

FICHE SIGNALÉTIQUE PROJET CADRE DR – ANNÉE 2011

1 – Projet cadre : Après-mine (APMR03)

Intitulé : APRES-MINE

Domaine : Après-mine

Chef de projet : Philippe ELSASS

2 – Détail des projets cibles

Liste des projets cibles	Financier(s) et % de financement par projets cibles (DR, UE, collectivités locales, industriel, ...)
CONDUITE APMR03
REDMEN
ALEASEL
GESMINE 3D

3 - Organisation

Service/unité pilote : EAU/GRI (GISOS)

Services contributeurs : EAU, RNSC, DPSM, GEO, MMA, SAR, partenaires du GISOS

Sous-traitants : INPL (accueil de thésard)

4 – Raisons d'être du projet

L'exploitation minière entraîne une perturbation du milieu naturel, qui se traduit principalement par une instabilité des terrains à l'aplomb des excavations et une modification des écoulements et de la qualité de l'eau. De plus, les installations de surface pour l'extraction et le traitement du minerai ont généralement un impact paysager et environnemental très important. Pendant l'activité de la mine, les dommages aux personnes et aux biens sont pris en charge par l'exploitant. Après l'abandon de l'exploitation, la gestion du risque résiduel est prise en charge par la collectivité ou par l'Etat, suivant les législations en vigueur. La France a mis en place, suite aux effondrements d'Auboué et de Moutiers (1996-1997), un ensemble de dispositions législatives et administratives, et plusieurs structures dédiées : GEODERIS pour l'expertise, GISOS pour la recherche, et DPSM pour la gestion des installations et les travaux.

Le projet cadre « Après-mine » regroupe quatre projets cible qui sont la contribution du BRGM au GISOS (Groupement d'Intérêt Scientifique sur l'Impact et la Sécurité des Ouvrages Souterrains, regroupant le BRGM, l'INERIS, l'INPL et Mines ParisTech). Les thèmes traités dans ce projet sont le fruit d'une réflexion menée avec DPSM et GEODERIS, l'AERM et le CR Lorraine.

5 – Objectifs et produits à livrer du projet cadre

Le projet a deux objectifs principaux :

- apporter une réponse scientifique aux questions posées par DPSM et GEODERIS sur la dynamique des travaux miniers souterrains : connaissance du bâti, stabilité, évolution et vieillissement des ouvrages, impact environnemental...
- développer des méthodes et des outils d'aide à la gestion de l'eau des mines ennoyées. Suivant les contextes, ces réservoirs sont une ressource pour l'AEP ou l'AEI, ou une source de chaleur dans le cas des mines les plus profondes. Ces deux aspects se situent dans une nouvelle perspective d'utilisation des mines abandonnées.

Pour les deux objectifs ci-dessus, les livrables sont principalement :

- Des publications scientifiques (publications A) sur la partie la plus fondamentale des travaux réalisés,
- Des méthodes et des outils prédictifs pour l'aide à la gestion du risque lié aux anciennes mines de sel, de fer et de houille (rapports, publications, visualisation 3D, autres supports),
- Des méthodes et des outils prédictifs pour l'aide à la gestion des réserves d'eau des mines ennoyées (rapports, publications, visualisation 3D, autres supports).

6 – Phasage du projet (*principales étapes et résultats attendus pour chacune*)

Projet cible CONDUITE et Présidence du GISOS (Chef de projet : Ph. Elsass EAU)

Le projet cible « conduite » comporte deux actions :

- Conduite du projet cadre « Après-mine » en collaboration avec les chefs de projets cibles
- Présidence du GISOS : les tâches sont décrites dans la convention constitutive du GISOS et le contrat relatif aux modalités générales de fonctionnement du GISOS.

Projet cible REDMEN – REservoirs Des Mines ENnoyées (Chef de projet : L. Vaute EAU)

L'arrêt de l'exhaure dans les mines a conduit à la formation de vastes réservoirs d'eau utilisables comme ressource pour l'AEP ou l'AEI ou comme ressource géothermique. Cependant l'utilisation peut en être compromise, soit par une trop forte minéralisation de l'eau pour l'AEP, soit par les circulations en court-circuit dans les galeries pour la géothermie. La caractérisation et la modélisation du comportement de ces réservoirs sont indispensables pour prévoir leur évolution, et ainsi, aider à leur gestion.

Or les réservoirs constitués des vides des anciens travaux miniers ont un comportement hydrodynamique particulier, et les données sur l'eau dans les secteurs les plus profonds sont inexistantes. Cette absence de données est vraie pour le bassin houiller en Lorraine comme en Nord-Pas-de-Calais ou à Gardanne. A cause de la profondeur (supérieure à 1000 m), les mesures nécessitent un appareillage adapté à la pression hydrostatique élevée. Des sondes (conductivité-température et multiparamètre) ont été acquises fin 2008 dans le cadre du GISOS sur des financements de la Région Lorraine. Ces sondes sont les compléments du dispositif d'auscultation en puits (caméra et préleveur) dont dispose l'UTAM-Est, et capables de travailler jusqu'à 1500 m de profondeur. Ce matériel permet de faire les mesures et les prélèvements nécessaires pour caractériser ces réservoirs.

Le projet cible REDMEN a pour objectif la caractérisation et la modélisation des réservoirs des mines ennoyées et comprend deux actions :

1) Caractérisation des réservoirs des mines ennoyées profondes du bassin houiller lorrain

Les premiers profils T-C réalisés en 2009 et 2010 dans les puits Vouters et Simon montrent que ces secteurs en cours d'ennoyage n'ont pas encore atteint un équilibre thermique, et que l'eau dans la partie profonde est fortement minéralisée. Les campagnes de mesure et de prélèvement d'échantillons d'eau pour analyse chimique seront poursuivies avec l'UTAM Est sur l'ensemble du bassin. Ces données permettront d'identifier la stratification chimique de l'eau des réservoirs, la présence d'éventuelles cellules de convection et d'arrivées d'eau latérales dans les puits, et les secteurs où l'équilibre thermique n'est pas encore atteint. Un nouveau modèle, plus détaillé que le modèle réalisé en 2008 avec MARTHE (milieu continu) pour le projet Minewater sur le secteur de Freyming-Merlebach, sera réalisé dans le cadre de la thèse de Guillaume Reichart avec le logiciel COMSOL acheté en 2010 dans cet objectif.

2) Caractérisation des réservoirs des mines ennoyées profondes du bassin houiller de Gardanne

La ressource en eau que constituera la mine ennoyée de Gardanne est un enjeu fort pour l'AEP de la commune, pour l'AEI (projet d'usine), et comme réservoir d'eau potentiel pour la lutte contre les incendies. L'efficacité de la gestion de cette ressource en eau ainsi que celle des conflits d'usage, dépendra de la bonne connaissance du fonctionnement du réservoir et de la capacité à modéliser son évolution. Dans ce but, il est proposé en 2011 de faire de premières campagnes de mesures et de prélèvements pour caractériser l'eau du réservoir (avec le même matériel qu'en Lorraine) et de collecter l'ensemble des connaissances hydrogéologiques déjà disponibles auprès de DPSM, GEODERIS et SAR. Par la suite, un premier simulateur simplifié de fonctionnement du réservoir sera construit avec les données acquises.

Projet cible ALEASEL – ALEA lié aux anciennes exploitations de SEL (Chef de projet : B. Bazargan RNSC)

Les propriétés physique du sel (fluage rapide) et chimique (forte solubilité dans l'eau), lui confèrent un comportement particulier, très différent des autres roches. L'évaluation de l'aléa lié à l'abandon des travaux miniers dans le sel, et dans les évaporites en général, nécessite une approche et des moyens d'investigations spécifiques. Le projet cible ALEASEL lancé en 2010 englobe d'une part, des travaux de R&D liés à la demande de DPSM pour l'aider à gérer les anciennes mines de sel (Lorraine) et de potasse (MDPA), et d'autre part, la valorisation des travaux de suivi de l'effondrement de la cavité de dissolution de Cerville.

Le projet ALEASEL comprend 3 actions :

1) Evolution à moyen et long terme des « mines sèches »

L'évolution à moyen et long terme des ouvrages miniers dans le sel est difficile à évaluer car les mécanismes qui rentrent en jeu sont complexes. Dans les Mines de Potasse d'Alsace (MDPA) la plupart des tailles ont été foudroyées tandis que dans quelques secteurs des piliers subsistent qui sous la charge des terrains, ont tendance à se déformer par fluage conduisant à une fermeture des vides. D'autre part, l'étanchéité des cuvelages des ouvrages verticaux n'est pas absolue et peut se dégrader, conduisant à la pénétration d'eau non saturée dans les puits et à l'ennoyage de la mine.

Les travaux de R&D en cours visent à caractériser les cinétiques de ces mécanismes afin de permettre ultérieurement des études de prédiction de stabilité des ouvrages et de prédiction de la vitesse de remontée de la saumure pendant l'ennoyage, lorsque DPSM aura en charge le suivi pour le compte de l'Etat de la sécurité des ouvrages des MDPAs.

En particulier, des questions se posent sur la perméabilité à long terme des bouchons de cendres volantes qui représentent l'essentiel du dispositif d'étanchéité des puits de mine. Des tests en laboratoire d'évolution de ces matériaux soumis à une percolation de différents types d'eau de la nappe d'Alsace (eaux bicarbonatées des alluvions rhénanes, eaux acides des alluvions vosgiennes, saumures) seront menés en 2011.

D'autre part, il n'y a actuellement aucun moyen de suivre la progression de l'ennoyage de la partie Est des anciens travaux miniers des MDPAs, qui est totalement isolée et ne dispose d'aucun ouvrage de contrôle. En 2011, il est proposé de faire une étude théorique des méthodes géophysiques qui pourraient permettre de suivre la progression de l'ennoyage par la saumure (cible très conductrice mais située à grande profondeur dans un milieu de marnes salifères relativement conductrices également).

2) Problématique des « nappes salées »

La stabilité à long terme des anciennes mines de sel exploitées par la méthode des « chambres et piliers abandonnés » dépend d'éventuelles intrusions d'eau non saturée ou de saumures issues des « nappes salées » situées à l'interface couverture-formation salifère.

Sur le site de l'ancienne mine noyée de Dieuze un capteur indépendant de pression et conductivité acheté dans le cadre du GISOS sera mis en place en 2010 avec l'appui de l'UTAM Est, afin de vérifier que cette mine est hydrauliquement isolée par rapport aux aquifères superficiels et à la nappe salée de Château-Salins sus-jacente. Les mesures obtenues seront interprétées en 2011, avec les données pluviométriques, par des méthodes de traitement du signal (par exemple avec TEMPO® si les données le permettent).

La mine de Varangéville est toujours en activité (bien que plusieurs vieux quartiers soient en voie d'abandon) et les études réalisées par Mines ParisTech pour le compte de l'exploitant ont montré que la venue de saumure en 2^{ème} couche au puits RV3 provenait de la nappe salée de Dombasle sus-jacente. Ces études destinées à l'administration posent un certain nombre de questions scientifiques sur le comportement général de la nappe salée dépassant le cadre de ces études. Il est proposé en 2011 de faire le point sur les connaissances acquises et de réaliser des investigations géophysiques (panneaux électriques) et géochimiques (datations isotopiques) sur la nappe salée de Dombasle afin de préciser son fonctionnement actuel caractérisé par des affaissements importants dans le secteur de l'Etang du Poncet. L'objectif serait de pouvoir éventuellement prédire l'évolution de ce fonctionnement dans le futur après l'abandon de la mine de Varangéville et le colmatage de la venue de saumure en 2^{ème} couche.

3) Suivi de l'effondrement d'une cavité de dissolution dans le sel (Cerville)

L'effondrement provoqué de la cavité d'exploitation du sel à Cerville-Buissoncourt (Solvay) a eu lieu en février 2009, et a permis d'enregistrer une grande quantité de données hydroacoustiques, microsismiques Large Bande, électriques, extensométriques, microgravimétriques et hydrologiques. Ces dispositifs de mesure viennent en complément de ceux que l'INERIS a mis en place : écoute micro-sismique, tachéométrie laser, GPS différentiel, mesure de la composition des gaz.

Le traitement et l'interprétation des données ont débuté en 2009. Les premiers résultats montrent notamment que les signaux hydroacoustiques enregistrés dans une large bande de fréquence appartiennent à deux familles : les signaux sismiques traditionnels et les signaux du type impulsionnel dont certains sont précurseurs de l'effondrement. L'analyse des mesures extensométriques, et la comparaison des résultats avec d'autres types de données acquises ont permis de mettre en évidence le lien entre l'augmentation du taux de contraintes et le taux de l'énergie libérée. Par ailleurs, le suivi du niveau piézométrique des grès du Rhétien autour de la cavité a été poursuivi en 2010, l'objectif étant d'obtenir au minimum les données sur un cycle hydrologique annuel complet depuis l'effondrement de la cavité.

Les travaux d'interprétation se poursuivront en 2011 et auront notamment comme objectif de publier plusieurs articles spécifiques aux méthodes d'investigation utilisées, et un article de synthèse avec les géophysiciens de l'INERIS.

Projet cible GESMINE 3D – GESTion des anciennes MINES en 3D (Chef de projet : XXXX)

Les problématiques de gestion rencontrées par le DPSM sont transverses aux thématiques déclinées par les services. La mission de sécurité du DPSM implique de proposer de nouvelles approches de gestion réactives et partagées, notamment lors d'épisode de crise. Ce constat simple, rapporté aux axes de recherche et de développement de l'établissement comme de ses amplifications stratégiques, a amené à vouloir mettre en place un programme transverse de R&D bâti sur le socle d'un modèle 3D d'un ancien site minier sur lequel les problématiques existantes croiseraient les axes portés par les services et départements. Une étude d'opportunité a été menée en 2010 par C. Castagnac pour le compte du DPSM et a mis en évidence l'intérêt du site de Gardanne pour le montage d'un projet ambitieux. D'autre part le site d'Angevillers, à une échelle beaucoup plus réduite, fait l'objet de fortes

préoccupations du DPSM et de GEODERIS en raison d'un effondrement survenu fin 2009 et non détecté par le système de surveillance sismique géré par l'INERIS

Deux sites feraient ainsi l'objet de ce nouveau projet-cible :

1) Bassin houiller de Gardanne

Sur le bassin minier de Gardanne, le DPSM dispose de données conséquentes pour la gestion de la ressource du charbon. Ces données fournissent les bases de connaissances et sont complétées par des réseaux actifs de surveillance eux aussi divers tant micro sismique, piézométrique, qualité des eaux, gaz, altimétriques... mettant en œuvre des technologies variées de mesure comme de collecte. Les problématiques d'après-mine rencontrées dans ce bassin sont variées comme celles de l'hydrogéologie, de la qualité des eaux, du vieillissement des ouvrages, des risques sismiques et de la revalorisation des anciens puits par la géothermie mais aussi liées aux méthodes et outils notamment de surveillance (interférométrie radar, micro-sismique....)....

Il est proposé en 2011 d'engager un vaste projet démonstrateur et opérationnel de géomodélisation 3D du site, qui trouvera naturellement aussi sa place avec la mise en œuvre des technologies de l'Espace Curien. Une concertation sera menée avec toutes les parties prenantes (DPSM, GEODERIS, SAR, GEO, RNSC...) afin de mieux définir les contours et le phasage de cette opération transversale. Il est prévu de réaliser en 2011 la collecte des données de géométrie géologique et minière, d'établir les spécifications à remplir par le modèle géométrique 3D et d'en entamer la construction.

2) Site d'Angevillers

Le site d'Angevillers se situe à la jonction entre un stot non dépilé des mines de fer de Lorraine et un secteur de travaux dépilés et ennoyés. Un affaissement jusqu'à 35 cm s'est produit fin 2009, probablement suite à la rupture d'un pilier en bordure du stot, et a causé des dommages à plusieurs bâtiments de la commune. Des études vont être engagées en 2010 par l'INERIS pour le compte du DPSM afin de reconnaître les phénomènes et comprendre pourquoi la station de suivi sismique pourtant proche n'a rien enregistré (reconnaitances par robot au fond, tirs de calibration des sondes ...).

Il est proposé d'accompagner ces études par la construction d'un modèle 3D très détaillé des travaux miniers sous GoCAD à l'INPL (géométrie des piliers et de la fracturation d'après les données du DPSM) et par la simulation de la rupture du pilier et de l'affaissement consécutif dans un logiciel de modélisation géomécanique 3D. Ces données de modélisation seront ensuite intégrées dans le modèle GoCAD, l'objectif final étant de pouvoir visualiser l'événement en 3D et de mettre en évidence l'amortissement des signaux sismiques par la fracturation.

7 – Thèse(s)

A partir d'octobre 2010 : thèse en inter-Carnot de Guillaume Reichart sur le « fonctionnement HTC des réservoirs des mines ennoyées profondes » localisée à l'INPL et rattachée au projet cible REDMEN.