



# Mise en sécurité d'un pavillon et d'une route départementale situés à l'aplomb d'anciennes exploitations minières de fer à May-sur-Orne (Calvados, France)

Michel Dietz, Matthieu Pelletier, Karim Ben Slimane, Marc Saunier

## ► To cite this version:

Michel Dietz, Matthieu Pelletier, Karim Ben Slimane, Marc Saunier. Mise en sécurité d'un pavillon et d'une route départementale situés à l'aplomb d'anciennes exploitations minières de fer à May-sur-Orne (Calvados, France). Congrès International sur la gestion des rejets miniers et l'après mine (GESRIM), Apr 2012, Marrakech, Maroc. hal-00824351

HAL Id: hal-00824351

<https://hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-00824351>

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.

# Mise en sécurité d'un pavillon et d'une route départementale situés à l'aplomb d'anciennes exploitations minières de fer à May-sur-Orne (Calvados, France)

Michel Dietz<sup>1</sup>, Matthieu Pelletier<sup>2</sup>, Karim Ben Slimane<sup>1</sup>, Marc Saunier<sup>3</sup>

<sup>1</sup> BRGM/DPSM, 3 Avenue C. Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans cedex 2, France, [m.dietz@brgm.fr](mailto:m.dietz@brgm.fr)

<sup>2</sup> DREAL de Basse Normandie, 10, Bd du GI Vanier 14006 Caen, France

<sup>3</sup> Ardoisières d'Angers, 56, rue Albert Camus BP 148 - 49800 Trélazé, France, anciennement BRGM/DPSM

**Abstract:** Several mine stopes located less than 9 metres below the surface in the May-sur-Orne iron ore basin were filled in, on request from the French government, to avert risks of subsidence to a house and a main road lying directly above them.

**Résumé :** A la demande de l'Etat et dans le cadre du code minier français, plusieurs anciennes chambres d'exploitation minière se trouvant à très faible profondeur (moins de 9 m), au droit d'un pavillon et d'une route départementale ont nécessité des travaux de comblement pour assurer la mise en sécurité des enjeux.

*Key words:* May-sur-Orne, iron ore basin, cavity filling

*Mots clés :* bassin ferrifère, May-sur-Orne, comblement d'anciennes cavités minières

## 1. INTRODUCTION : Contexte géologique et minier

Le bassin ferrifère de May-sur-Orne se situe en Normandie à 10 km au sud-sud-ouest de la ville de Caen, il a été exploité, pour l'essentiel par la Société des Mines et Produits Chimiques (SMPC), de 1896 à 1968. Le minerai de fer, d'âge ordovicien, se situe dans un massif dont le mur et le toit sont constitués par des schistes et grès. Ce massif primaire est plissé en un synclinal orienté approximativement est-ouest, atteignant une grande profondeur (Fig. 1). Ce synclinal est recouvert en discordance par une série à dominante calcaire du Jurassique inférieur et moyen, dont l'épaisseur varie de 0 à 60 m. La couche du minerai de fer présente une puissance de 2 à 7 m. Elle se subdivise localement en deux couches distinctes séparées d'un intercalaire réduit.

Au plus fort de l'exploitation, ce sont 700 000 tonnes de minerai qui étaient extraits chaque année. Pour le flanc nord la couche de minerai est quasi verticale (Fig. 1), les travaux miniers s'étendent d'est en ouest sur 3,5 km, ils sont globalement superposés et la zone concernée en surface est relativement réduite. Pour le flanc sud, la couche de minerai présente un pendage de 45° à 65°, les travaux miniers s'étendent d'est en ouest sur 6 km, sont peu superposés et plongent en direction du nord. La profondeur maximale des cavités est de 450 mètres.

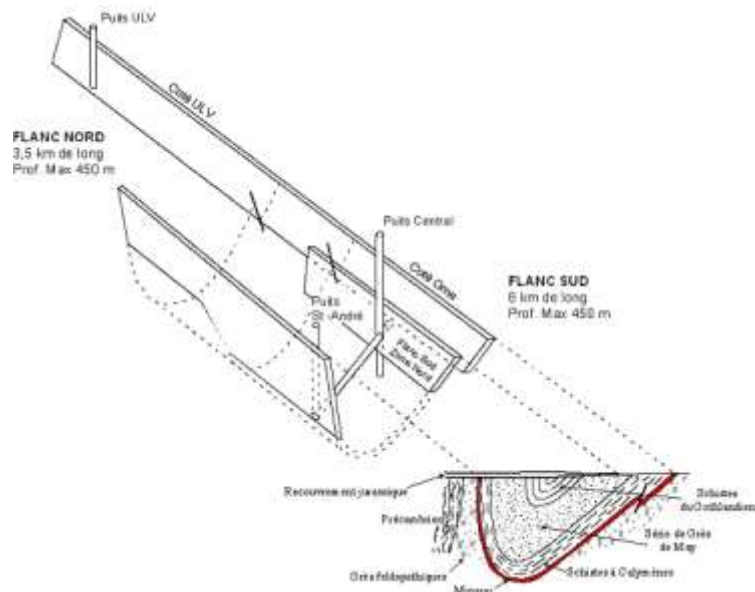


Figure 1 : Bloc diagramme représentatif de la mine de May-Sur-Orne (d'après Maury, 1972)

L'exploitation a été menée sur plusieurs panneaux (Fig. 2) accessibles par des galeries horizontales de niveau, dont les plus superficielles sont surmontées de travaux anciens ainsi que de galeries dites de « morts-terrains », percées en limite ou au sein du recouvrement jurassique. Ces travaux sont donc peu profonds.

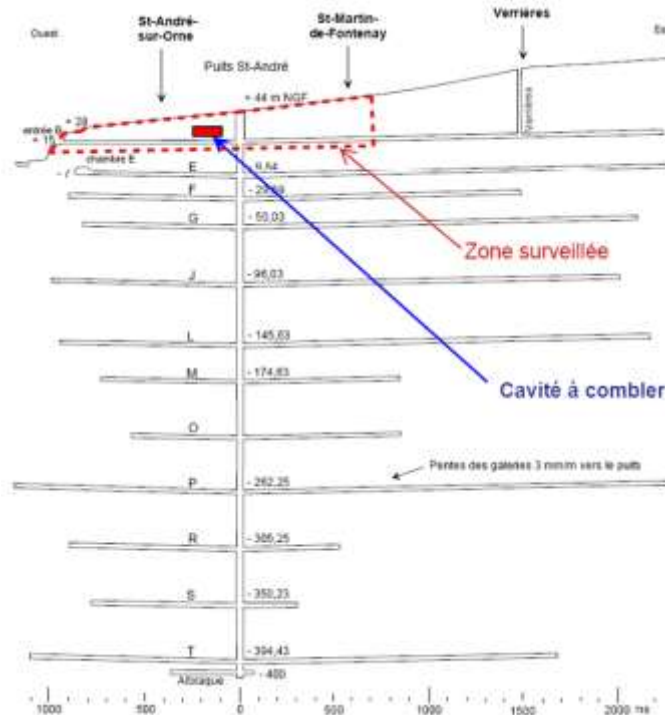
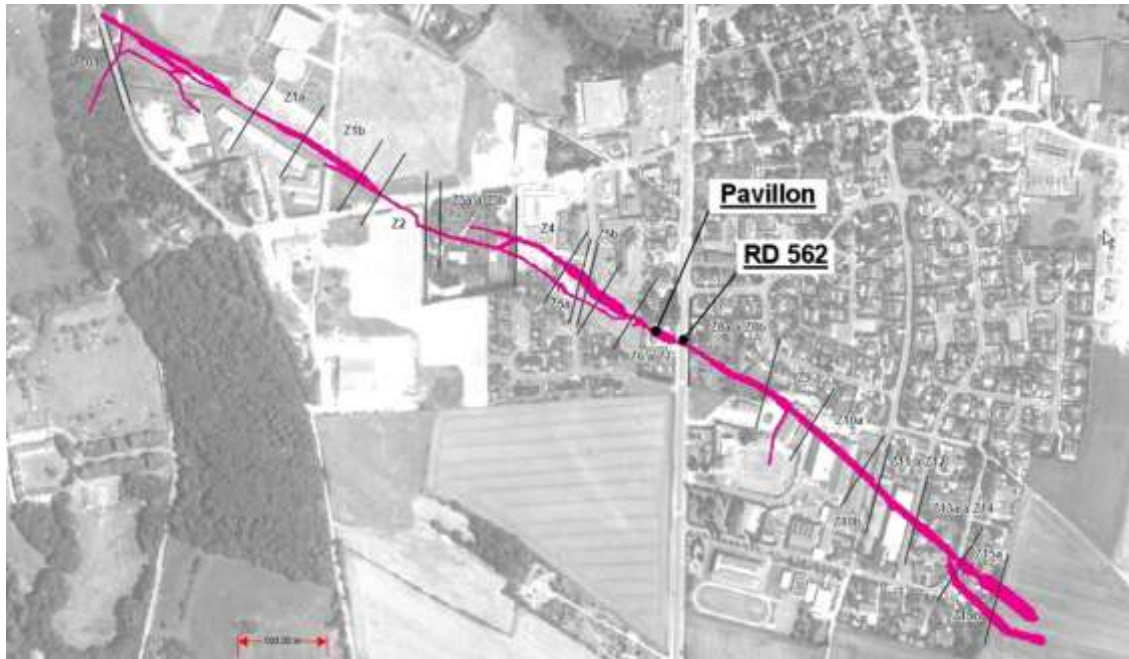


Figure 2 : Vue en coupe (ouest-est) du flanc nord et des travaux miniers

Après la renonciation des concessions minières, les cavités ont été exploitées comme stockage souterrain d'hydrocarbures liquides entre 1971 et 1988. Le stockage a finalement été renoncé en 1994 par arrêté du ministre chargé des mines.

## 2. PROBLEMATIQUES APRES-MINE : Aléas, prévention et mise en sécurité

Depuis 2007, à la demande de l'Etat et suite aux études d'aléas « mouvements de terrain » et à l'évaluation du risque associé conduite entre 2003 et 2006 (Delaunay et al, 2012), des visites de surveillance semestrielles par le fond sont effectuées par le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM sur les flancs nord et sud du synclinal constituant le gisement. Elles ont pour objectif de relever et de suivre l'évolution potentielle des dégradations des galeries ou des toits des chambres des niveaux les plus superficiels et non ennoyés de la mine. Quarante-quatre zones d'enjeux ont été définies de la manière suivante : zones 1 à 15 sur le flanc nord (Fig. 3), et zones 16 à 44 sur le flanc sud.



**Figure 3 : Superposition des anciens travaux miniers du flanc nord avec les enjeux**

Néanmoins, pour des enjeux (habitations, infrastructures...) au droit de cavités minières en cours de dégradation, des recommandations de traitement par comblement ont été préconisées par le service de l'Etat appuyé par son expert en matière de risque minier, GEODERIS. En effet, sur certains secteurs du flanc nord, des zones évolutives (en cours d'éboulement) ont été observées. Le mur de la couche y est particulièrement altéré et la rupture par flambage du mur suivi des piliers horizontaux peut entraîner une augmentation considérable de la portée (> 20 m) de la couronne (Fig. 4). Compte tenu de l'état de fracturation de la couronne et/ou de la mauvaise qualité géotechnique du recouvrement calcaire ces zones ont été considérées comme pouvant évoluer rapidement dans le temps (Franck, 2006). Ainsi, sur le flanc nord, pour d'anciennes chambres d'exploitation minière (zones 6 et 7) se trouvant à très faible profondeur (moins de neuf mètres), au droit d'un pavillon et d'une route départementale, il a été jugé nécessaire de les combler pour assurer la mise en sécurité des enjeux (Fig.3, 5 et 6). Pour se faire, l'Etat a missionné en 2009 le DPSM, il s'agissait de combler 9 chambres d'exploitation, soit un volume d'environ 2 000 m<sup>3</sup>.

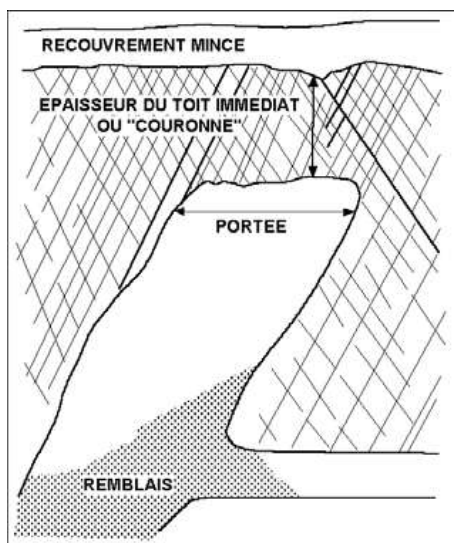


Figure 4 : Schéma général d'une « couronne »



Figure 5 : Superposition de la zone des travaux avec les enjeux



Figure 6 : Vue du pavillon à mettre en sécurité

### 3. METHODOLOGIE SUIVIE ET CONCEPTION DES TRAVAUX

Quatre principes ont gouverné la conception et le déroulement des travaux de mise en sécurité :

- Minimiser, pour les personnels travaillant au fond, la pénibilité des tâches ;
- Sécuriser la zone d'intervention pendant la durée des opérations en souterrain ;
- Assurer l'accessibilité de la galerie de niveau inférieur empruntée pour les visites de surveillance susvisées ;
- Maîtriser le comblement des cavités en termes de volume de matériau utilisé et de qualité du clavage.

Pour satisfaire le premier point le creusement d'un puits d'accès à la zone des cavités à traiter a été proposé, afin de se positionner au plus près des travaux et ainsi de réduire les distances lors de la phase d'approvisionnement du matériel. En effet, l'accès principal de la mine se



situé 900 mètres à l'ouest des zones à traiter et la galerie ne permet pas le passage d'un engin motorisé, car elle est trop étroite et encombrée.

Pour ce qui concerne la sécurité de la zone d'intervention, durant les travaux préparatoires, le personnel de l'entreprise avait remarqué la chute de blocs. Suite à une inspection détaillée, certaines parties des parements dans la zone des travaux se sont révélées instables et dangereuses pour le personnel. Il a alors été décidé de mettre en œuvre des mesures préventives de type confortement et soutènement des zones instables ou écran de protection.

Afin d'assurer l'accessibilité au niveau (B) inférieur, il a été prévu de renforcer le stot entre la galerie de desserte de ce niveau et les chambres sus-jacentes à combler, en coulant une pré-dalle en béton fibré ainsi qu'une dalle en béton armé (Fig. 7). Ces opérations imposaient d'avoir préalablement obturer toutes les trémies en liaison avec la galerie.

Pour la maîtrise du comblement des galerie, aux extrémités est et ouest des chambres à combler, il a été proposé de maçonner deux murs de confinement et d'équiper le mur ouest, à proximité du puits, de fenêtres de visite afin de contrôler le remplissage de la cavité. Neufs forages de remplissage ont été prévus (un par chambre) pour assurer un comblement efficace de la cavité. Une méthode pour contrôler le clivage a été proposée.

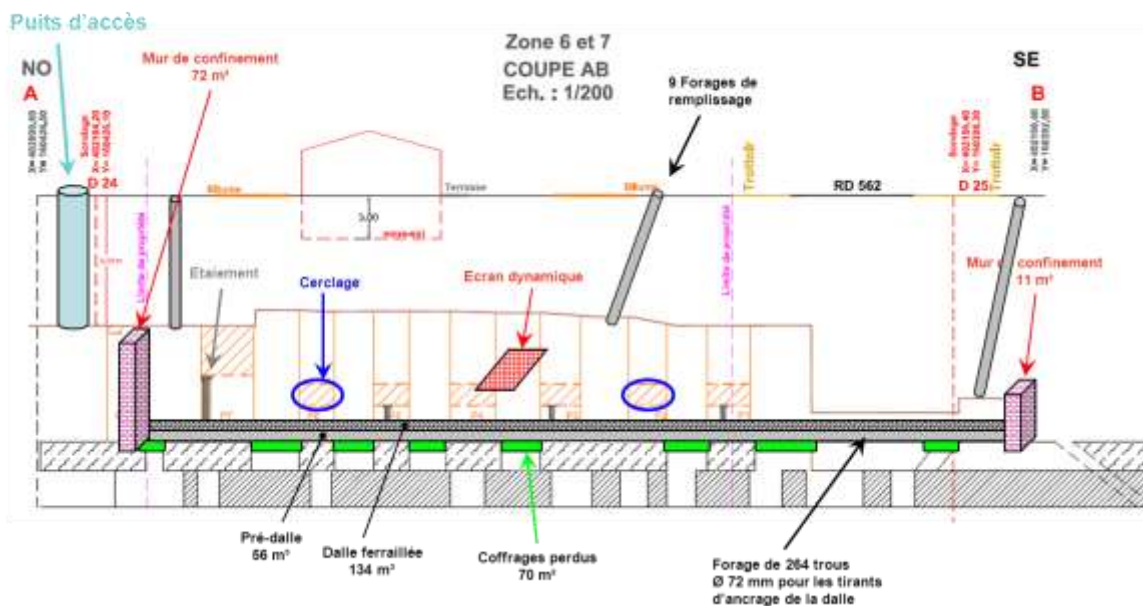


Figure 7 : Schéma de principe de l'ensemble des opérations

#### 4. PHASE D'EXECUTION

La réalisation du puits d'accès s'est déroulée du 15 mars au 16 avril 2010, il a été foré à la tarière en diamètre 1 200 mm jusqu'à une profondeur de 6,20 m. Suite à la traversée d'un terrain plus dur, le diamètre du puits a été réduit à 1 000 mm sur le dernier mètre foré, pour déboucher dans la cavité à une profondeur de 7,50 m. Un cuffat a été confectionné sur mesure pour assurer l'acheminement du personnel et des matériels dans de bonne condition de sécurité.

Les travaux de sécurisation de la zone d'intervention au fond se sont déroulés du 22 avril au 12 mai 2010. Ces opérations ont consisté à (Fig. 8) bloquer des masses instables par étaieage sous certains piliers, ou par cerclage et grillage pour d'autres. La mise en place d'un écran dynamique composé de câbles et nappes métalliques a permis également de se protéger des chutes de blocs en provenance de la couronne d'une chambre.



**Figure 8 : Etagage des piliers**

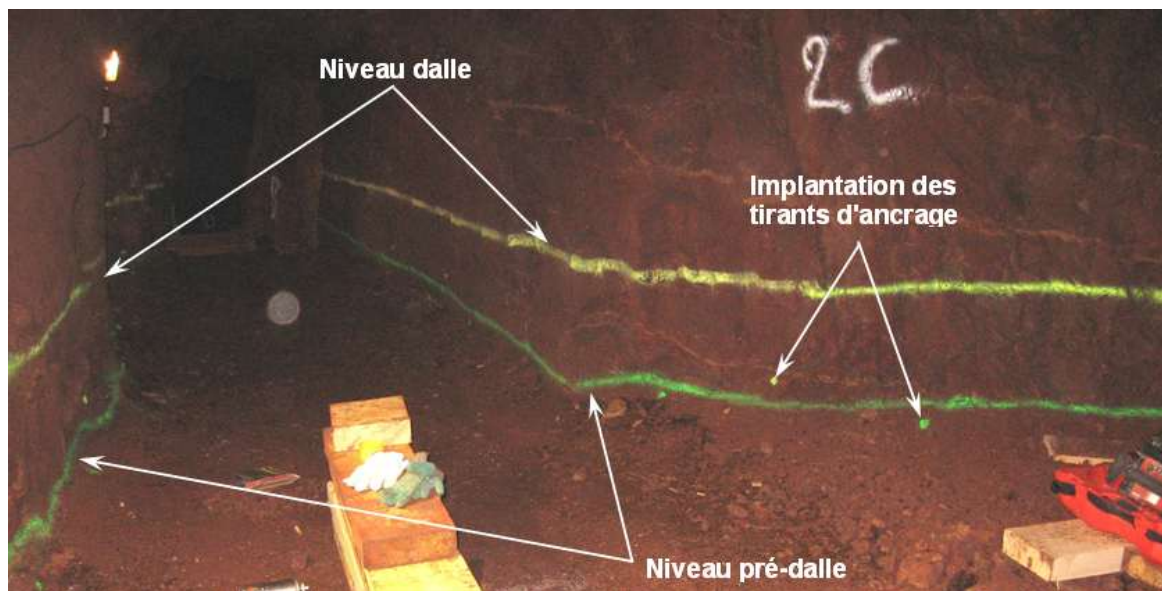
La réalisation du coffrage des trémies s'est déroulée du 13 au 29 avril 2010. Il s'agissait de coffrages perdus permettant l'obturation des 8 trémies (50 m<sup>2</sup>) avec des madriers. Pour éviter des fuites de coulis vers le niveau B, les coffrages ont été étanchés à l'aide de bâches en polyane et de mousse polyuréthane. Des étais lourds ont été placés sous les coffrages de grandes tailles pour les soutenir et ainsi éviter toute rupture lors du coulage de la dalle.

Du 4 mai au 29 juin 2010 les murs de confinement ont été érigés à chaque extrémité du chantier pour isoler les zones à combler. Ces murs, ancrés dans les parements, ont été réalisés avec des blocs de coffrage à couler, ferrillés horizontalement et verticalement (Fig. 9).



**Figure 9 : Montage des murs de confinement**

Les travaux d'implantation des dalles et de pose des tirants d'ancrage des dalles se sont étalés entre le 21 avril et le 1er juin 2010. Après terrassement, un marquage à la peinture, représentant la hauteur de la pré-dalle et de la dalle, a été tracé à l'aide d'un niveau laser sur toute la périphérie des cavités à combler (Fig. 10). Pour l'ancrage des dalles, 264 trous de  $\varnothing 72$  mm et de profondeur 1 m ont été forés, à l'aide d'une carotteuse diamant, et des tirants de  $\varnothing 25$  mm y ont été scellés.



**Figure 10 : Implantation des dalles et des tirants**

Le coulage de la pré-dalle s'est déroulé le 3 juin 2010, cette première dalle de 18 cm, permet de servir de coffrage, de niveler le sol et d'obtenir une surface plane pour la pose des armatures. Une colonne de pompage a été installée dans le puits pour acheminer les  $56 \text{ m}^3$  de béton fibré nécessaire à cette opération.

Les travaux de pose des armatures de la dalle principale se sont déroulés du 4 au 21 juin 2010. Le coulage de la dalle s'est déroulé le 22 juin. Cette seconde dalle de 47 cm, reprend le poids de toute la hauteur du comblement par mortier auto-nivelant. Une colonne de pompage a été installée dans le puits pour acheminer les  $134 \text{ m}^3$  de béton nécessaire à cette opération. Les travaux d'implantation et de forage se sont déroulés du 25 juin au 1er juillet. Neufs forages, débouchant au point culminant de la voûte des chambres, ont été nécessaires pour assurer un comblement efficace de la cavité (Fig. 11).

Le remplissage de la cavité s'est déroulé du 1er au 7 juillet 2010. Au total,  $1\,709 \text{ m}^3$  de coulis ont été nécessaires pour combler la cavité. Le produit a été injecté à distance, au travers d'une conduite, dans les neuf forages à l'aide d'un camion pompe. Afin d'assurer le clavage,  $10 \text{ m}^3$  de coulis de comblement plus liquide ont été coulés dans la partie supérieure de la cavité. La méthode de clavage consiste à faire remonter le produit de remplissage à refus dans les forages de remplissage. La différence d'altitude entre la voûte de la cavité et le niveau du terrain naturel engendre une pression proportionnelle à cet écart, ce qui permet un bon ancrage du produit de remplissage dans le terrain naturel.





**Figure 11 : implantation des forages d'injection en surface**

Au total, avec les phases d'installation du chantier, d'équipement définitif du puits d'accès pour la surveillance, de nettoyage et de repli de chantier, cette opération de mise en sécurité d'une maison et d'une route départementale à l'aplomb d'anciennes cavités minières aura durée près de 4 mois. Le coût total, toutes taxes comprises, de ces travaux s'élèvent à 616 000 €.

## 5. CONCLUSIONS

L'originalité de ces travaux réside dans l'association de travaux réalisés depuis la surface avec ceux effectués en souterrain. Cela a permis de maintenir l'accessibilité de la galerie du niveau sous-jacent utilisée pour les missions de surveillance par inspection visuelle, d'une part, et de mieux maîtriser les volumes de matériau de comblement utilisés, d'autre part. Cela a contribué à rester dans des coûts raisonnables par rapport à la valeur économique des enjeux.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

Delaunay T. et al (2012) : Bassin minier de May-sur-Orne (Calvados, France), Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM). GESPRIM 2012, Congrès International sur la gestion des rejets miniers et l'après mine, Marakech 3-6 avril 2012, in press.

Franck C. (2006) : Convention n°04 2 77 5778 - Bassin minier de May-sur-Orne – Etude des risques liés à la présence de travaux miniers peu profonds : Synthèse des investigations – Avis sur les risques et propositions de mesures de prévention ou de mise en sécurité, rapport GEODERIS W2006/037 – 5BNO3100, 28 p. + 141 p. d'annexes fig., coupes, phot. HT.

Maury V. (1972) : Aménagement de la mine de May-sur-Orne en stockage souterrain d'hydrocarbures. Revue de l'Industrie Minière. Cahier 4 du Comité Français de Mécanique des Roches, p.73-84.