

Après-mine

En concertation avec les régions minières et avec d'autres organismes de recherche, le BRGM a été chargé par l'État de mener des recherches pour comprendre l'évolution des vides laissés après la fermeture des anciennes mines. Les travaux d'observation, d'expérimentation et de modélisation concernent la stabilité à long terme des travaux souterrains soumis à l'ennoyage, l'impact sur la qualité de l'eau et les émanations de gaz, la détection et le suivi de l'évolution des vides et la gestion des risques liés à l'abandon des ouvrages. Au-delà, l'étude des différents potentiels des eaux d'ennoyage des vides miniers ouvre de nouvelles pistes de recherche : alimentation en eau potable ou industrielle, valorisation thermique...



Ancienne mine de charbon de la Mure dans l'Isère.
© BRGM - François Michel.

Programme

APRÈS-MINE

P. 80

Étudier les problématiques d'instabilité des terrains, de modification des écoulements de l'eau, de pollution de l'eau, de valorisation des eaux d'ennoyage, *via* des travaux d'observation, d'expérimentation et de modélisation.

COORDINATION

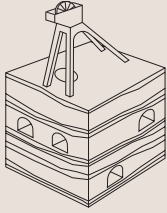
Laurent Le Bel

coordinateur du domaine Après-mine,
direction de la Recherche

François Blanchard

correspondant Recherche,
direction Risques et Prévention





PROGRAMME APRÈS-MINE

Gestion des risques et valorisation des hydrosystèmes liés aux mines abandonnées



Laurent Vaute,
responsable de programme.
Hydrogéologue

Après exploitation et selon la réglementation en vigueur, les mines sont sous surveillance pour éviter les impacts sur l'environnement : instabilité des terrains à l'aplomb des excavations, modification des écoulements de l'eau et pollution de celle-ci... Outre des conditions environnementales propres au site, ces impacts dépendent de la substance exploitée, du mode d'exploitation mais également du type d'abandon. Les projets de recherche Après-mine du BRGM s'intéressent à l'ensemble de ces problématiques mais également aux potentiels de valorisation des eaux d'ennoyage, *via* des travaux d'observation, d'expérimentation et de modélisation. Ils sont menés en collaboration avec les organismes de recherche associés au sein du Gisos, le groupement d'intérêt scientifique sur la sécurité des ouvrages souterrains. En 2011, la première phase du projet Gesmine 3D a abouti à la construction d'un modèle géologique régional 3D du bassin minier de Gardanne, en région PACA. Deux nouveaux projets, engagés en 2012, portent sur l'évolution hydromécanique du bassin de Gardanne et la métrologie d'un affaissement minier sur le site d'Angevillers, en Lorraine.

ÉQUIPE & PARTENAIRES DU PROGRAMME

Effectif

4 équivalents temps plein,
dont 1 doctorant.

Partenariats

INERIS; Université de Lorraine (École nationale supérieure de géologie de Nancy et École nationale supérieure des Mines de Nancy); Mines ParisTech; Solvay.

ZOOM SUR GESMINE 3D

LA GESTION DES ANCIENNES MINES EN 3D

Sur le bassin minier de Gardanne (Bouches-du-Rhône), le Département Prévention et Sécurité minière du BRGM dispose de bases de données importantes compilées lors de l'exploitation du charbon. Ces données sont complétées de nouvelles issues de la phase de surveillance provenant de réseaux actifs micro-sismiques, piézométriques, qualité des eaux, gaz, altimétriques... mettant en œuvre des technologies variées de mesure.

Les problématiques d'après-mine rencontrées dans ce bassin sont multiples et concernent tant le fonctionnement hydrogéologique du réservoir minier et des nappes associées, la qualité des eaux et son



Antonio Guillen, géophysicien.

évolution, que le vieillissement des ouvrages, les risques sismiques, la valorisation des anciennes mines noyées pour l'alimentation en eau potable ou industrielle, la géothermie... Le BRGM a engagé un vaste projet de modélisation géologique 3D du site par phases successives pour faire la démonstration de la représentation fine de ces systèmes à partir des données historiques, liées à l'exploitation de la ressource et de celles issues des phases de surveillance.

En 2011, la première phase du projet Gesmine 3D a abouti à la construction d'un modèle géologique régional 3D du bassin minier, réalisé avec le logiciel 3D GeoModeller (BRGM-Intrepid geophysics).



Pile stratigraphique décrivant l'ensemble des formations à modéliser ainsi que leur relation (surface d'érosion ou de dépôt).

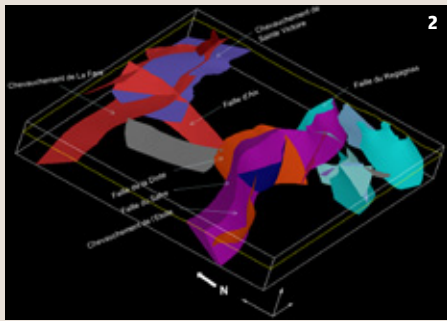
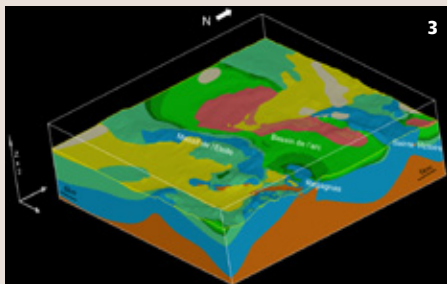


Schéma structural décrivant l'ensemble du réseau de failles pris en compte dans le modèle régional.



Vue 3D du modèle régional depuis le Sud-Est, décrivant la géométrie des formations et prenant en compte le réseau de failles (figure 2), avec un facteur 2 d'exagération verticale.

Un modèle régional géologique 3D du bassin minier de Gardanne, base de la réalisation d'un modèle à l'échelle de la mine.

Ce modèle doit servir de support pour les modélisations et études futures (hydrogéologiques, stabilité des ouvrages, chimie de l'eau et son évolution, sismicité induite...).

Pour construire le modèle géologique 3D du bassin minier de Gardanne à l'échelle régionale, toutes les données disponibles ont été utilisées : coupes de sondages (BSS: Banque de données du sous-sol), cartes géologiques à l'échelle 1/50000 et 1/250000, coupes 2D issues de la bibliographie et des lignes sismiques... La première étape de la modélisation géologique 3D consiste en la compréhension de la géologie régionale et sa retranscription simplifiée au niveau structural et stratigraphique. La pile stratigraphique établie représente l'histoire géologique de la région, en tenant compte des formations géo- ▶

SUR LE WEB

● <http://gisis.ensg.inpl-nancy.fr>

PUBLICATIONS

- Jousset P., Rohmer J. (soumis) - Evidence for remotely triggered micro-earthquakes during salt cavern collapse. *Geophysical Journal International*.
- Lebert F., Bernardie S., Mainsant G., 2011. Hydroacoustic monitoring of a salt cavity: an analysis of precursory events of the collapse. *Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 11, pp. 2663-2675.*
- Reichart G., Vaute L., Collon-Drouaillet P., Buès M., 2011. Modelling heat and salinity related convective processes in deep mining flooded wells. In *International Mine Water Association Congress 2011 - 04-11/09/2011 - Aachen - Germany, pp. 183-187.*
- Stephan J., Courrioux G., Gabalda S., Guillen A, Dheilly A., 2012. 3D regional model of the Arc Basin (South of France) to respond to after-mining needs. In *34th International Geological Congress, World Congress 2012 - Brisbane.*
- Vaute L., Le Pape P., Collon-Drouaillet P., Fabril R., 2010. Modelling the long-term evolution of groundwater's quality in a flooded iron-ore mine using a reactive transport pipe network model. In *International Mine Water Association Symposium 2010 - 05-09/09/2010 - Sydney - Canada, pp. 317-320.*

450 M de m³

Volume d'eau stocké dans les anciennes mines du bassin ferrifère lorrain, potentiellement valorisable pour l'alimentation en eau potable et industrielle, et pour l'utilisation géothermique.

► logiques et de leurs relations les unes par rapport aux autres (*figure 1*).

Le réseau de failles a été représenté en tenant compte de l'échelle du modèle et de l'importance des accidents d'après leur rejet, leur lien avec les formations géologiques, leur relation avec les autres accidents et leur étendue (*figure 2*).

La modélisation a ensuite été réalisée formation par formation en vérifiant que toutes les données d'entrée étaient bien respectées (forages, limites de formation à l'affleurement...).

Le modèle 3D donne une image cohérente de la géométrie des formations en profondeur au vu du schéma interprétatif choisi (*figure 3*).

Pour compléter et affiner ce modèle, on pourra réaliser de nouveaux sondages. On pourra également calculer la réponse géophysique du modèle (méthodes potentielles) et la comparer au champ potentiel réel mesuré. La réduction de leur différence sera possible en affinant le modèle qui convergera vers une géométrie probable. L'intégration des profils de sismique marine réalisés dans la rade de Marseille permettrait également d'affiner la géométrie dans la partie sud-ouest du modèle.

En 2012, et en suivant le protocole mis au point lors de la réalisation de ce modèle régional, le modèle géologique 3D de la mine de Gardanne sera réalisé. ■



Ancien puits d'exhaure du bassin ferrifère lorrain (puits d'Havange), aujourd'hui reconverti en point de débordement des mines ennoyées (réservoir Nord).

2011, LES FAITS MARQUANTS...

THÈSE

L'eau des réservoirs profonds des mines ennoyées est une source potentielle de chaleur. Dans le bassin houiller de Lorraine, la caractérisation de l'eau dans les zones les plus profondes (- 1 250 m) nécessite des instruments capables d'œuvrer à des pressions hydrostatiques élevées. Le Gisos (Groupement d'intérêt scientifique sur l'impact et la sécurité des ouvrages souterrains), avec l'aide du

BRGM, a poursuivi la réalisation de profils de température-conductivité de l'eau dans ces réservoirs. Les profils « en escalier » observés indiquent l'existence d'écoulements complexes. Dans le cadre d'une thèse, un travail de modélisation combinant une convection forcée par des arrivées d'eau à différents niveaux de la mine, et une convection libre due aux gradients de température

et de salinité, tous deux croissants avec la profondeur, a été poursuivi en 2011.

EFFONDREMENT

Le 13 février 2009 a vu l'aboutissement d'une longue période d'observation avec l'effondrement provoqué d'une cavité de dissolution dans le sel (concession Cerville-Buissoncourt de Solvay). Les objectifs du Gisos étaient l'identification des signaux

précurseurs de l'effondrement et la compréhension des mécanismes de l'évolution de la cavité. Le Gisos avait mis en place, depuis 2005, un dispositif complet pour surveiller l'évolution de la cavité par des méthodes géophysiques, des mesures de déformation et des mesures hydrologiques. Les années 2010 et 2011 ont permis d'achever le traitement et l'interprétation des différents types de données.