HAL
archives-ouvertes.fr

Activité microsismique et caractérisation de la détectabilité des réseaux de surveillance du bassin houiller de Gardanne

Isabelle Contrucci, Mustapha Bennani, Pascal Bigarre, Pascal Dominique

To cite this version:

Isabelle Contrucci, Mustapha Bennani, Pascal Bigarre, Pascal Dominique. Activité microsismique et caractérisation de la détectabilité des réseaux de surveillance du bassin houiller de Gardanne. Journées scientifiques AGAP Qualité 2013, Oct 2013, Nancy, France. pp.NC, 2013.

HAL Id: ineris-00973710

https://hal-ineris.ccsd.cnrs.fr/ineris-00973710

Submitted on 4 Apr 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.

Activité microsismique et caractérisation de la détectabilité des réseaux de surveillance du bassin houiller de Gardanne

Isabelle Contrucci (INERIS), Mustapha Bennani (INERIS), Pascal Bigarré (INERIS), Pascal Dominique (BRGM)
Isabelle.Contrucci@ineris.fr, Mustapha.Bennani@ineris.fr, Pascal.Bigarre@ineris.fr, p.dominique@brgm.fr

ABSTRACT
Mining in Provence have left many underground voids that may cause subsidence or collapse in areas of high population density. Microseismic monitoring networks have been deployed to prevent this risk. Here we present the post-mining microseismic records between 2008 and 2012 and the characterization of networks detectability at different scales.

L'activité minière en Provence a laissé de nombreux vides souterrains qui peuvent provoquer la subsidence des terrains ou des effondrements dans des zones à forte densité de population. Pour prévenir ces risques, une surveillance microsismique a été mise en place dans les zones à fort enjeux. Ainsi depuis l'arrêt des concessions minières de Provence, l'INERIS a installé 5 réseaux de surveillance microsismique sur le bassin houiller de Gardanne qui était exploité par Charbonnages de France. Puis, le BRGM-DPSM en tant que Maître d'ouvrage délégué de l'Etat, a demandé à l'INERIS la poursuite de la surveillance microsismique.
Depuis l'installation de ces réseaux de surveillance, on observe que l'activité microsismique du bassin houiller de Provence est importante, avec plus de 1 100 événements enregistrés entre le 1er janvier 2008 et le 31 décembre 2012. Elle est principalement détectée en dehors des zones de surveillance, au centre du bassin et semble bien corrélée avec la progression du front d'ennoyage (Figure 1). Cette activité a été marquée par une crise sismique importante qui a eu lieu du 1er au 3 novembre 2012 à ~ 2 km à l'ouest de la station de surveillance de Fuveau, durant laquelle les événements les plus forts depuis le début de la surveillance ont été enregistrés (Bennani, 2012).

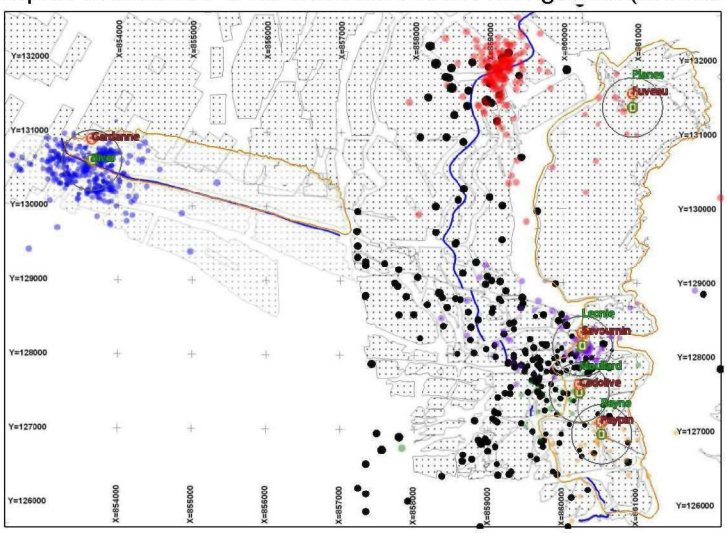

Figure 1 : localisation des séismes enregistrés dans les zones à risque moyen d'affaissement cassant (limites en orange) et dans le bassin houiller de Provence. La ligne bleue marque le front d'ennoyage en janvier 2012

Cette étude fait le point sur les capacités de détection de ces 5 réseaux de surveillance (Figure 2) qui est rendue possible aujourd'hui grâce à une population suffisante d'événements microsismiques enregistrés, auxquels ont été ajoutés des événements régionaux également détectés par le réseau du CEA/LDG (Laboratoire de détection géophysique du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) (Figure 3). La complétude du catalogue enregistré dépend de la détectabilité des réseaux que nous avons quantifiée à l'échelle locale (distances épicentrales inférieures à 400 m) dans les zones à risque, à l'échelle du bassin (distances épicentrales inférieures à 10 000 m) et à l'échelle régionale (distances épicentrales supérieures à 10 000 m). Ces capacités de détection dépendent des caractéristiques de chacune des stations, de leur répartition spatiale et de la variation de cette géométrie dans le temps, des conditions locales d'implantation des sondes, du bruit environnant ainsi que des stratégies d'acquisition et de traitement utilisées (Woessner & Wiener, 2005).

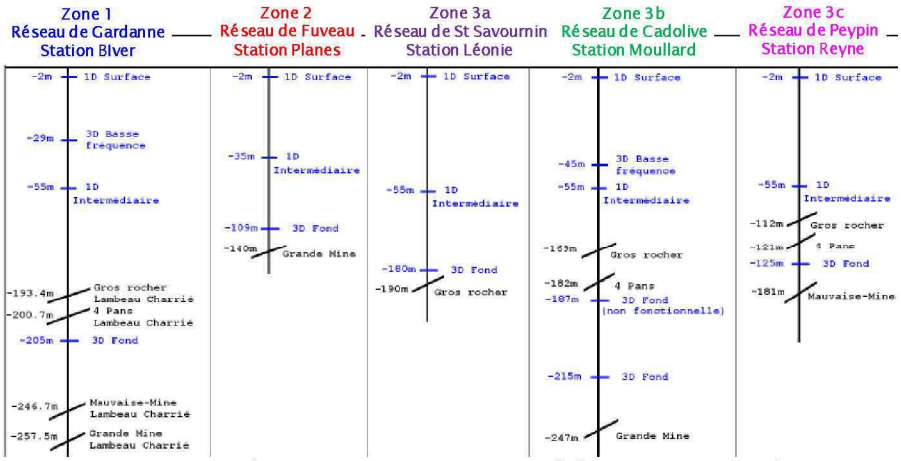

Figure 2 : dispositif d'acquisition microsismique déployé dans le bassin houiller de Provence.

Rappelons que les réseaux de Provence ont été conçus pour détecter les signes précurseurs à une instabilité minière qui se développerait dans les zones à risque situées dans un rayon de 400 m autour des stations de surveillance. Cette approche a d'ailleurs été préalablement validée par une expérimentation sur le secteur du Rocher Bleu (Driad, 2005) (zone ouest en orange). En revanche, ces réseaux n'ont pas été conçus pour une surveillance à l'échelle régionale ni à celle du bassin, même si ce type d'événement est cependant détecté par les sondes. La détectabilité examinée dans cette étude fait référence à la détection automatique des événements sismiques sur seuils de déclenchement prédéfinis. La même analyse réalisée sur les enregistrements effectués parallèlement en continu montrerait certainement une meilleure détectabilité aux échelles du bassin et régionale. Les diagrammes de détectabilité ont été réalisés pour chacune des stations du réseau (Figure 4, exemple de diagramme).

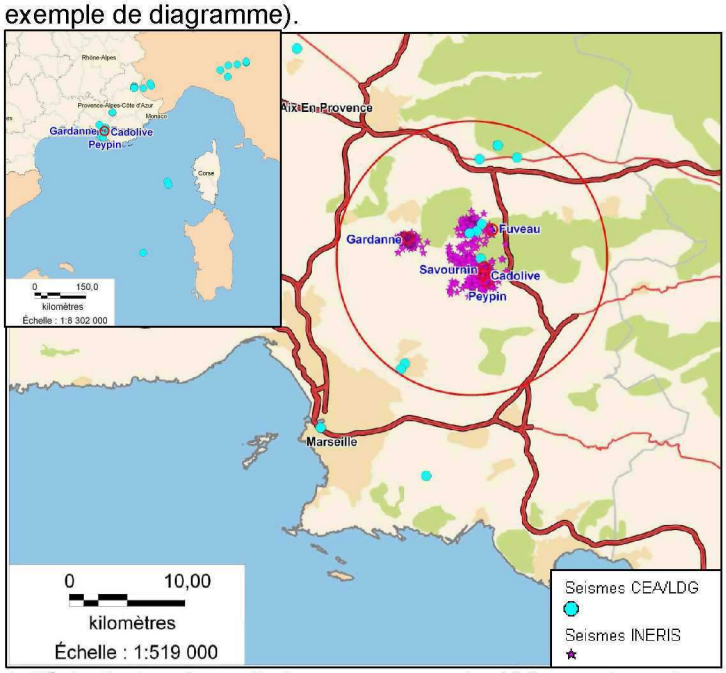

Figure 3 : localisation des événements utilisés pour cette analyse de détectabilité, à l'échelle régionale et du bassin.

A l'échelle locale, soit dans un rayon de 400 m autour des sondes, dans les zones de surveillance 1 (Gardanne) et 3 (St-Savournin, Cadolive et Peypin), la magnitude de complétude, c'est-à-dire la magnitude à partir de laquelle le catalogue sismique est considéré comme complet (e.g. Gentilly et al. 2011 ; Nanjo et al. 2010 ; Woessner & Wiener, 2005), est de -0.5 et la b-value (valeur caractérisant la décroissance du nombre d'événements en fonction de leur magnitude) a été estimée à 0.4. Cette valeur conforte l'origine minière induite de la sismicité enregistrée. Pour la sismicité naturelle, la b-value est en générale voisine de 1.

A l'échelle du bassin (< 10 000 m), les limites de détection des stations apparaissent clairement. Par exemple, au-delà de 2 000 m de distance épicentrale de chaque station considérée indépendamment, les événements de magnitude inférieure à 1 ne sont plus détectés. Un événement de magnitude 2 n'est plus détecté au-delà d'une distance épicentrale d'environ 4 000 m. La sonde 3 composantes 40 Hz de la station Reyne du réseau de Peypin semble être la moins sensible des cinq stations aux

distances épicentrales considérées. Une étude de l'environnement géologique et structural local pourrait permettre de comprendre les raisons de ce contraste de détectabilité.
A l'échelle régionale, soit au-delà de 10 000 m de distance épicentrale, la sonde sismique basse fréquence (4.5 Hz) implantée en 2010 au niveau de la station Moullard (Cadolive) se révèle évidemment plus sensible aux séismes régionaux que les sondes microsismiques 40 Hz.

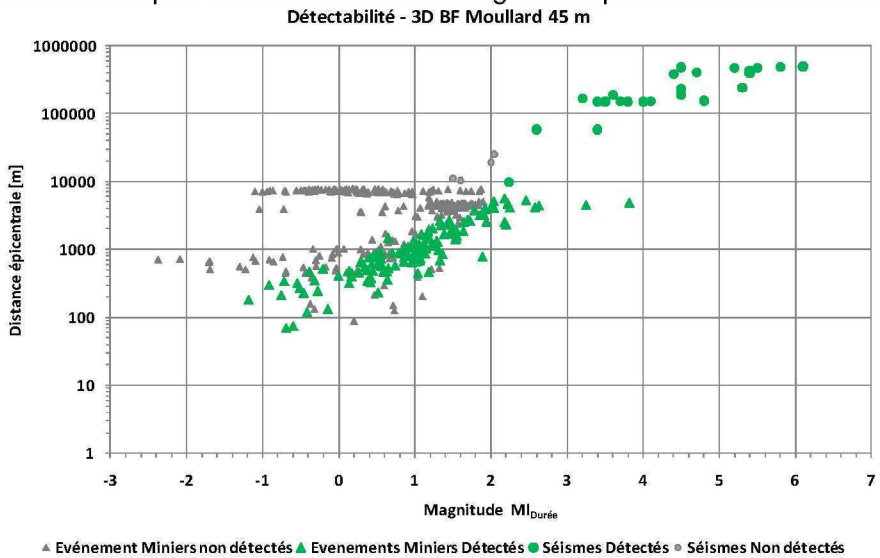

Figure 4 : Diagramme de détectabilité de la sonde 4.5 Hz de Cadolive (Moullard).

A la lumière de ces résultats, 13 événements détectés par des stations du réseau national du CEA/LDG ont été examinés en termes de détection par les stations microsismiques des réseaux de surveillance, en vue d'évaluer la cohérence globale des données disponibles (Figure 5). Parmi ces 13 événements :

- 4 événements de magnitude inférieure ou égale à 2 sont situés à au moins 6500 m de distance épicentrale des sondes, soit en dehors de leur rayon de détectabilité. Ils n'ont donc pas été détectés par les réseaux locaux ;
- 3 événements de magnitude 1.3 à 2.1 ont été détectés à la fois par les réseaux de Provence et le LDG/CEA. La localisation de deux d'entre eux, sur la base des signaux enregistrés localement, les ramène dans les rayons de détection des sondes microsismiques pour des magnitudes de l'ordre de 2. Dans ce cas, l'écart avec la localisation du LDG peut être important ;
- 4 événements de la crise de Fuveau-Gréasque de novembre 2012, de magnitude 1.3 à 2.2, ont été perçus par les deux réseaux à la fois. La localisation par le CEA/LDG de l'événement le plus fort se situe à plus de 3 km de la zone de ressenti macrosismique des séismes, alors que la localisation par le dispositif de surveillance microsismique de Provence est cohérente avec les témoignages des riverains ;
- 1 événement de magnitude 2.2 n'a été détecté que par la sonde BF (Basse Fréquence) de Cadolive (Moullard) 4.5 Hz. Le CEA / LDG positionne cet événement en limite de détection de cette dernière sonde et hors de portée de l'accéléromètre de Gardanne (Bive)r. Le signal émergeant de la sonde BF de Cadolive (Moullard) correspondant à cet événement n'a pas permis sa relocalisation ;
- 1 événement fort de magnitude 5.3, situé à environ 250 km des réseaux de Provence a bien été détecté par toutes les sondes 40 Hz et BF 4.5 Hz et accélérométrique des réseaux de Provence, à l'exception de la sonde 40 Hz de la station de Peypin (Reyne).

Figure 5 : position des événements détectés par le CEA/LDG (ronds bleu) situés dans un rayon de l'ordre de 30 km autour des réseaux de surveillance de Provence. Les pointes de flèches indiquent la localisation INERIS des mêmes événements à partir des signaux enregistrés par les réseaux de surveillance microsismique de Provence. Les cercles en rouge pointillé indiquent les limites de détection d'un événement de magnitude 2 par les stations microsismiques.

En conclusion, la détection ou non détection des 13 événements est globalement cohérente avec les résultats de l'analyse de détection. Notons que les écarts de localisation entre les positions du CEA/LDG et celles de l'INERIS peuvent dépasser 15 km, soit environ la dimension du bassin minier. Enfin, il est établi conformément à l'objectif de surveillance, que la capacité de détection d'événements de faible magnitude (précurseurs), au sein des zones à risque est satisfaisante.

Compte tenu de l'activité sismique d'importance assez inattendue accompagnant l'ennoyage des travaux miniers au centre du bassin, il est proposé, afin d'optimiser la surveillance à l'échelle du bassin en termes de détectabilité et de qualité des localisations d'installer au moins deux sondes supplémentaires large bande 4.5 Hz en forages profonds, de manière à s'affranchir des bruits de surface et augmenter ainsi la sensibilité du système de détection. En outre, ce dispositif complémentaire permettrait de mieux calibrer les critères de surveillance sur les zones de risque moyen d'affaissement, à partir d'enregistrements sur des crises survenues dans des contextes similaires. Le choix de leur implantation est guidé par le souci de la bonne répartition azimutale des stations et la complétude de la couverture du bassin minier, notamment dans les zones d'ombre au centre du bassin. Ces sondes pourraient se situer au niveau du réseau de Fuveau et au centre-sud du bassin, en limite des rayons de détectabilité des événements de magnitude 2.

Références

Bennani, M., Note d'expertise complémentaire relative aux événements microsismiques ressentis en surface dans la zone de Fuveau – Gréasque, dans le bassin minier de Gardanne, DRS-12-126881-12578A.

Driad L. 2005, Expérimentation de calage microsismique sur le site de Rocher Bleu (Fuveau, Provence), DRS-05-48250/RN02.

Woessner, J. & Wiemer, S., 2005. Assessing the quality of earthquake catalogs: estimating the magnitude of completeness and its uncertainties, Bull. seism. Soc. Am., 95(4), 684–698.

Gentili S., M. Sugan, L. Peruzza, D. Schorlemmer Probabilistic completeness assessment of the past 30 years of seismic monitoring in northeastern Italy Physics of the Earth and Planetary Interiors 186 (2011) 81–96, doi:10.1016/j.pepi.2011.03.005.

Nanjo, K.Z., Schorlemmer, D., Woessner, J., Wiemer, S., Giardini, D., 2010b. Earthquake detection capability of the Swiss Seismic Network. Geophys. J. Int. 181, 1713–1724, doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04593.x.

Mots clefs : surveillance microsismique, instabilité post-minière, ennoyage, détectabilité