



HAL
open science

Développement des techniques de surveillance des mouvements de terrain induits par une exploitation souterraine : cas de la carrière de gypse de Grozon

F. Remond, Cyrille Balland, A. Armangue

► **To cite this version:**

F. Remond, Cyrille Balland, A. Armangue. Développement des techniques de surveillance des mouvements de terrain induits par une exploitation souterraine : cas de la carrière de gypse de Grozon. Tunnels et Ouvrages Souterrains, 2006, 197, pp.305-310. ineris-00961903

HAL Id: ineris-00961903

<https://ineris.hal.science/ineris-00961903>

Submitted on 20 Mar 2014

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.

Développement des techniques de surveillance des mouvements de terrain : cas de la carrière souterraine de Grozon.

Frank REMOND¹, Cyrille BALLAND¹, Albert ARMANGUÉ²

¹LAEGO-INERIS-INPL, frank.remond@ensg.inpl-nancy.fr, cyrille.balland@ineris.fr,

²BPB Placo, aarmangue@bpb.fr

CONTEXTE

Toute carrière souterraine exploitée par la technique des chambres et piliers abandonnés génère des vides résiduels importants au sein du massif rocheux. La création de ces vides est fonction du schéma d'exploitation, de la profondeur des travaux, de la géologie des massifs, des états de contrainte locaux, et d'autres facteurs susceptibles de provoquer des modifications de l'état du milieu environnant. Ainsi, certaines instabilités peuvent se développer au sein des anciens vides et se propager vers la surface.

Les principales causes de désordres susceptibles de se développer à l'aplomb de travaux profonds résultent généralement de la rupture localisée ou généralisée de piliers. Cette rupture peut notamment résulter d'une mauvaise superposition des appuis engendrant des contraintes de traction et de cisaillement au sein des planches intercalaires. Souvent les instabilités résultent pour partie d'une diminution des caractéristiques mécaniques du fait du vieillissement. C'est la nature du recouvrement qui détermine le risque d'effondrement potentiel susceptible de se produire en surface. Le problème le plus délicat se pose évidemment en terme de gestion du bâti existant, notamment lorsque ce dernier est situé dans des zones présentant des dangers importants vis-à-vis de la sécurité des biens et des personnes.

Lorsque aucunes mesures de confortement des terrains (Collet et al, 2004) ne s'avèrent pertinentes d'un point de vue technico-économique (volume de vide très élevé, travaux profonds, difficilement accessibles ou dangereux...) et qu'il n'est pas possible de conforter ou de déplacer les infrastructures de surface, le recours à la surveillance instrumentée peut constituer l'ultime recours.

La carrière de Gypse de Grozon (Jura) exploitée par la société Placoplatre a retenu l'intérêt autant pour des raisons géographiques que pour les études informatives et d'analyses qui y ont été réalisées par l'INERIS (Didier et al, 1999). Ces travaux ont permis d'identifier d'une part, le risque de ruine des piliers et intercalaires et d'autre part, l'éboulement au carrefour de galeries pouvant se développer en entonnoir de fontis dans les zones de faible recouvrement. Deux réseaux sismiques ont donc été installés afin de surveiller et caractériser l'extension spatiale et temporelle de ces phénomènes dynamiques.

SITUATION GEOGRAPHIQUE

La carrière souterraine de Grozon est située dans la zone du Vignoble, à quelques kilomètres au Nord de Poligny entre Grozon et Buvilly dans le Revermont (Figure n°1). L'entrée dans la carrière souterraine se fait par un tunnel menant aux niveaux d'exploitation jusqu'à cinquante mètres de profondeur.



Figure n° 1 : Localisation de la carrière souterraine de Grozon

FORMATION GEOLOGIQUE

Les couches de gypse d'épaisseur variable, exploitées par galeries, sont inter-stratifiées dans des sédiments à dominante marno-dolomitique du Keuper supérieur représentant le Trias terminal. Un niveau principal, d'une puissance de 10 m, renferme des bancs massifs de gypse saccharoïde. Le gisement comporte deux couches principales de gypse de 1,80 m à 3,80 m d'épaisseur (Figure n°2), séparées par un intercalaire stérile de marnes et dolomies. C'est l'épaisseur importante des terrains de couverture marno-calcaire jusqu'à 50 m d'épaisseur et les techniques de l'époque qui ont conduit à une exploitation souterraine du gisement par la méthode des chambres et piliers. Les piliers de 7 m de côté en moyenne sont distants d'environ 10 m les uns des autres.

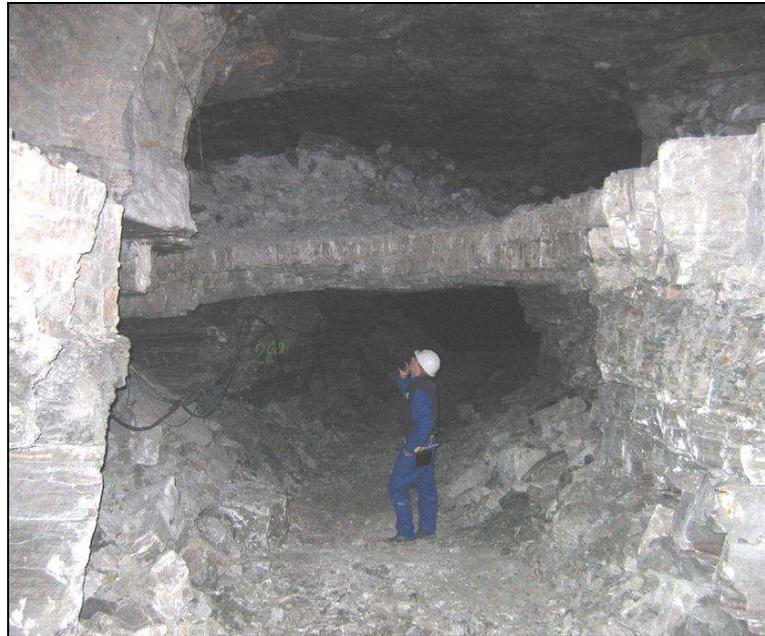
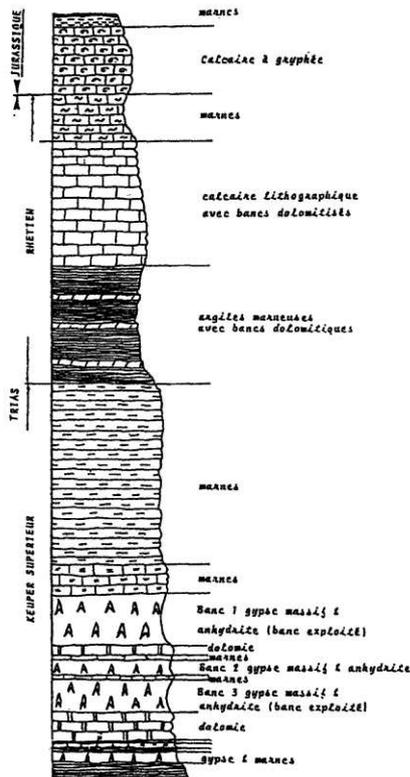


Figure n°2 : Log stratigraphique du gisement et planche de dolomie entre les deux niveaux exploités

L'instrumentation a été mise en œuvre dans un secteur abandonné de longue date. Il présente de nombreuses structures caractéristiques des désordres induits par le champ de contrainte environnant. Cette zone est intéressante pour comprendre l'évolution d'une carrière souterraine, du fait de la grande diversité des instabilités et de leur évolution rapide et visible.

STRUCTURES CARACTERISTIQUES

Parmi les principales instabilités qui règnent dans la carrière de Grozon, le soufflage du mur y est particulièrement marqué. Ce phénomène vient de la combinaison d'une contrainte horizontale localement forte et de la contrainte verticale exercée par les piliers du niveau supérieur sur le mur de la galerie. Les marnes situées entre les couches de dolomie et de gypse fluent vers le centre de la galerie. Les piliers poinçonnent donc la première couche du mur qui bascule et se soulève (Figure n°3). Ces structures en « tente d'indien » parviennent à certains endroits à rejoindre le toit de la galerie.

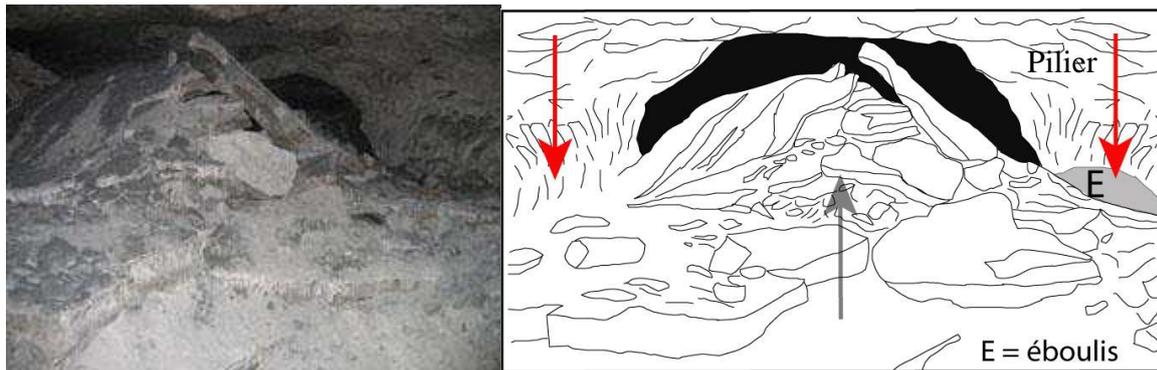


Figure n° 3 : Soufflage du mur d'une galerie

Dans certains secteurs, on peut également observer une destruction complète ou partielle des piliers par fluage horizontal des bancs marneux qui les traversent. Les marnes sont pincées entre le toit et la partie gypseuse du pilier. Le fluage des marnes engendre des contraintes de cisaillement à l'interface entre les marnes et le gypse qui provoquent un écaillage progressif dans la partie haute du pilier (Figure n° 4).

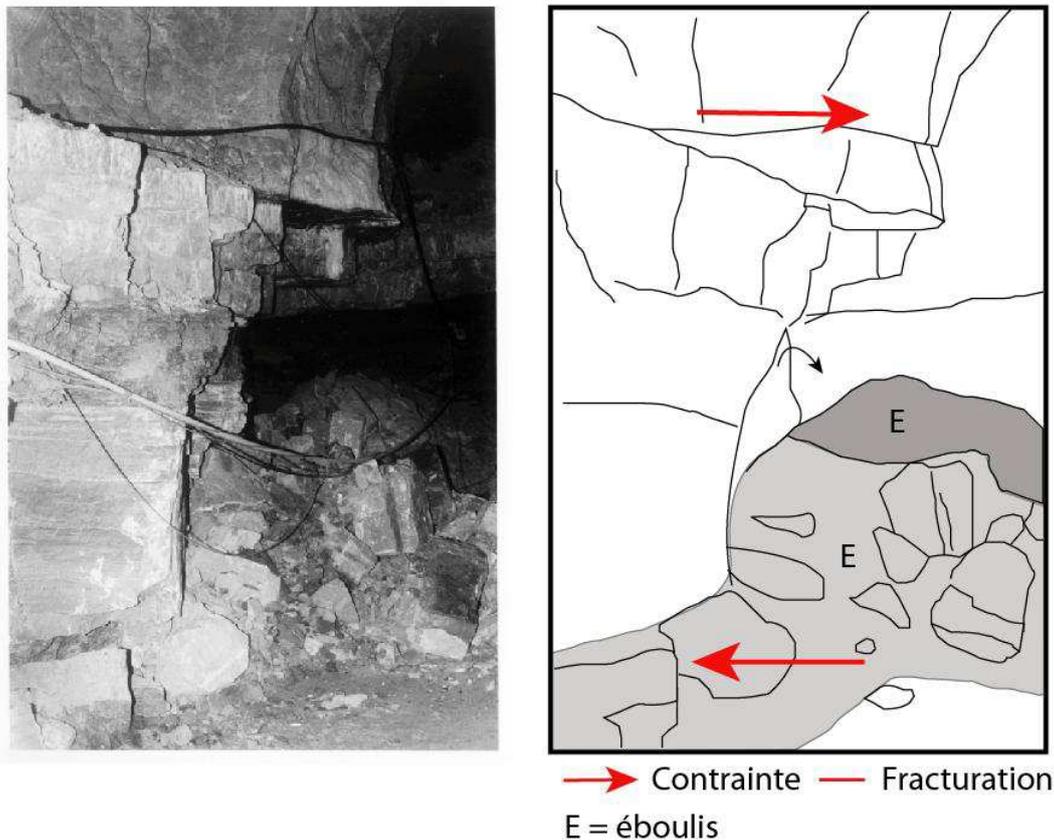


Figure n° 4 : Fracturation d'un pilier

Dans les zones où la superposition des piliers des deux niveaux de gypse est la plus mauvaise, l'intercalaire peut rompre. Dans le cas exceptionnel de la carrière de Grozon, les piliers peuvent alors se retrouver « suspendus » (Figure n° 5). Les piliers concernés ne jouent plus leur rôle porteur. Les contraintes se répartissent donc sur les piliers environnants dégradant d'autant la résistance globale de la carrière, affectant ainsi d'autant la stabilité de la carrière.

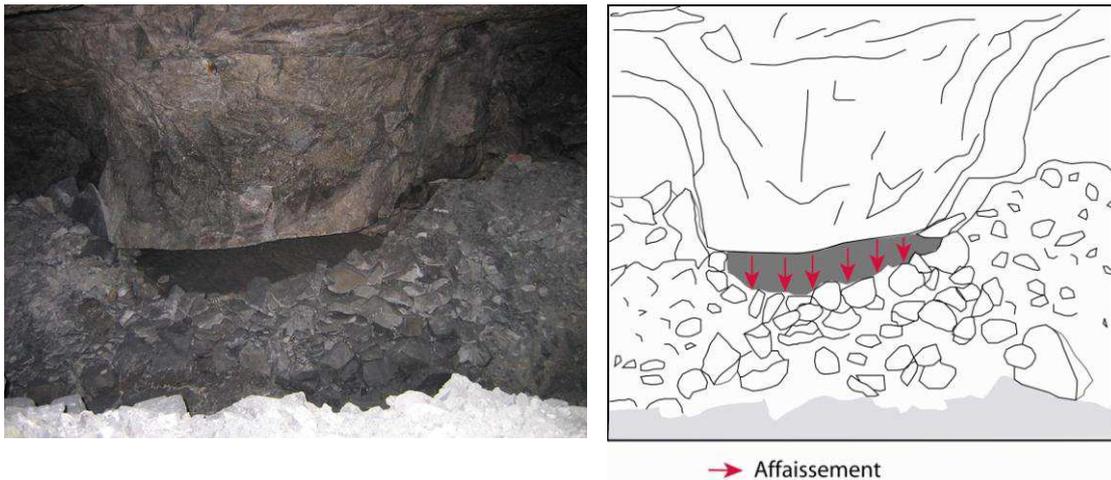


Figure n° 5 : Pilier « suspendu »

Une autre structure est caractéristique des désordres de carrière souterraine notamment à Grozon. Lorsque la résistance du toit d'une galerie n'est plus suffisante, la roche s'effondre par morceaux successifs formant ainsi une cloche d'effondrement. Pour des épaisseurs de couverture limitées, la cloche d'effondrement est susceptible de remonter en surface pour former une cuvette d'effondrement appelée aussi fontis (Figure n° 6).



Figure n° 6 : Cuvette d'effondrement d'un fontis en surface à gauche et cloche d'effondrement en galerie à droite.

INSTRUMENTATION

Pour mieux comprendre et donc anticiper d'éventuels effondrements dans les zones où l'aléa a été évalué comme fort, l'INERIS a choisi d'instrumenter le site de Grozon pour suivre son évolution sur plusieurs années. L'objectif est de mieux comprendre l'évolution des ouvrages souterrains et de proposer un modèle prédictif, pour permettre à terme d'anticiper les effondrements en surface. Il s'agit de deux zones exploitées, la première sur deux niveaux avec des piliers mal superposés et une courverture voisine de 50 m d'épaisseur. Les intercalaires marneux présentent des signes de flexion et de décollement. La deuxième zone correspond à une zone d'aléa fontis avec une courverture de 15 à 20 m d'épaisseur permettant aux cloches d'effondrement de remonter en surface.

L'objectif de l'étude est de comprendre les mécanismes mis en jeu lors d'un effondrement. Les ondes peuvent être générées en particulier par la fracturation du massif ou par la chute des blocs rocheux. Leur analyse permet de mettre en évidence une chronologie des événements et de les quantifier pour remonter aux mécanismes de rupture.

Pour atteindre cet objectif, en mai 2000, 29 capteurs accélérométriques et géophones ont été disposés au toit et au mur des galeries ainsi que dans les piliers (Figure n°8 : vues 1 et 2). Seize d'entre eux sont affectés à la zone multi-niveaux tandis que 13 sont disposés autour de 4 fontis dont le stade de développement est plus ou moins avancé.

Le choix des capteurs sismiques se justifie par la gamme de fréquences attendues pour les vibrations émises par les événements observés. On utilise des capteurs de type accéléromètre pour enregistrer les vibrations de haute fréquence. Ces capteurs sont particulièrement adaptés pour enregistrer les micro-ruptures dans le toit et les piliers. Les capteurs de type géophones sont pour leur part plus adaptés à la détection de signaux de basse fréquence tel que ceux qui sont émis lors de la chute de blocs rocheux. Ils sont donc placés préférentiellement au mur de la couche de gypse afin de détecter les chutes de blocs.

Lors d'un événement sismique lié à la modification de l'équilibre ou à la rupture locale de la roche, l'onde transmise est ressentie par le réseau de capteurs (Figure n°7), transite par un coffret de jonction (Figure n°8 : vue 3) pour finalement être enregistrée par la centrale d'acquisition placée à une distance de sécurité (Figure n°8 : vues 4 et 5).

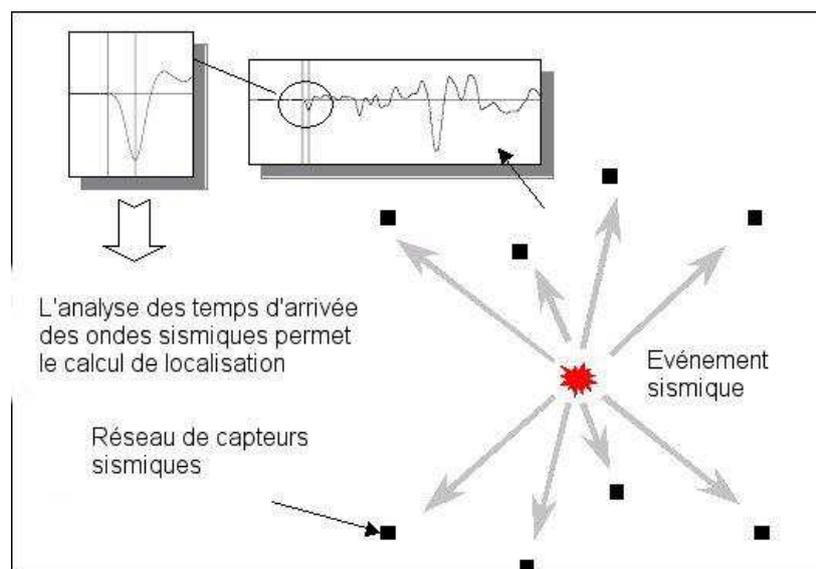


Figure n°7 : Schéma de principe d'analyse d'un événement sismique.



1	2
4	3
	5

- 1 : Sondage de réservations des capteurs
 2 : Accéléromètre en place dans un sondage
 3 : Coffret de jonction des capteurs
 4 : Centrale d'acquisition en galerie
 5 : Opération de traitement des signaux sismiques

Figure n°8 : Planche photographique de l'instrumentation.

RESULTATS DE LA SURVEILLANCE PASSIVE

Pour la zone multi-niveaux, la majorité des évènements microsismiques émis sont dits « courts » d'une durée inférieure à 0,05 seconde avec une fréquence comprise entre 150-2500 Hz. Ils ont été localisés dans l'intercalaire des deux couches exploitées, au niveau de deux piliers particulièrement mal superposés. Ces données montrent clairement que le mécanisme d'évolution instable, qui correspond dans ce cas au poinçonnement localisé de la planche intercalaire et au soufflage du mur, s'articule avant tout sur des points de faiblesse très précis de la zone exploitée, en termes de géométrie et de configuration des chambres et piliers (Figure 9). Cependant, la zone reste faiblement active et ne montre pas d'évolution particulière depuis qu'elle est instrumentée.

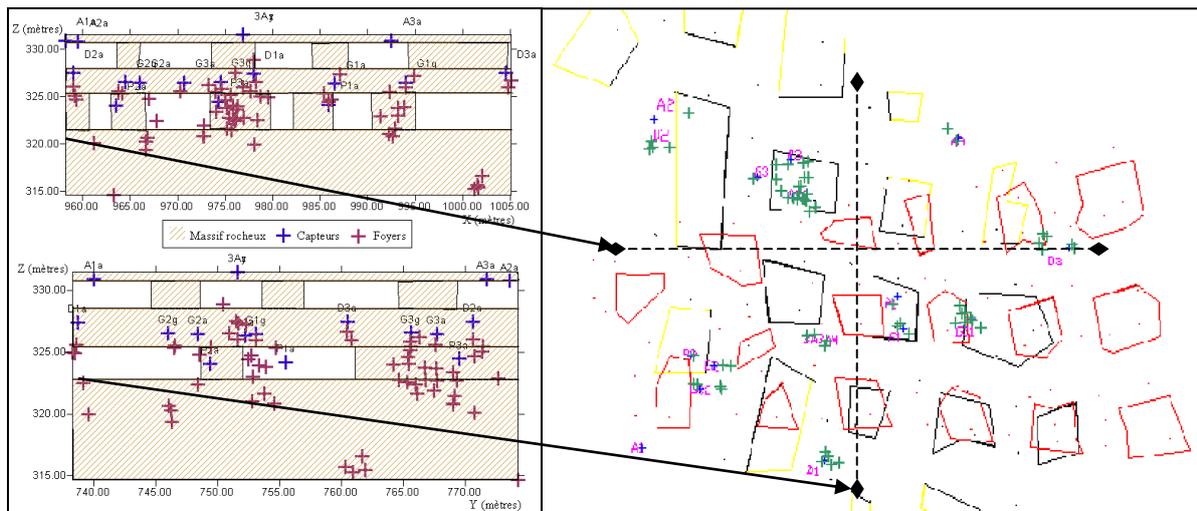


Figure 9 : Profondeurs et localisation des foyers et capteurs de la zone multi-niveaux.

Pour la zone à fontis, les données enregistrées ont montré une concentration marquée autour d'un fontis qui a effectivement plus fortement évolué au cours du temps, et ce selon un régime par palier dont la période du 26 novembre 2002 peut être comparée à une crise paroxysmique. Sur une période de 8 jours, du 23 novembre 2002 au 30 novembre 2002, 158 évènements ont été enregistrés dans la zone 2. C'est-à-dire : 94% des évènements du mois de novembre 2002 et 45 % des évènements de l'année 2002. Les évènements sont situés en majorité autour du fontis le plus actif. Les évènements localisés autour de ce fontis sont alignés dans la direction N120 (direction des fractures régionales). L'étude du mécanisme au foyer de chaque évènement a permis de montrer que les mécanismes sont principalement de type cisailant et se déclarent dans les zones frontières des fontis.

Par ailleurs, la corrélation entre l'activité sismique et la pluviométrie sur le site de Grozon a mis en évidence un lien entre cette crise et une longue période de fortes précipitations en octobre et novembre 2002 (Figure 10). Comme il était supposé, l'infiltration des eaux de pluie semble être le mécanisme initiateur des fontis et de leur vitesse d'évolution.

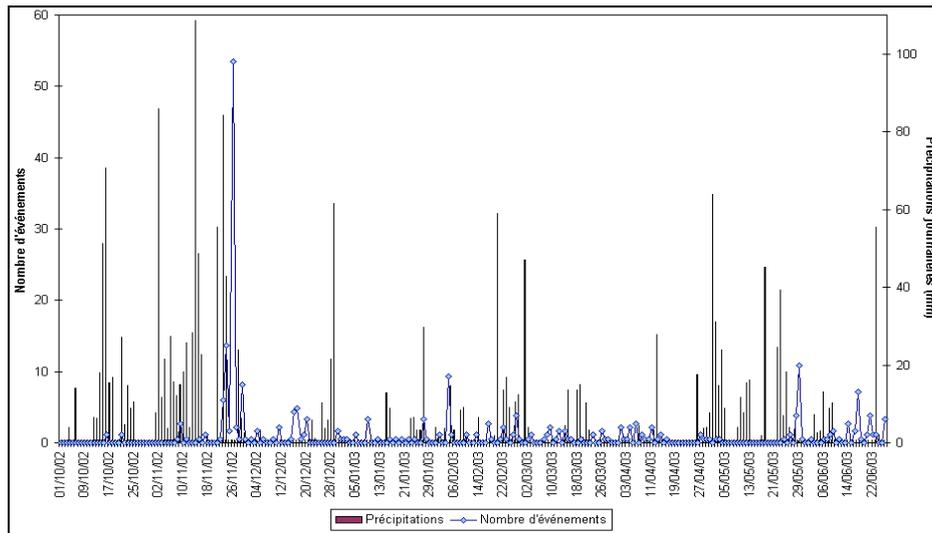


Figure n°10: Précipitations (Auvray, 2003) et nombre d'événements de la zone des fontis

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

A ce stade de surveillance, qui suit son cours, les résultats montrent que l'activité acoustique constitue a priori un bon indicateur des modes d'évolution d'une zone sous-minée telle que la zone à fontis. Mais pour la zone multi-niveaux, compte tenu de la faible activité, il n'est aujourd'hui pas possible de dire si dans le cas particulier des carrières peu profondes, la surveillance mettrait en évidence une variation d'activité avant un effondrement important. Un travail de réflexion a donc été conduit en parallèle sur la faisabilité de déclencher un effondrement contrôlé d'une partie de la zone multi-niveaux avec pour objectifs principaux de :

- caractériser les mécanismes mis en jeu lors de l'effondrement d'une carrière de moyenne profondeur ;
- observer la remontée d'une cloche d'effondrement ou déterminer si les affaissements peuvent être progressifs ou brutaux ;
- définir d'éventuels signes précurseurs enregistrables d'un effondrement ;
- savoir si localement un foudroyage contrôlé peut diminuer l'aléa d'une carrière, connaître les vides ou l'activité résiduelle ;
- estimer dans quelle mesure il est possible d'extrapoler cet effondrement aux autres zones de la carrière et à d'autres carrières du même type à des fins de calage pour une estimation de l'aléa.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient exprimer leurs remerciements au Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et du développement Durable qui contribue au financement de ce programme et à l'exploitant BPB Placo qui nous accueille dans la carrière et nous met à disposition les moyens humains et techniques indispensables à la bonne marche de l'expérimentation.

REFERENCES

Auvray C. 2003 : Vieillissement et comportement rhéologique du gypse. Thèse INPL. Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy.

Collet T., Masrouri F. et Didier C. 2004 : Modélisation de l'influence du remblayage partiel des carrières souterraines. Journée Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur, Lille.

Didier C. et al, 1999 : Evaluation du risque d'instabilité en surface à l'aplomb d'une ancienne carrière souterraine-Principe d'une analyse par onfigurations types, Comptes rendus du 9^{ème} congrès de mécanique des roches, Paris, T1, pp25-30.