ BRGM – DRP/DPSM – Unité Territoriale Après-Mine Sud, Gardanne, France

RÉSUMÉ – A la demande et pour le compte de l'État, le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM assure la mission de surveillance et d'entretien de l'ancienne mine de soufre des Camoins à Marseille (13). Une mise en sécurité pérenne, généralement par comblement des cavités, s'avère nécessaire dans les secteurs à enjeux (habitations) où l'aléa effondrement est de niveau fort et la mine est très dégradée.

ABSTRACT – At the request and on behalf of the State, the Department of Prevention and Mineral Security (DPSM) of the BRGM ensures the monitoring and maintenance mission of the former Camoins sulfur mine in Marseille (13). Long-term security, generally by filling cavities, is necessary in high-stakes areas (housing) where the risk of collapse is high and the mine is much degraded.

1. Introduction

Le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM mène la surveillance de l'ancienne mine de soufre des Camoins à Marseille (13) à la demande et pour le compte de l'État (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire - MTES).

En effet, le décret n° 2006-402 du 4 avril 2006, modifiant le décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM et portant dispositions transitoires relatives à Charbonnages de France, a confié au BRGM la gestion d'installations de surveillance, suivant des listes fixées tous les ans par arrêtés ministériels dont la mine des Camoins.

Neuf principaux enjeux ont été répertoriés au-dessus de la mine. La surveillance vise à détecter les éventuels désordres au droit de ces derniers. Une alternative au comblement est une surveillance instrumentée.

2. Présentation de la mine

2.1. Généralités

L'ancienne mine de soufre des Camoins est localisée dans le quartier résidentiel éponyme dans les secteurs Est de Marseille. L'emprise des travaux souterrains proprement dits est d'environ 2 hectares.

La mine, globalement orientée Est-Ouest, s'étale sous divers enjeux anthropiques situés à l'aplomb direct ou à proximité, tels que des habitations (4 maisons surmontant directement des vides miniers), des bâtiments annexes (garages, appentis, local technique, etc.), et une petite voie publique (le « chemin des Mines »).

Indépendamment de la chaussée, neuf principaux enjeux exposés ont été répertoriés.

La mine se divise en 3 grandes parties accessibles (cf. Figure 1).

La zone Ouest ou secteur 1, située à l'Ouest du « chemin des mines », considérée comme relativement saine. Elle comprend essentiellement un puits d'accès, la zone supérieure des anciens travaux, la descenderie, et le secteur des grandes chambres.

La zone centrale, ou secteur 2, à stabilité très médiocre. Elle est affectée par de nombreux effondrements du toit.

La zone Est, ou secteur 3, composée de vastes galeries situées sous une prairie, est accessible par un second puits.

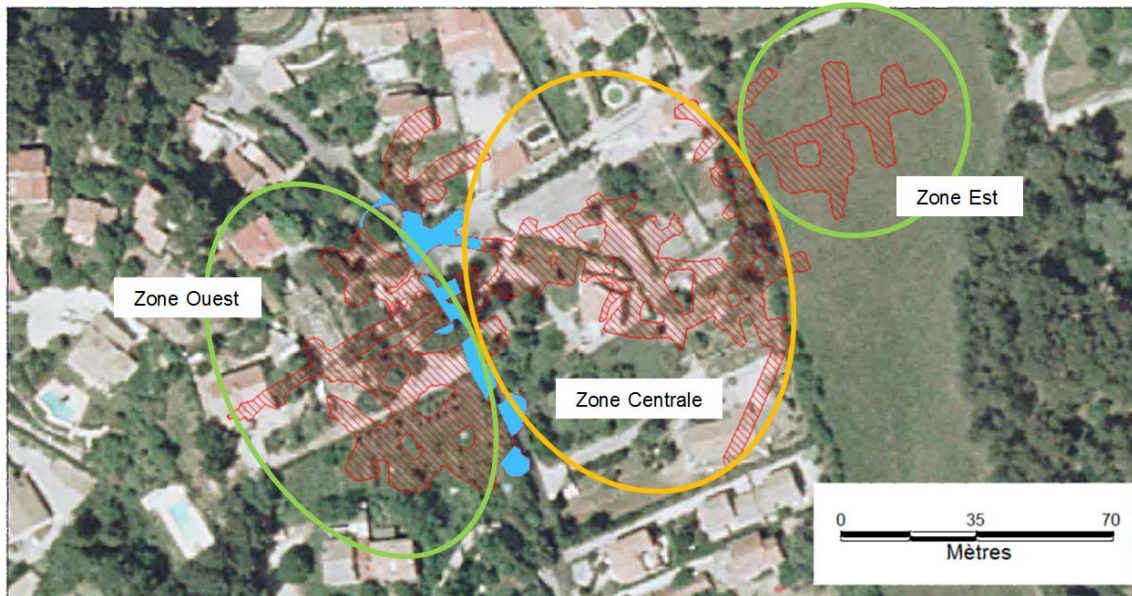


Figure 1. Mine des Camoins – Division en 3 grands secteurs accessibles par le fond

2.2. Contexte minier

La mine de soufre des Camoins a été exploitée entre 1895 et 1963 sur deux concessions : les Camoins à l'Est, et les Accates à l'Ouest. Cette mine a été déclarée comme renoncée le 13 mai 1968 par arrêté préfectoral.

La mine a été exploitée à faible profondeur principalement sur 2 niveaux, en quasi-totalité hors nappe, généralement entre 20 et 30 m de profondeur. L'exploitation s'est faite essentiellement par galeries et chambres d'environ 8 m de hauteur pour les plus hautes. Quelques piliers massifs ont été laissés par les exploitants au niveau des chambres les plus vastes.

2.3. Risques et enjeux

En 2002 les aléas retenus par l'expert minier Géodéris au-dessus de la mine des Camoins sont l'aléa effondrement en masse et l'aléa effondrement localisé.

L'aléa effondrement en masse, localisé dans le secteur de « grandes chambres » situé au Sud-Ouest du domaine minier et débordant sur la voirie. Il est de niveau faible et ne nécessite pas de traitement particulier ;

L'aléa effondrement localisé par rupture de pilier ou rupture de toit. Il s'étend sur une majeure partie de la mine. Un niveau fort est retrouvé dans les zones Ouest et centrale vis-à-vis d'un effondrement par rupture de piliers et vis-à-vis d'un effondrement par rupture de toit.

Après un premier comblement sous la voirie en 2008 et la réactualisation des cartes d'aléas (Lefebvre O, 2011), un programme de travaux de mise en sécurité des enjeux est approuvé par la DREAL PACA en 2013 consistant en le comblement de la partie centrale de la mine sous une habitation et ses abords (enjeu F), zone la plus dégradée de la mine, et le comblement d'une galerie située au sud-ouest de la zone centrale orientée vers une habitation (Enjeu I), compte-tenu de la présence d'une galerie en cours de dégradation continue. Ces travaux de mise en sécurité ont lieu en 2016 (cf. § 4. Travaux de comblement).

Suite à ces derniers travaux de comblement, l'expert minier Géodéris a réévalué les aléas au-dessus de la mine en 2019 (Lefebvre O, 2019). Les conclusions de l'étude mettent en avant la réduction des emprises des zones d'aléa effondrement localisé (cf. Figure 2) et effondrement généralisé.



Figure 2. Mine des Camoins – Comparaison des zones d'aléa effondrement localisé en 2011 (à gauche) et 2019 (à droite) – rouge : niveau fort / orange : niveau moyen

3. Définition de la surveillance

3.1. Protocole

Un levé géotechnique initial a été mené conjointement entre le BRGM et l'expert minier Géodéris en 2012 pour définir les modalités de la surveillance. Le DPSM réalise une inspection visuelle de la mine des Camoins à une fréquence semestrielle et fait évoluer les points de surveillance suivant les observations de terrain.

La surveillance visuelle de l'ancienne mine des Camoins repose sur la comparaison de clichés photographiques à comparer entre chaque visite des piliers fragilisés, des cloches de fontis, des zones ennoyées, des effondrements de toit et parements complétés par le contrôle des zones d'effondrement avec traçage au sol, le marquage des blocs et la mise en place de bâches dans les secteurs affectés par des chutes de toit, des mesures du niveau d'ennoiement, des mesures de convergence mur-toit manuelles et des mesures de fissurométrie sur pilier. Lors de la visite, y sont associés les mesures de contrôle habituelles de l'atmosphère (Arathoon L., 2018). La figure 3 présente les principaux points de contrôle visuels et les points de mesure de convergence (Pierre A., 2018).

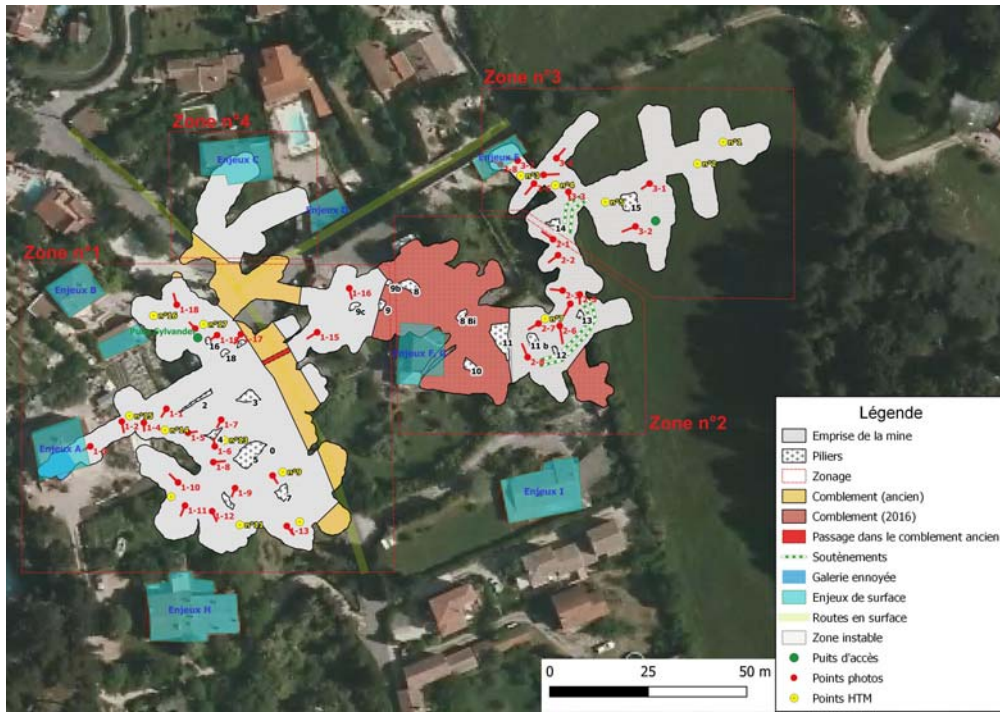


Figure 3. Mine des Camoins – Visualisation des zones inspectées et des points de mesures

3.2. Résultats

3.2.1. Zone Ouest (n°1)

Ce secteur permet de surveiller les cavités au droit des enjeux A, B, G et H (cf. Figure 3). Ce secteur est stable et peu évolutif. Les écoulements argileux, les remontées de fontis et les éboulements présents n'évoluent pas. Les décrochements en provenance du toit et des parements sont inexistantes. Le pilier n° 4, situé dans la chambre principale, est très fracturé, à la limite de la rupture. Des fissuromètres ont été mis en place en 2019 pour évaluer l'évolution multidirectionnelle des fractures. Les premières mesures ne permettent pas de définir une tendance. De plus la comparaison des blocs marqués au sol avec la précédente surveillance montre l'absence de chute continue de blocs. Les mesures de convergence n'indiquent pas de mouvement majeur (cf. Figure 4) entre 2013 et 2018, malgré un écart plus marqué en 2014 au point de convergence n°12.

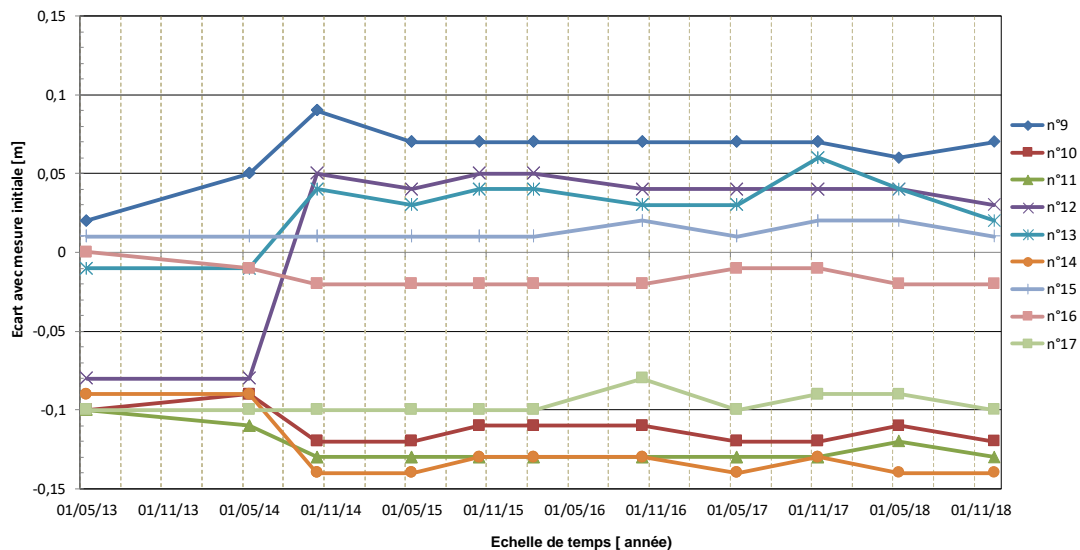


Figure 4. Mine des Camoins – Evolution des écarts de mesures de convergence de 2013 à 2018

3.2.2. Zone centrale (n°2)

Ce secteur permet de surveiller la cavité au droit de l'enjeu F (cf. Figure 3). L'accès à la zone est partiellement sécurisé par un dispositif de soutènement en bois étayé par un chevêtre métallique mis en place lors des travaux de comblement (cf. Figure 5). Néanmoins, Les piliers sont fragilisés et poursuivent leur dégradation : en forme de diabolo pour certains, nombreux écailllements et fractures. Certains sont à la limite de la rupture (cf. Figure 6). Les chutes de blocs en provenance du toit et des parements se poursuivent à un rythme significatif. L'état de dégradation de cette zone est tel qu'il ne permet pas de conserver les points de mesures de convergence à lecture manuelle.



Figure 5. Chemin d'accès sous le soutènement



Figure 6. Chutes de toit

3.2.3. Zone Est (n°3)

Ce secteur permet de surveiller les cavités au droit de l'enjeu E (cf. Figure 3) L'accès se fait via un second puits d'accès creusé lors des travaux de comblement. Les taux en oxygène sont réduits dans la zone (jusqu'à 19 %) et les teneurs en méthane (CH₄) ont augmenté après l'achèvement des travaux. Localement, des chutes de toit importantes sont repérées lors des visites de surveillance. Elles se composent de petites plaques, blocs et débris. Une partie de ces débris tombe sur la bâche mise en place. Les mesures de convergence ne sont pas représentatives d'un mouvement majeur. Seul un point de mesure indique une variation de 2 cm.



Figure 7 : Cavité au droit de l'enjeu G - Ecoulement d'eau via un ancien sondage

4. Mise en sécurité d'enjeux

4.1. Présentation

Après avoir proposé plusieurs scénarii de mise en sécurité, les travaux de mise en sécurité retenus et entrepris en 2016 (leur localisation est présentée sur la Figure 3) ont consisté en le comblement de la zone située sous l'enjeu F, dans laquelle se situent les terrains les plus menaçants, le comblement de la petite galerie rejoignant l'emprise de l'enjeu I menacé par le risque d'effondrement, la création d'un puits d'accès dans la zone 3, Est, pour l'acheminement du matériel pendant la phase de travaux et ultérieurement pour le personnel en charge de la surveillance ainsi que la sécurisation d'un parcours d'accès dans la zone 2, centrale, par un bardage en bois et des étais métalliques. Ce dispositif permettant d'une part d'accéder à la zone de comblement pendant toute la période de travaux, a également pour vocation de maintenir un parcours de surveillance sécurisé dans une partie de la zone 2 (Delmas B., 2017).

En parallèle, une campagne de sondages a été menée de part et d'autre de la voirie pour identifier la largeur potentielle à combler de part et d'autre de la route.

4.2. Déroulement

Les étapes de réalisation du puits ont été le décaissement des sols de surface sur 2 m de profondeur et la réalisation d'une plateforme, la décompression des terrains par une trentaine de forages verticaux de diamètre 200 mm, le creusement des sols meubles à la benne preneuse par passes de 1 m, la réalisation du soutènement à l'avancement : mise en place du ferrailage et mise en œuvre du béton projet et le creusement au rocher en méthode traditionnelle (marteau piqueur) par passes de 1 m avec réalisation du soutènement à l'avancement (identique au sol meuble). L'équipement définitif du puits a été mis en place avec une échelle et un tampon verrouillable en sortie.

Compte-tenu de la présence de radon dans la mine, une ventilation forcée a été mise en œuvre pendant la durée des travaux. Après la mise en œuvre du soutènement provisoire, un dispositif d'étanchéité par polyane a été installé en fond. Des barrages en agglomérats ferrillés avec un socle en béton ont été mis en œuvre en périphérie des zones à combler. Des conduites d'injection en PEHD et des événements ont été installés en toit de galerie pour injecter le coulis de comblement. Le comblement s'est fait par tranches horizontales, la difficulté étant la quantification du volume de béton coulé. Le contrôle des injections a été délicat, l'estimation du volume injecté par tranches horizontales étant peu fiable. Les pertes de coulis ont été plus importantes que prévues mais l'objectif de mise en sécurité des enjeux a été atteint.



Figure 8 : soutènement provisoire



Figure 9 : Mise en œuvre du comblement

5. Perspectives

5.1. En termes de surveillance

Les travaux de comblement d'une partie de la zone centrale de la mine ont permis de réévaluer les aléas et par conséquent le programme de surveillance. De plus, les observations sur site conduisent à renforcer le protocole de surveillance. La visite de surveillance de la zone 1 sera poursuivie, à minima à une fréquence annuelle, pour contrôler les cavités au droit et à proximité de 4 enjeux (habitations). Des fissuromètres supplémentaires sont en cours d'installation au droit d'un pilier très dégradé et des prélèvements sont programmés dans un secteur ennoyé où des dépôts blanchâtres ont été identifiés. Par ailleurs, des aménagements de sécurité (échelle, rampe, plateforme) sont prévus pour accéder à des cavités.

La zone 2 centrale, très dégradée, ne présente plus d'enjeux suite au comblement et ne nécessite donc plus d'inspection par le fond.

La surveillance du secteur 3, à l'Est, est dangereuse pour les agents en charge de la surveillance compte-tenu des chutes de toit régulières et importantes. En attendant le choix d'une alternative de surveillance, la surveillance par le fond se poursuit. Des bâches et repères sont mis en place pour repérer et essayer de quantifier les désordres. Une alternative envisagée à termes est l'installation d'un sondage équipé pour permettre une auscultation vidéo et laser du fond à une fréquence annuelle. Ce dispositif a d'ailleurs été retenu pour surveiller des cavités au droit des enjeux C et D situés dans la partie nord de la mine (cf. Figure 3) et inaccessible par le fond suite aux travaux de comblement de la voirie en 2008. Cette installation est prévue en 2020.



Figure 10 : Mesures de fractures



Figure 11 : Pilier partiellement effondré

5.2. En termes de travaux

Il avait été initialement admis que la voirie pourrait nécessiter un comblement complémentaire de part et d'autre de la route. Après investigations supplémentaires sur l'épaisseur de terrains non foisonnant et réévaluation de l'aléa, il est confirmé que seule une petite cavité peu profonde sous la route subsiste. Le gestionnaire de la voirie sera informé du risque résiduel.

Un renforcement d'un pilier à moitié effondré a été proposé bien que celui-ci ne semble pas présenter d'évolution préjudiciable. Un système de balisage permet de fermer la zone où le pilier s'effondre.

Enfin, une alternative pérenne à la surveillance de la zone Est, serait le comblement de la cavité sous l'enjeu restant. L'avantage de cette alternative est la suppression de la visite par le fond.

6. Conclusion

A la demande et pour le compte de l'État, le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM assure la mission de surveillance et d'entretien de l'ancienne mine de soufre des Camoins à Marseille (13) au titre de l'article L 174 du code minier. Au total, ce sont neuf enjeux qui sont surveillés.

Le protocole de surveillance comprend principalement une inspection visuelle avec des prises de vues, des mesures de convergence toit-mur et des mesures de fissures. Le secteur Ouest de la mine est stable et les mesures de convergence n'indiquent pas de mouvements. Un pilier très fracturé est équipé de fissuromètres. La zone centrale continue de se dégrader rapidement : chutes de blocs de gros volume en provenance du toit, écaillage et fissuration des piliers. La zone Est présente des chutes de toit à proximité de l'enjeu surveillé qui s'accroissent d'années en années.

Des travaux de comblement des cavités sous les enjeux centraux ont été menés en 2016 avec des difficultés pour gérer le volume de béton injecté.

Suite aux travaux, les cartes d'aléas des risques effondrement localisés et généralisés ont été revus, conduisant à une modification du protocole de surveillance : fréquence annuelle dans les zones stables, arrêt de la surveillance dans la zone dégradée.

Par ailleurs, des alternatives à la surveillance par le fond sont engagées par la mise en œuvre de forages avec une inspection par vidéo et laser de cavités non accessibles. En parallèle, la surveillance est optimisée par le renforcement des moyens de contrôle, la mise en place d'équipements de sécurité, et des analyses sur les eaux présentes. Des propositions de travaux sont également émises dans les secteurs à enjeux dangereux.

7. Références bibliographiques

- Alexis P. (2018) – Surveillance par le fond de la mine des Camoins à Marseille (13) – 1er semestre 2018 – Compte rendu de surveillance DPSM/UTAM SUD/2018/n°0592/AP.
- Alexis P. (2018) – Surveillance par le fond de la mine des Camoins à Marseille (13) – 2nd semestre 2018 – Compte rendu de surveillance DPSM/UTAM SUD/2018/n°0142/AP.
- Arathoon L. (2019) – Surveillance de la mine des Camoins à Marseille (13) - Année 2018 – rapport final - BRGM/RP-69007-FR, 70 p., 11 ill., 3 tab, 4 annexes
- Delmas B. (2017) - Mine des Camoins à Marseille (13) - Travaux de comblement partiel de la mine et creusement d'un puits - Mémoire de fin de Travaux - Rapport BRGM/RP-66790-FR.
- Lefebvre O. (2011). Site des Camoins (13) – Travaux de mise en sécurité sous le chemin des Mines - Aléa après travaux et propositions de gestion - rapport GEODERIS S2011/51 DE - 11PAC3301.
- Lefebvre O. (2019). Site des Camoins (13) Mise à jour des aléas mouvement de terrain et propositions de suivi du site suite aux travaux de confortement réalisés en 2016 - rapport GEODERIS 2019/121DE – 19PAC36010.