

La politique française de prévention des risques liés à l'après-mine

Christophe Didier

▶ **To cite this version:**

Christophe Didier. La politique française de prévention des risques liés à l'après-mine. Réalités industrielles. Annales des mines, 2007, novembre, pp.86-97. ineris-00961916

HAL Id: ineris-00961916
https://ineris.hal.science/ineris-00961916

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.

LA POLITIQUE FRANÇAISE DE PREVENTION DES RISQUES LIES A L'APRES-MINE

DIDIER Christophe

[1] INERIS – Direction des Risques du Sol et du Sous-Sol - Parc Technologique Alata BP n°2 – 60550 Verneuil en Halatte – France. Christophe.Didier@ineris.fr

1 Introduction

Durant plusieurs siècles, l'exploitation minière sur le sol français, considérée comme un fleuron de l'industrie nationale, constitua une source de richesse pour le pays. Il aura suffi de quelques décennies pour que, sous l'effet conjugué de l'appauvrissement des réserves, cette activité voie progressivement la grande majorité des sites d'extraction se fermer.

Autrefois synonyme de fierté et de solidarité, cette activité est désormais fréquemment tenue pour responsable de séquelles. La cessation de l'activité minière n'a en effet pas induit la disparition intégrale et définitive des risques et nuisances susceptibles d'affecter les terrains de surface situés dans l'emprise des anciennes exploitations. Ainsi, durant la période qui suit l'exploitation, traditionnellement appelée « après-mine », de nombreux désordres peuvent se développer, parfois dès l'arrêt des travaux, parfois beaucoup plus tardivement.

Outre les phénomènes de mouvements de terrain (affaissements, effondrements), certains anciens sites, notamment charbonniers, peuvent être affectés par des remontées de gaz susceptibles de présenter des compositions dangereuses. De plus, les perturbations irréversibles que les travaux d'extraction ont induites sur les circulations d'eau souterraine peuvent être à l'origine d'éventuels désordres, tant pour ce qui concerne le schéma de circulation des eaux (inondations des points bas, perturbation du régime des cours d'eau) que du point de vue de leur qualité (dégradation de la qualité des eaux ou des sols).

Le présent article a pour objectif de dresser un bilan de la situation de l'après-mine en France et de présenter les grands principes de la politique de prévention que l'Etat a mise en place et appliquée durant la dernière décennie. Après un rapide exposé du contexte historique de l'exploitation minière française en métropole, les évènements récents qui ont conduit à l'élaboration de cette politique seront sommairement présentés. Les principaux risques et impacts susceptibles d'affecter les anciens sites miniers français seront ensuite identifiés et décrits. La politique de prévention systématique des risques, mise en œuvre à l'échelle nationale, sera alors discutée au travers de la présentation des principaux outils développés (Plans de Prévention des Risques Miniers, dossiers d'arrêt des travaux, inventaire de sites à risques, surveillance…). Pour finir, une description de l'organisation des principaux organismes publics en charge de l'après-mine sera ébauchée.

2 Bref historique de l'exploitation minière française

Comme de nombreux autres pays européens, la France possède une longue tradition minière. L'extraction et la valorisation des matières premières présentes dans son sous-sol ont d'ailleurs contribué, de manière décisive, au développement de la puissance industrielle française (Didier & al., 2006).

Sur notre territoire, les premiers indices d'exploitations souterraines de ressources minérales (anciennes mines de silex, exploitation de sources salées) remontent au Néolithique (Vème - IIIème millénaire av. J.C.). Les Celtes puis les Gaulois exploitaient régulièrement l'or et l'étain. C'est toutefois durant l'époque gallo-romaine que l'activité extractive prit son essor puisque l'argent, le plomb, le cuivre et le fer furent, à leur tour, recherchés et exploités. Avec la chute de l'empire romain, l'extraction minière diminua progressivement durant plus d'un millénaire. Une première relance vit le jour sous l'influence de pays d'Europe Centrale (XIème –XIIIème siècles). C'est notamment l'époque où l'exploitation du charbon commença dans les bassins de l'Hérault, de Provence et de la Sarre.

C'est toutefois la révolution industrielle (fin du XVIIIème siècle) qui constituera l'impulsion décisive dans le développement de l'activité minière française. Les progrès technologiques contribuèrent en effet à transformer une activité jusque là essentiellement artisanale en une activité industrielle de production. Outre la naissance des grands bassins miniers (charbon, fer, sel…) qui contribueront grandement à la richesse de l'économie nationale, le début du XIXème siècle se caractérise également par une importante diversification des matériaux recherchés et exploités (fluorine, zinc…).

Après un contexte plutôt défavorable entre les deux guerres, l'effort national entrepris, au lendemain de la seconde guerre mondiale, pour la reconstruction du pays et la volonté de diminuer la dépendance énergétique de la France va faciliter la poursuite de la relance de l'activité minière. Durant cette période, d'importants efforts d'exploration pétrolière sont également entrepris et les premières grandes exploitations d'uranium débutent (figure 1). Le développement de la géochimie et de la géophysique et les grands progrès importants dans le domaine de la prospection minière engendrent enfin la découverte de plusieurs sites importants exploités ultérieurement avec succès par des sociétés minières françaises (période des « trente glorieuses »).

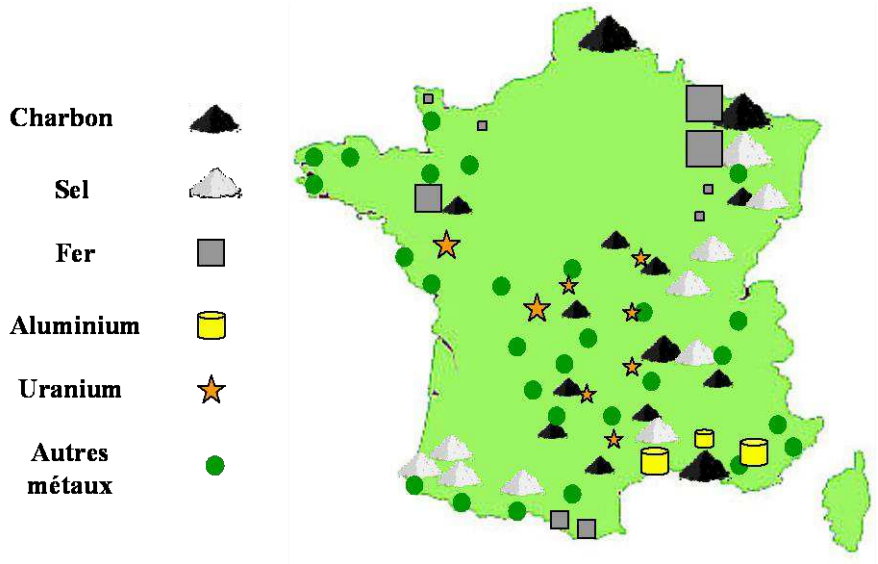


Figure 1. Principaux gisements miniers exploités sur le territoire métropolitain français.

L'épuisement des gisements et, accessoirement, la faiblesse des cours des matières premières ont progressivement engendré le déclin de l'activité minière française. Initié au début des années 1960 pour le charbon et le fer et au début des années 1980 pour l'exploitation des autres substances, ce déclin s'est accéléré depuis le début des années 1990. La fermeture de la dernière mine de fer date de 1995 et l'ultime exploitation d'uranium a fermé ses portes en 2001. L'exploitation aux mines de Potasse d'Alsace a cessé en 2003 et l'exploitation de la dernière taille de charbon s'est arrêtée en 2004. Désormais, la seule industrie minière active en France métropolitaine[1] résulte de l'extraction du sel, par mine souterraine ou par dissolution.

La France se trouve donc désormais confrontée à la gestion de la phase « d'après-mine », bien plus qu'à celle de l'activité minière à proprement parler. Cette situation et ces problématiques nouvelles ont conduit l'Etat à se doter de moyens et d'outils adaptés à la gestion de l'héritage, parfois lourd, d'un passé dont on n'oubliera toutefois pas qu'il a contribué à asseoir la position de la France en tant que puissance industrielle mondiale.

La priorité consiste désormais à optimiser la reconversion des régions directement touchées par la disparition progressive d'activités industrielles productrices d'emplois et de richesses. Cette démarche implique une réflexion approfondie en terme de gestion et d'aménagement du territoire. Il convient, en effet, d'identifier et de localiser les risques et nuisances susceptibles de perdurer après la fin de l'extraction minière. Une fois ces contraintes identifiées, il est alors possible d'identifier des mesures opérationnelles adaptées à chaque contexte, permettant le développement de nouvelles activités dans les zones les plus sures et les plus adaptées.

3 Contexte ayant conduit à la mise en place d'une politique de prévention systématique des risques

3.1 Une spécificité française : la différence entre mines et carrières

L'esprit du droit minier français actuel date du début du XIX^{ème} siècle. Afin d'exercer le contrôle de l'Etat sur les ressources minérales considérées comme stratégiques pour la nation, la loi de 1810 a introduit la notion de matériaux « concessibles » et « non concessibles ».

Parmi les matériaux concessibles, jugés stratégiques, on peut citer notamment :

- les métaux (fer, plomb, argent, uranium, or…),
- les hydrocarbures, aussi bien solides (charbon), liquides (pétrole) que gazeux (méthane),
- le sel, la potasse ou les phosphates…

L'extraction des matériaux concessibles donne naissance aux mines, l'extraction des matériaux non concessibles est assurée par les carrières (principalement matériaux de construction tels que le calcaire, le gypse, l'ardoise…). C'est donc la nature du matériau extrait qui différencie mines et carrières et nullement la méthode d'exploitation. Il existe ainsi des mines souterraines et des mines à ciel ouvert et il en va de même pour les carrières.

[1] On veillera à ne pas confondre la fin de l'extraction minière du sous-sol métropolitain avec la fin de l'activité minière française. ERAMET pour le nickel et le manganèse et AREVA pour l'uranium occupent ainsi des rangs plus qu'honorables dans le monde pour la production de ces métaux.

Depuis cette réforme fondamentale, l'Etat exerce un contrôle complet sur les substances « concessibles », à l'inverse des substances « non concessibles ». Pour les premières, il accorde ainsi des « concessions », sans que l'accord des propriétaires de la surface soit nécessaire, et collecte une redevance fonction de la nature de la substance ainsi que du tonnage de matériau extrait, tout en assurant le suivi des exploitations dans le cadre de la police des mines. La concession est accordée au travers d'un décret du Conseil d'Etat qui délivre, à des entreprises privées ou publiques, le droit d'exploiter une substance donnée au sein d'un périmètre clairement identifié et ce durant une période bien définie. Les mines, en activité ou arrêtées, relèvent ainsi du « droit minier », cadre réglementaire très spécifique au sein duquel les propriétaires des terrains de surface ne sont que très peu concernés.

Le droit français précise que, lorsque l'activité minière cesse (renonciation ou retrait de la concession), le secteur anciennement exploité retourne au domaine public. Si l'exploitant minier a disparu ou n'est plus solvable, c'est l'Etat qui devient responsable des éventuelles nuisances susceptibles de se développer sur le site.

A l'inverse, les carrières en activité relèvent de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et non du droit minier. Les carrières souterraines abandonnées et pour lesquelles aucun exploitant n'est identifié relèvent, pour leur part, du droit civil. Le propriétaire du sol est alors également propriétaire du sous-sol. Il est toutefois désormais acquis que les anciennes carrières souterraines abandonnées soumises à des risques de mouvements de terrain sont assimilées à un risque naturel.

3.2 Les évènements récents du bassin ferrifère lorrain

La dernière mine de fer française a cessé son activité en 1995, dans le bassin ferrifère lorrain, ce après environ un siècle d'exploitation. De fait, le système d'exhaure des eaux souterraines fut arrêté avec, pour conséquence, l'ennoyage progressif des travaux souterrains situés, d'abord dans les bassins sud et centre, puis, plusieurs années plus tard, dans le bassin nord.

Le 4 octobre 1996, quelques mois après le début de l'ennoyage des bassins sud et centre, un affaissement de grande ampleur affectait la ville d'Auboué (54), engendrant, dans un laps de temps relativement court, un affaissement vertical de la surface du sol ayant atteint 2 mètres. Ce mouvement de terrain engendra des désordres importants au niveau de plusieurs habitations et infrastructures (routes, canalisations). Environ 70 maisons durent être démolies et 150 familles victimes du désordre furent relogées. Dans les mois qui suivirent, d'autres désordres sensiblement similaires se développèrent au sein des villages voisins de Moutiers (90 familles déplacées en 1997), Moyeuvre-Grande et Roncourt notamment.



Figure 2 : Dommages causés sur le bâti par les désordres d'Auboué en 1996.

D'autres types de nuisances apparurent également durant cette période dans la région : ennoyage de caves, atmosphère dangereuses dans certaines caves connectées aux anciens travaux miniers, etc.

Ces événements engendrèrent un choc psychologique et émotionnel important au sein de la population locale déjà sérieusement affectée par les difficultés économiques relatives à la fermeture des mines et au déclin progressif de l'activité sidérurgique (Vila & al., 2001). Cette population s'organisa progressivement en "associations de défense" dont l'une des missions principales consista à formaliser les attentes les plus cruciales de la population locale (Goeuriot & al., 1999) : le dédommagement des victimes, la prévention des risques liés à l'après-mine et le redéveloppement industriel et l'aménagement du territoire de la région (plus de 100 communes concernées par les vides miniers au sein du seul bassin ferrifère lorrain).

Dans le même temps, cette série d'évènements initia une prise de conscience, au plus haut niveau de l'Etat, sur le caractère stratégique de la politique à mettre en œuvre pour assurer la prévention des risques liés à l'après-mine sur l'ensemble du territoire national. La recherche de solutions innovantes et adaptées aux spécificités de la problématique fut ainsi rapidement initiée, en s'appuyant notamment sur le retour d'expérience des politiques mises en œuvre dans d'autres pays ainsi que des solutions déjà mises en œuvre en France concernant d'autres types de risques sensiblement comparables.

3.3 Retour d'expérience d'autres pays ou d'autres types de risques

3.3.1 La gestion du risque lié à l'après-mine à l'étranger

Dans tous les pays concernés par l'après-mine, les exploitants sont considérés comme les premiers responsables des coûts liés aussi bien à la réparation des dommages résultant de l'exploitation minière qu'à la réalisation des travaux requis pour la mise en sécurité des sites abandonnés (Petit, 2004).

Toutefois, du fait de la disparition, brutale ou progressive, de nombreux exploitants miniers, les autorités, nationales ou régionales, se sont souvent retrouvées impliquées dans la gestion (et par le fait dans le financement) de la problématique (Drebenstedt, 2006). Certains pays (Allemagne, Royaume-Uni, Australie, Etats-Unis, etc.) ont ainsi créé des structures nationales spécifiques, dédiées à la gestion opérationnelle des dommages induits par l'après-mine.

Le financement des sommes prises en charge par ces structures publiques est souvent assuré, dans les pays où une forte activité minière demeure, au travers d'un système de taxation indexé sur la production du minerai (Australie par exemple). Les pays anglo-saxons (Etats-Unis, Royaume-Uni…) ont également largement recours au principe de contrats d'assurances, publiques ou privées, rendus obligatoires au sein d'anciennes régions minières identifiées comme présentant des risques potentiels à terme.

Dans de nombreux pays, (Belgique, Angleterre, Australie), d'importants efforts sont déployés pour mener à bien un inventaire des sites miniers abandonnés susceptibles de porter atteinte à la sécurité publique (identification, localisation, constitution et renseignement d'une base de données). L'objectif de cette démarche est d'optimiser la politique de prévention à mettre en œuvre en définissant, en toute connaissance de cause, les priorités (Strickland & al., 2006).

Dans tous ces pays, les autorités en charge de la problématique s'attachent à mettre en œuvre des procédures permettant d'afficher et de faire connaître, à la population, les risques identifiés ou suspectés dans le long terme. L'objectif majeur est d'éviter que le public, non averti, construise, à terme, dans des secteurs susceptibles d'être affectés par des dommages liés à l'après-mine.

Ainsi, en Belgique, des zones *non-aedificandi* sont systématiquement prescrites autour des puits de mine ainsi qu'à l'aplomb des anciens travaux miniers très peu profonds (galeries d'accès principalement). De même, toute personne souhaitant s'installer dans une région ayant fait, par le passé, l'objet d'une exploitation minière est tenue de se renseigner auprès de l'autorité administrative locale afin de collecter l'ensemble des informations recueillies sur le contexte minier de la parcelle concernée. En Grande Bretagne, la "*Coal Authority*" établit, chaque année, des "états des lieux miniers (*Mining Reports*)". Les notaires, tenus de fournir aux acheteurs toutes les informations disponibles sur les biens mis en transaction, sont souvent les principaux utilisateurs de ce service.

3.3.2 La gestion des risques naturels en France

Dès longtemps avant les événements du bassin ferrifère lorrain, le risque naturel était géré en France en terme de prévention et de prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire. La loi n°82-600 du 13 juillet 1982 traitant notamment de l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles avait ainsi créé, dans son article 5-1, les Plans d'Exposition aux Risques (PER) dont l'objectif était de synthétiser et d'homogénéiser les différents outils de prévention qui existaient à l'époque. La difficulté de leur élaboration (notamment l'analyse de vulnérabilité) et la lourdeur administrative de leur mise en œuvre induisirent toutefois un important retard dans le calendrier prévisionnel de leur élaboration. Face aux catastrophes majeures du début des années 1990 (Vaison-la-Romaine notamment) et compte tenu du fait que les PER n'avaient pas tout à fait répondu aux attentes du législateur, la relance de la prévention des risques par l'état se manifesta, pour partie, par la création d'un nouvel outil réglementaire, plus opérationnel : le Plan de Prévention des Risques (PPR).

C'est la loi n°95-101 du 2 février 1995 (aujourd'hui intégrée au Code de l'environnement par les articles L.562-1 à L.562-7) relative au renforcement de la protection de l'environnement qui donna naissance aux PPR, les conditions d'élaboration de cet outil étant précisés dans le décret n°95-101 du 5 octobre 1995. Depuis cette loi, le PPR constitue un document réglementaire spécifique à la prévention des risques. L'affichage du risque relevant d'une compétence dévolue à l'Etat, la prescription, la réalisation et l'approbation des PPR sont placées sous la responsabilité du Préfet (La documentation française, 1997).

L'objectif majeur des PPR est la prise en compte des risques dans les décisions d'aménagement du territoire. Si les PPR sont généralement prescrits dans des secteurs exposés à des niveaux de risque importants, la démarche a également pour objectif d'être entreprise, de manière préventive, dans des zones à enjeux futurs au sein desquelles il convient de limiter l'urbanisme pour éviter une augmentation inconsidérée du niveau de risque.

Les Plans de Prévention des Risques Naturels se sont désormais imposés comme un outil majeur de la politique nationale de prévention des risques. (Didier, 1999). Plus de 5000 PPR naturels étaient ainsi approuvés en 2005.

3.4 Démarche de prévention élaborée, dans l'urgence, dans le bassin ferrifère lorrain

La mise en œuvre d'une démarche de traitement (élimination) systématique des risques appliquée à l'échelle du bassin ferrifère lorrain s'est très rapidement avérée impossible. Elle aurait ainsi exigé le recours à plusieurs dizaines de millions de m^3 de matériau de remblai au sein de vides la plupart du temps inaccessibles dans des conditions de sécurité satisfaisantes ou le déplacement massif de population, inimaginable à une échelle régionale.

Au regard de la fréquence des désordres qui est demeurée, somme toute, relativement faible (à peu près un par an pour les années ayant suivi le début de l'ennoyage), la démarche de gestion du risque, initiée dans l'urgence, a eu pour premier objectif de garantir la sécurité publique. Pour ce faire, il a fallu différencier les secteurs miniers à l'aplomb desquels les mouvements de surface étaient susceptibles de prendre un caractère brutal, engendrant de fait un danger pour la population, des secteurs pour lesquels les mouvements attendus se limitaient à des affaissements progressifs, potentiellement dommageables pour les biens mais non dangereux pour la sécurité des personnes (Didier & al., 2003).

Une méthodologie destinée à discriminer ces deux types de désordres a ainsi été développée (El Shayeb & al., 2001). Son application aux zones à risques situés sous le bâti existant a permis d'identifier les secteurs présentant un niveau de risque faible à modéré (soumis à de potentiels phénomènes d'affaissement lents et progressifs), soit une superficie cumulée d'un peu plus d'un millier d'hectares sur l'ensemble du bassin. Une centaine d'hectares demeurait pour sa part concernée par un phénomène d'effondrement brutal ne pouvant être catégoriquement exclu. Pour ces zones, une analyse géologique des terrains de recouvrement permet de révéler la présence éventuelle d'un "banc raide" (horizon géologique rigide et cassant) considéré comme favorable au développement possible d'un effondrement brutal. En cas de présence d'un tel banc raide, les secteurs déjà habités ont fait l'objet d'un plan de traitement du risque, soit par comblement des cavités, soit par évacuation des personnes demeurant en surface, le choix du principe de mise en sécurité dépendant du coût respectif des deux options.

Pour les zones uniquement soumises à des phénomènes lents et progressifs (cuvettes d'affaissement), la hiérarchisation du niveau de risque fut établie à l'aide d'une analyse multicritère regroupant à la fois des facteurs liés à la sensibilité des anciens travaux à subir des désordres, à l'intensité des mouvements attendus en surface ainsi qu'à la vulnérabilité de la surface (Piguet & al., 1999, Merad, 2004). Des réseaux de surveillance microsismique, conçus pour détecter les signes précurseurs au déclenchement d'instabilités mécaniques de grande ampleur, furent ainsi mis en œuvre dans les secteurs jugés les plus sensibles.

Finalement, il apparut rapidement indispensable de valoriser la connaissance capitalisée en terme d'analyse de risques dans le but d'assister les autorités locales dans leur démarche de gestion et d'aménagement du territoire, en déterminant, pour chaque secteur minier, l'acceptabilité (ou non) d'un éventuel développement futur des enjeux dans le long terme. La démarche qui devait instaurer les Plans de Prévention des Risques Miniers était initiée.

3.5 Evolution du droit minier pour permettre une politique de prévention systématique des risques

Afin d'optimiser l'efficacité de la prévention et de la gestion de l'après-mine sur l'ensemble du territoire, l'Etat français a pris le parti de développer et mettre en œuvre une politique de prévention systématique des risques. L'objectif était de se donner les moyens d'identifier et d'anticiper les éventuelles nuisances avant qu'elles ne se produisent, et ce dans le but d'être capable de prévenir les potentiels incidents ou accidents, semblables à ceux qui ont affecté le bassin ferrifère lorrain.

Une telle politique de prévention (qui se distingue nettement d'une démarche de type « réparation et dédommagement » adoptée dans bon nombre d'états anglo-saxons) relève notamment d'un choix établi sur les bases d'un « pari sur l'avenir ». L'Etat français a ainsi considéré que l'investissement dans la prévention permettra, dans l'avenir, de réduire de manière très sensible le nombre de victimes et les coûts sociaux et économiques des dommages qui n'auraient pu être évités sans cette démarche de prévention.

Pour mettre en œuvre cette politique ambitieuse, le droit minier français s'est, de fait, considérablement renforcé durant la dernière décennie. Divers textes ont ainsi été adoptés en relation directe avec la gestion de l'après-mine. Parmi les principaux, on citera :

- le décret n°95-696 du 5 mai 1995 plusieurs fois modifié puis remplacé par le décret n°2006-649 du 2 juin 2006. Ces textes sont notamment relatifs à la procédure que l'exploitant minier doit mettre en œuvre pour constituer un « dossier d'arrêt des travaux miniers » (Didier et al., 1999). La réglementation permet désormais d'identifier, dès l'initiation du processus de fermeture (et même dorénavant dès l'étape d'ouverture de nouveaux chantiers), les démarches à entreprendre pour limiter les effets indésirables résultant du comportement à long terme des travaux miniers abandonnés ;
- la loi n°99-245 du 30 mars 1999, dite «loi après-mine », relative à la responsabilité en matière de dommages consécutifs à l'exploitation minière et à la prévention des risques miniers après la fin de l'exploitation. Cette loi introduit notamment les Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM), dont la mise en œuvre s'appuie directement sur la procédure d'élaboration des PPRN tout en étant appliqués aux problématiques propres à l'après-mine. Elle introduit également le transfert possible à l'Etat, après renonciation à concession ou disparition de l'exploitant, des systèmes de maintenance et de surveillance des sites miniers fermés susceptibles de présenter des risques pour la sécurité publique et l'environnement.

Ces différents points seront développés plus avant dans le présent article.

4 Procédures contribuant à la politique de prévention des risques

4.1 Les dossiers d'ouverture de travaux miniers

Le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains spécifie explicitement, dans son article 6 relatif à la constitution des dossiers de demande d'ouverture des travaux miniers, que le demandeur doit intégrer au dossier déposé un document indiquant, à titre prévisionnel, en vue de l'application des articles 91 et 93 du code minier, les conditions de l'arrêt des travaux ainsi que l'estimation de son coût.

Ainsi il est désormais nécessaire d'anticiper la fermeture des travaux et de préparer la gestion de l'après-mine dès avant l'initiation de l'exploitation. La qualité et la pertinence des solutions proposées contribuent d'ailleurs à l'acceptabilité du dossier de demande d'ouverture des travaux. Cette volonté d'anticipation s'inscrit pleinement dans une démarche de prévention des risques. Elle permet en effet d'éviter les trop nombreux cas connus par le passé pour lesquels l'exploitation s'arrête de manière non prévue ou planifiée et sans qu'aucune préparation de fermeture optimisée des travaux n'ait été envisagée. L'ensemble des spécialistes internationaux s'accorde aujourd'hui sur le fait que la fermeture d'une mine doit être planifiée dès son ouverture (plan de financement des travaux de mise en sécurité et de réhabilitation, mobilisation des compétences et des moyens humains…).

4.2 Les dossiers d'arrêt de travaux miniers

La procédure d'arrêt de travaux miniers relève de la responsabilité de l'exploitant. L'article 91 du Code Minier précise ainsi que l'exploitant doit faire connaître à l'administration les mesures qu'il envisage de prendre pour limiter les risques et nuisances de son exploitation sur l'environnement.

Pour que l'arrêt des travaux soit prononcé, l'exploitant doit évaluer les conséquences prévisibles des anciens travaux sur l'environnement afin de définir et de mettre en œuvre les mesures compensatoires permettant, dans la mesure du possible, de s'y opposer (Didier & al., 1999). Une fois l'arrêt prononcé, l'exploitant adresse au ministre chargé des mines un dossier de « demande de renonciation à concession ». Lorsque la renonciation est acceptée, le titre minier est annulé, le gisement est remis dans le domaine concessible et l'exploitant est déchargé de ses responsabilités liées à la police des mines.

Six mois au moins avant l'arrêt de tout ou partie des travaux, l'exploitant est tenu de faire parvenir au préfet un dossier de demande d'arrêt de travaux miniers. La structure et le contenu de ce dossier sont spécifiquement définis par le décret n°2006-649 du 2 juin 2006.

Le dossier doit être aussi exhaustif que possible et recenser l'ensemble des nuisances susceptibles d'affecter le milieu environnant après la fermeture des exploitations minières souterraines. Après une présentation générale des contextes géologique, hydrogéologique et d'exploitation du site faisant l'objet de la demande d'arrêt, l'exploitant établit un bilan (qualitatif et quantitatif) des impacts que les travaux souterrains ont déjà induits sur l'environnement. Il s'efforce ensuite d'évaluer les conséquences à long terme de l'arrêt des travaux. Enfin, au vu de ces risques ou impacts résiduels, il définit les éventuelles mesures compensatoires qui lui semblent les plus pertinentes et qui permettent de garantir un niveau de risque adapté à l'utilisation faite des terrains de surface. Au regard du code minier modifié par la loi de 1999, ces mesures peuvent comporter la mise en place et l'exploitation de systèmes de surveillance susceptibles d'être transmis à l'Etat après renonciation à concession.

Le dossier de demande d'arrêt est soumis à consultation de différents services administratifs ainsi que des conseils municipaux concernés. Après avoir pris connaissance du contenu du dossier et des différentes remarques formulées, le préfet peut valider les propositions techniques proposées par l'exploitant ou prescrire des mesures complémentaires non prévues dans le dossier mais qui lui apparaissent nécessaires. La réglementation précise la démarche à tenir en cas de défaillance de l'exploitant. Si le préfet constate l'arrêt des travaux d'une exploitation sans qu'aucune déclaration n'ait été faite, il enjoint l'exploitant de faire sa déclaration. En cas de défaut de réponse, il fait d'office, aux frais de l'exploitant, lever les plans et exécuter les travaux nécessaires à la mise en sécurité du site.

Après avoir fait établir un procès verbal de récolement des mesures prises par l'exploitant et constaté leur conformité par rapport aux mesures retenues, le préfet donne acte, par arrêté, de l'arrêt des travaux. Il reste cependant habilité à prendre toutes les mesures que rendraient nécessaires des incidents ou accidents imputables à d'anciens travaux, lorsque de tels événements sont de nature à porter atteinte à la sécurité publique ou à l'environnement.

L'INERIS a établi, à la demande du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, un guide méthodologique décrivant, dans le détail, les différents volets techniques à mettre en œuvre pour mener à bien la procédure d'arrêt des travaux miniers. Ce guide (INERIS, 2001) s'adresse aussi bien aux exploitants miniers en charge de constituer les dossiers qu'aux services en charge de l'évaluation et du contrôle de la procédure.

4.3 Les Plans de Prévention des Risques Miniers

Les PPRM (Plans de Prévention des Risques Miniers) constituent la clé de voûte de la politique française de prévention des risques miniers. Il s'agit de procédures visant à identifier les secteurs d'un territoire susceptibles d'être soumis, à terme, à des désordres ou nuisances d'origine minière.

Les PPRM ont pour mission de contribuer au développement d'un aménagement durable du territoire, en intégrant les différentes contraintes qui s'y appliquent. Ils aboutissent, pour ce faire, à la définition de règles d'urbanisme et d'aménagement du territoire permettant de maîtriser le développement de l'occupation de la surface dans les anciennes régions minières.

Un article étant spécifiquement dédié à cet outil réglementaire performant au sein du même numéro de la présente revue, nous renvoyons le lecteur à sa consultation pour de plus amples informations (Didier et al., 2007).

On se contentera de préciser, par souci de clarification que les procédures d'élaboration des dossiers d'arrêt de travaux miniers d'une part et de PPRM d'autre part sont complémentaires mais non redondantes. La procédure d'arrêt de travaux a pour objectif d'identifier les risques en l'état et de proposer, lorsqu'elles existent, des solutions technico-économique raisonnables destinées à annuler, réduire ou surveiller les risques ainsi identifiés. L'outil PPRM identifie pour sa part les risques susceptibles de perdurer dans le long terme, malgré les mesures mises en œuvre par l'exploitant dans le cadre de l'arrêt des travaux.

4.4 La surveillance des risques liés à l'après-mine

La loi du 30 mars 1999, dite loi après-mine, a introduit une notion primordiale en terme de prévention : la surveillance des risques post miniers. Précédemment, l'exploitant minier était censé prendre les mesures adaptées pour traiter, de manière systématique et durable, l'ensemble des risques prévisibles et ce quel que soit le contexte et la problématique. Dans les faits, il s'avère qu'il n'était pas toujours possible de trouver une technique de mise en sécurité définitive de l'ensemble des sites, dans des conditions techniques et économiques réalistes. De fait, certains risques pouvaient persister dans le long terme, y compris longtemps après la renonciation à concession.

Le code minier stipule désormais, au travers de son article 93, que lorsque les contextes géologiques et miniers ne permettent pas, pour des raisons techniques ou financières, d'identifier des mesures « raisonnables » capables de supprimer le risque, il est de la responsabilité de l'exploitant de mettre en œuvre et d'exploiter un (ou des) système(s) de surveillance des risques permettant d'assurer la sécurité publique et fournissant des informations nécessaires à la prévention des accidents. Le recours à des travaux de surveillance peut également être envisagé durant une période transitoire durant laquelle des mesures de gestion du risque sont entreprises (remblayage, déplacement des enjeux…). Le transfert des systèmes de surveillance à l'Etat requiert le versement, par l'exploitant minier, d'une soulte équivalant à l'exploitation de la surveillance des secteurs à risques durant une période de 10 années. Dans le cas de mines déjà abandonnées sans exploitants solvables, c'est l'Etat qui prend en charge les coûts d'exploitation des systèmes de surveillance.

L'INERIS est très impliqué dans la surveillance opérationnelle des risques d'affaissements ou d'effondrements miniers ainsi que dans le développement technologique de matériels innovants dédiés à la détection de signes précurseurs de potentielles instabilités. La technique d'écoute microsismique est ainsi largement utilisée pour surveiller des zones à risque en s'appuyant sur un principe assez similaire à celui mis en œuvre dans la surveillance des risques telluriques (figure 3). Le développement de fractures au sein d'un massif rocheux induit l'émission d'ondes acoustiques qui génèrent de très petites secousses que des capteurs (géophones, accéléromètres) extrêmement sensibles et adaptés aux caractéristiques des signaux émis peuvent détecter (Couffin & al., 2003).

L'objectif de la démarche est de détecter des signaux précurseurs de manière à rendre possible la mise en œuvre de principes de protection des populations avant le déclenchement d'instabilités géologiques de grande ampleur

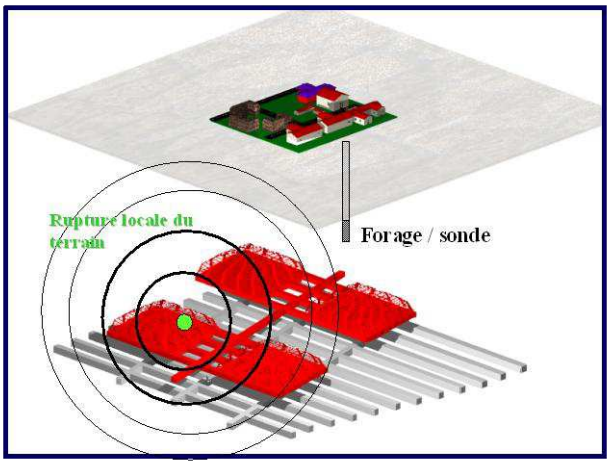


Figure 3. Principe de fonctionnement d'une station d'écoute micro-sismique.

A ce jour, une quinzaine de communes du bassin ferrifère lorrain sont équipées de réseaux d'écoute microsismique constitués, chacun, de plusieurs capteurs. Les évènements sismiques sont détectés puis transférés immédiatement et automatiquement au centre de surveillance de Nancy (CENARIS) en vue d'un traitement en temps réel.

Des équipes d'astreinte ont été constituées pour assurer la supervision des réseaux, jour et nuit, tous les jours de l'année. Si le réseau détecte une activité sismique anormale, l'expert d'astreinte déclenche des procédures à appliquer en cas de crise. Celles-ci ont été élaborées et sont suivies rigoureusement par le personnel afin d'assurer une efficacité optimale dans la gestion de l'alarme. Une cellule d'expertise (CELEX), peut ainsi être sollicitée pour analyser les situations qui le nécessitent et décider des démarches à suivre (information des autorités compétentes le cas échéant).

La surveillance microsismique constitue l'une des clés de voûte du processus de gestion globale du risque mis en œuvre par l'Administration déconcentrée et les collectivités locales. Ces deux autorités respectives se partagent en effet les responsabilités ayant trait aux prises de décision relatives à la gestion de crise.

Afin de poursuivre son développement en terme de surveillance opérationnelle des risques mais également de développement technologique, l'INERIS a crée, fin 2003, le CEntre NAtional de surveillance des RISuques du sol et du sous-sol (CENARIS). La mission de ce centre, qui s'appuie sur des travaux scientifiques et technologiques, est de répondre aux besoins opérationnels, des pouvoirs publics, des collectivités et des exploitants en terme de gestion des risques liés au sol et au sous-sol, que ceux-ci soient d'origine naturelle ou minière.

4.5 Indemnisation des dégâts et déplacement des enjeux

Tant qu'il est titulaire de la concession, c'est l'exploitant minier qui est, et demeure, responsable des désordres et dégâts induits par l'exploitation. Il est donc de sa responsabilité d'indemniser les victimes des éventuels dégâts qui pourraient survenir du fait de l'activité minière présente ou passée et ce qu'il ait ou non commit de faute relative à son exploitation. Il peut toutefois s'exonérer de sa responsabilité. La situation est sensiblement plus complexe après renonciation au titre puisque la réglementation a sensiblement évolué au travers des lois n°94-855 du 15 juillet 1994 et n° 99-245 du 30 mars 1999.

Les textes récents n'étant pas rétroactifs, pour les abandons réalisés avant 1994, lorsque les travaux prescrits par l'Etat avaient été réalisés et vérifiés par la puissance publique, l'exploitant se trouve libéré de ses obligations. Depuis 1994, l'introduction d'un article 75-1 au Code minier modifié par la loi de 1999 stipule que la responsabilité civile de l'exploitant ne se limite plus à la responsabilité du titre minier, ni à la durée de sa validité, ce qui n'est pas sans poser certaines difficultés avec le principe général du droit tiré de la prohibition des engagements perpétuels (Martinet, 2004). En revanche, l'autorité administrative ne peut plus imposer de mesures de prévention à l'exploitant au-delà de la validité du titre.

L'apport majeur de la loi après-mine dans le domaine de l'indemnisation concerne le fait que, dorénavant, l'Etat se porte garant de la procédure de compensation des victimes, pour éviter que certaines de ces victimes ne soient pas indemnisées en cas de disparition ou de non solvabilité du concessionnaire.

Le code minier stipule également que, en cas de risque majeur susceptible de porter atteinte à la sécurité publique, les biens exposés au risque peuvent être expropriés lorsque les mesures de prévention et/ou de protection adaptées se révèlent plus coûteuses que le coût de l'expropriation des biens. Le recours à cette mesure se limite à des cas de risques majeurs pour lesquels le péril est jugé imminent. Du fait de fortes contraintes socio-politiques, l'expropriation constitue l'ultime solution de gestion du risque, lorsque toutes les autres options se sont révélées impossibles à mettre en œuvre (pour des raisons techniques ou économiques). Durant ces dernières années, environ une centaine d'habitations ont été expropriées sur l'ensemble du territoire français pour prévenir des risques liés à l'après-mine.

5 La gestion et la valorisation des bases de données

5.1 La base de données des titres et sites miniers de GEODERIS

L'acquisition, le gestion et la valorisation des données est une démarche de première importance dans une politique de prévention des risques.

A ce titre, GEODERIS développe, renseigne et exploite, depuis 2001, une base de données des sites et titres miniers (figure 4). Cet outil destiné aux différents acteurs de l'après-mine (Administration, collectivités, experts…) a pour objectif de recenser, d'ordonnancer et de rendre exploitable l'ensemble des informations disponibles ayant trait aux anciennes exploitations minières menées sur le territoire français. La base de données et sa structure sont en évolution constante pour répondre aux attentes des différents utilisateurs et couvre aujourd'hui l'ensemble du territoire national.

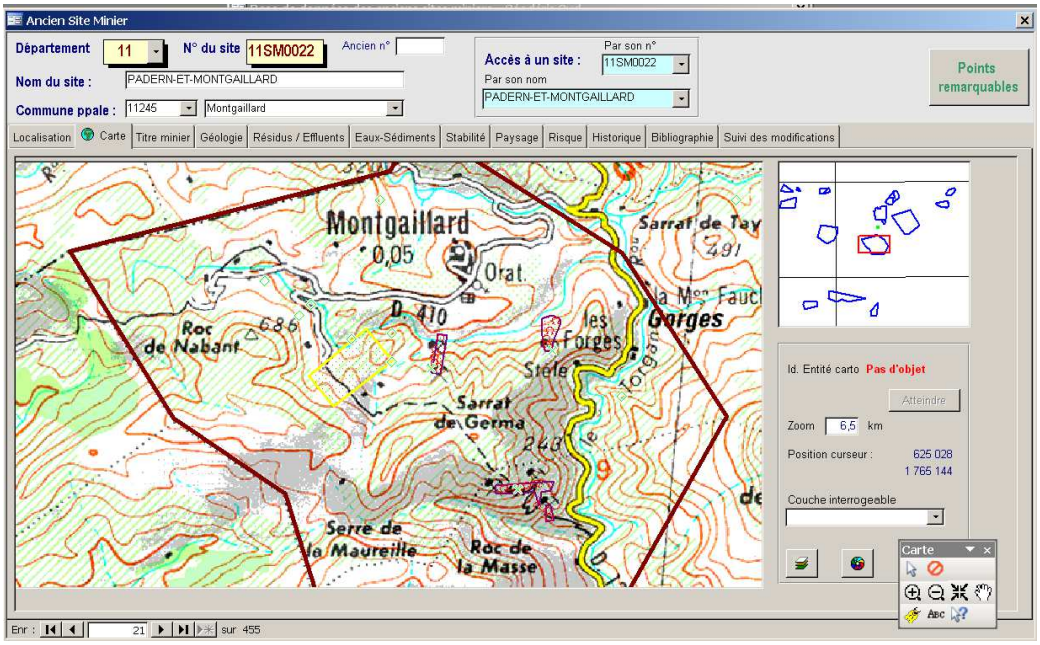


Figure 4 : Copie d'écran d'une consultation de la base de données des sites et titres miniers de Geoderis

La base de données recense à la fois les titres miniers (périmètres administratifs de type concessions, permis d'exploitation ou de recherche) et les sites miniers (secteur de travaux de recherche ou d'exploitation, connu avec plus ou moins de précision). Ainsi, un titre peut contenir zéro, un ou plusieurs sites d'exploitation et, à l'inverse, un site minier peut se situer hors titre ou se développer au sein d'un titre ou à cheval sur plusieurs.

Il est possible de lier un site ou un titre à différents types de documents (photos, plans, courriers, documents d'archives scannés) ainsi qu'aux résultats des études menées sur ce site (rapport d'expertise, zonage d'aléa…). La base de données, développée sous ACCESS®, est couplée au logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) MAPINFO® de manière à permettre la visualisation sur fond cartographique (Scan 25 de l'IGN par exemple) des différents éléments (titres, sites, ouvrages, zones de risques…). Le tout est d'une utilisation très simple et intuitive, ne nécessitant aucune connaissance particulière de logiciels spécialisés (Dommanget, 2006).

La base de données regroupe des informations administratives (date de début et de fin des titres miniers, informations sur d'exploitant…) relatives aux travaux souterrains (méthodes d'exploitation, profondeur…) ou à ciel ouvert, aux ouvrages débouchant au jour (puits, galeries) ainsi qu'aux ouvrages de dépôts (tailings, terrils). Elle permet également de regrouper des informations importantes sur la géologie et gitologie du gisement (amas, filon, couches, gisement penté ou plateure…) et de recenser les données ayant trait à l'existence d'anciens désordres d'origine minière ayant affecté le site (nombre, nature, date d'apparition…).

Une attention toute particulière devra être portée dans les années à venir sur le recensement puis l'analyse des risques liés aux ouvrages de dépôt dans le cadre de la transcription à l'échelle nationale d'une Directive Européenne sur l'analyse et la gestion des risques relatifs aux déchets miniers.

5.2 L'opération d'évaluation rapide des risques relatifs aux titres miniers

L'opération d'évaluation rapide des risques relatifs aux titres miniers (communément appelée opération « scanning des titres miniers ») constitue un exemple remarquable de valorisation de la « base de données des titres et sites miniers ».

On dénombre plus de 3000 titres miniers (concessions, permis de recherche ou d'exploitation…) sur l'ensemble du territoire métropolitain français. Au regard de la vitesse de réalisation des PPRM (environ une quinzaine par année), il apparaît évident que la période requise pour mener à bien l'ensemble des travaux d'analyse et de prévention des risques s'étendra sur d'assez nombreuses années. Il s'est donc avéré prioritaire d'établir, aussi rapidement que possible, une hiérarchisation des sites à étudier de manière à ce que les plus exposés aux risques soient étudiés de manière prioritaire.

C'est le principal objectif de la démarche de « scanning des titres miniers français », à savoir :

- hiérarchiser l'ordre de réalisation des futurs PPRM en fonction de la sensibilité des sites ;
- identifier rapidement les contextes les plus critiques en terme de sécurité publique exigeant des études de risques prioritaires.

La durée de réalisation de cette démarche ambitieuse, menée à bien par l'INERIS en collaboration avec le BRGM, sous la coordination de GEODERIS, a été estimée à un peu plus de 3 années (2005-2008).

Le caractère spécifique de la démarche réside dans l'analyse simple et rapide de l'ensemble des titres miniers dans le but de les hiérarchiser en fonction de leur niveau de risque (exclusivement pour ce qui concerne les risques de mouvements de terrain). L'opération scanning a également pour vocation d'identifier les 200 sites jugés les plus exposés aux risques afin de mener à bien, pour chacun d'eux, une première étape, simplificatrice d'analyse des aléas et des risques. Cette analyse n'est en aucun cas basée sur une démarche aussi exhaustive et détaillée que celle généralement mise en œuvre dans le cadre de la réalisation d'un PPRM. Elle n'a donc pas pour vocation de se substituer aux PPRM mais présente l'intérêt d'identifier, sur l'ensemble du territoire, des secteurs à potentialité de dommages futurs, au sein desquels il convient de ne pas augmenter la vulnérabilité de manière importante avant la réalisation d'une analyse plus détaillée.

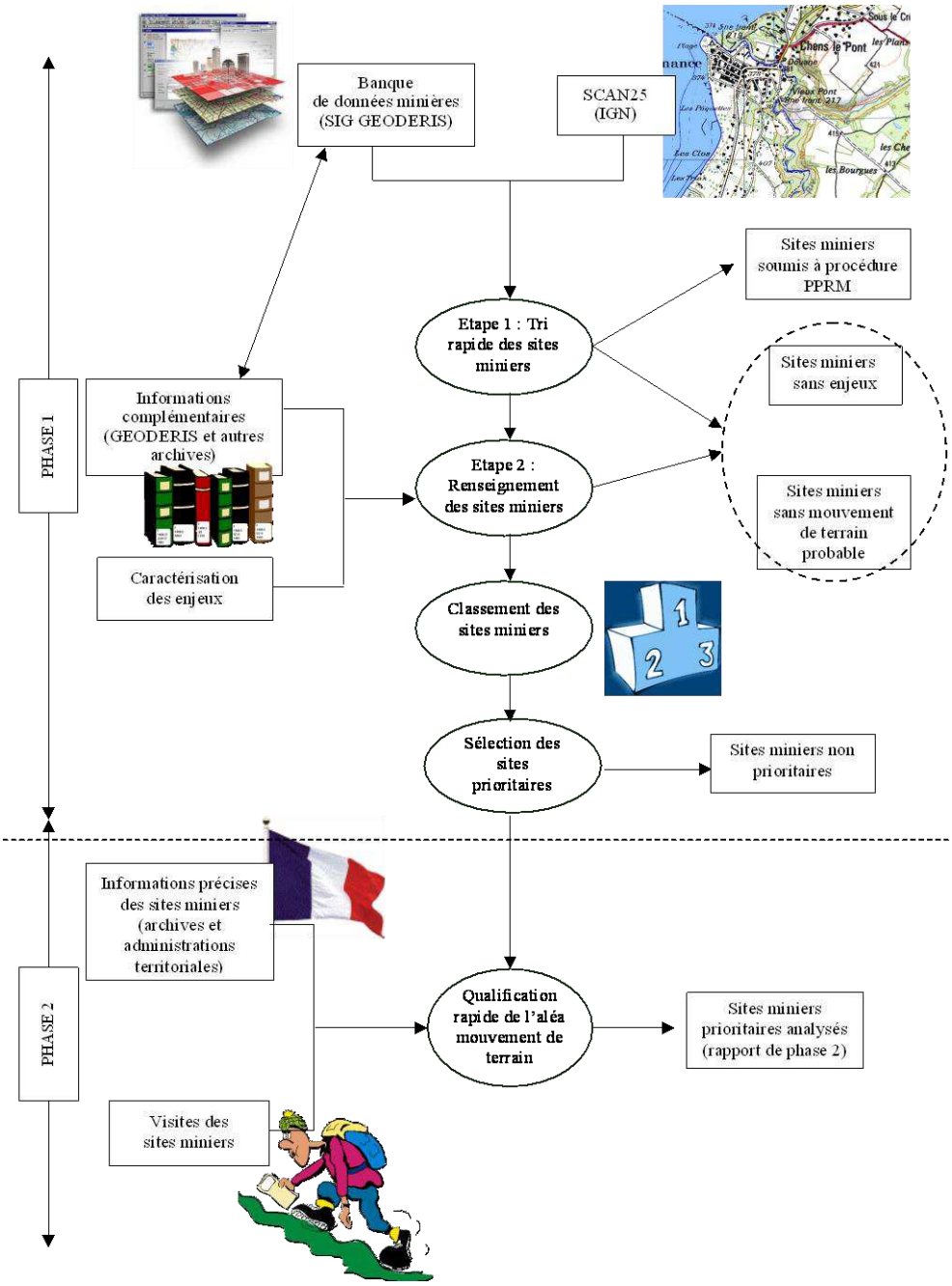


Figure 5. Schéma illustrant la démarche mise en œuvre au travers de l'opération « scanning des titres miniers »..

La méthodologie de sélection des sites consiste en leur hiérarchisation progressive, au travers de diverses étapes, en s'appuyant sur les données disponibles (figure 5). La première étape s'appuie, entre autres, sur la « base de données des titres et sites miniers » de GEODERIS qui permet de localiser, en première approximation, la majorité des anciens travaux miniers et fournit des éléments décrivant l'exploitation souvent suffisants à une première analyse de risque. Pour ce qui concerne l'évaluation des enjeux présents en surface (bâti et infrastructures), la démarche s'appuie sur les fonds topographiques les plus récents (échelle du 1/25000). En croisant les informations disponibles dans la « base de données mines » et la nature de l'occupation des terrains de surface, il est possible d'écarter, dès cette étape, un premier groupe de sites miniers situés loin de tout enjeu de surface ou ne présentant aucune sensibilité à subir à terme des désordres de type mouvements de terrain.

Les sites qui n'ont pas été écartés au cours de cette première étape font alors l'objet d'une seconde étape qui consiste notamment à collecter des informations complémentaires en terme de contexte d'exploitation et d'occupation des terrains de surface (cette étape nécessite des recherches non exhaustives menées sur site ainsi qu'au sein des principaux fonds d'archives). A l'aide des nouvelles données recueillies, les sites non écartés sont alors hiérarchisés en fonction de leur caractère plus ou moins « sensible », à l'aide d'un logiciel d'aide à la décision basé sur le principe de l'analyse multicritères. La liste des critères retenus ainsi que les poids qui leur sont affectés ont été définis par un collège d'experts qui assure le rôle de comité de pilotage de l'opération. C'est ce processus de hiérarchisation qui autorise l'identification des 200 sites les plus sensibles pour lesquels une analyse simplifiée des risques est systématiquement entreprise.

Pour optimiser l'efficacité et la fiabilité de la démarche, l'opération scanning est menée région par région, le travail étant assuré par l'INERIS et le BRGM. Actuellement, l'opération initiée courant 2005 a permis, jusqu'à présent, l'analyse et la hiérarchisation de 7 régions sur les 18 concernées par d'anciennes exploitations minières. Les 11 régions restantes seront analysées dans les mois à venir, au fur et à mesure de la réalisation progressive des bases de données minières essentielles à la mise en œuvre de la démarche.

6 Les principaux acteurs de la politique de prévention

Le premier rôle de prévention et de réduction des risques induits par l'activité minière revient aux exploitants. C'est en effet eux qui, depuis la phase de conception des travaux jusqu'à la mise en œuvre de mesures compensatoires après arrêt des travaux, ont pour mission de réduire, traiter ou gérer le risque.

Les services de l'Etat accompagnent les exploitants au travers de ces différentes étapes en évaluant la pertinence des méthodes et solutions techniques proposées et en les complétant de mesures complémentaires en tant que de besoin. Outre son rôle d'application de la police des mines pour les mines actives, l'État a également pour mission, dans le domaine de l'après-mine, d'identifier les anciens sites miniers à risque et d'évaluer les aléas correspondants afin de déterminer les mesures préventives appropriées lorsque les enjeux de surface le justifient. Comme décrit précédemment, ces mesures peuvent prendre la forme de travaux de mise en sécurité ou de servitudes d'urbanisme, celles-ci pouvant découler de plans de prévention des risques miniers (PPRM). La loi de 1999 prévoit également que l'Etat assure la gestion des dispositifs de surveillance ou de maîtrise du risque (stations hydrauliques, captage de grisou…), soit dans le cadre d'un transfert financé par l'exploitant, soit par défaut en cas de disparition de l'exploitant..

Pour assumer ces missions, l'État s'appuie au niveau national sur les services du ministère chargé de l'industrie (Direction de l'Action Régionale, de la Qualité et de la Sécurité Industrielle et Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières), et au niveau régional, sur les 24 divisions « sous-sol » des directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE). S'agissant de l'organisation des DRIRE, des pôles interrégionaux de compétence « après-mine » ont été mis en place à Metz, à Alès et à Caen. En fonction des compétences requises en terme d'évaluation des impacts sur différents enjeux ou milieux, d'autres services de l'Etat peuvent ainsi être sollicités (DDE, DIREN, DDA…). Le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable est également impliqué, à moindre échelle, sur la thématique des déchets miniers.

L'État a, par ailleurs, suscité la création du groupement d'intérêt public GEODERIS, pôle d'expertise et d'appui à l'administration pour l'étude du comportement des ouvrages miniers, la caractérisation des aléas éventuels et la détermination des mesures à prendre pour prévenir

les risques qui peuvent être induits en surface. Ce GIP regroupe des compétences de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) et du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Pour la gestion opérationnelle de l'après-mine, l'État a récemment confié au BRGM des missions de prévention, de surveillance et de sécurité sur les anciennes concessions minières. Le Département pour la Prévention et la Sécurité Minière exerce ainsi, pour le compte de l'État, une maîtrise d'ouvrage déléguée pour la réalisation des travaux de mise en sécurité ou la mise en œuvre de mesures préventives lorsque la suppression du risque minier n'est pas possible ou est trop coûteuse. Il gère également les installations hydrauliques de sécurité, de pompage et de traitement des eaux mises en place par les exploitants lorsque les collectivités locales n'exercent pas leur droit à reprise prévu par le code minier.

Enfin, afin de développer les connaissances scientifiques requises pour l'expertise et la gestion des risques, une structure scientifique, le GISOS, a été créée. Plusieurs organismes publics (INERIS, BRGM, Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole des Mines de Paris) sont associés au sein de ce Groupement d'Intérêt Scientifique. Pour restituer l'avancement de ses travaux et initier des partenariats à l'échelle européenne ou mondiale, le GISOS organise, tous les 3 ans, un colloque international dédié à l'après-mine.

Remerciements

L'auteur remercient le Ministère en charge de l'Industrie pour son soutien financier et technique dans les différentes démarches de développement méthodologique et d'expertise menées dans le cadre de la prévention des risques miniers en France.

7 Références

Couffin, S., Bigarre, P., Bennani, M., Josien, J.P., 2003. Permanent real time microseismic monitoring of abandoned mines for public safety. 6th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics FMGM 2003, 15-18 septembre 2003, Oslo, Norvège, pp. 437-444.

Didier C., 1999. Etablissement d'un Plan de Prévention des Risques liés à la présence d'anciennes carrières souterraines. Principes d'une analyse par configurations types. Décennie Internationale pour la Prévention des Catastrophes Naturelles. Séminaire de restitution.17-19 juin 1999, Paris.

Didier C., Bonneviale P., Guise Y., 1999. Closing down and securing underground mining works in France. Legal and Technical Aspects. Mining and the Environment II. September 13-15, 1999. Sudbury, Ontario, Canada.

Didier C., Josien J.P., 2003. Importance of failure mechanisms for management of surface instability risk above abandoned mines. 10th Congress of the ISRM. 8-12 September 2003 Sandton Convention Centre, South Africa. Symposium Series S33 Volume 1 pp. 243-248.

Didier C., Leloup J., 2006. The French Experience of Post Mining Management. First Seminar on Mine Closure. 13-15 September 2006. Perth, Australia.

Didier C., Daupley X., 2007. Le PPRM, clé de voûte de la politique française de prévention des risques miniers. Annales des Mines. Réalités Industrielles. Novembre 2007, pp. p. 74-85.

Dommanget A., 2006. Notice de présentation et d'utilisation de la base de données des titres et sites miniers (version 3.1). Rapport GEODERIS S 2006/18DE - 06SUD1100, daté du 14/02/06.

Drebenstedt C., 2006. Conditions for Mine Closure in Great European Coal Mines. First Seminar on Mine Closure. 13-15 September 2006. Perth, Australia.

El Shayeb Y. & al., 2001. Towards the determination of surface collapse type over abandoned mines in the Lorraine iron basin. Congress Eurock, Espoo, 2001.

Goeuriot C., Cura F., 1999. Les affaissements dans le bassin minier du Pays Haut Lorrain. Annales des Mines. Responsabilité et Environnement. Janvier 1999, pp. 38-48.

Martinet Y., 2004. Les risques de responsabilités des anciens exploitants. Mise en œuvre d'un plan de prévention des risques juridiques. Annales des Mines. Responsabilité et Environnement. Juillet 2004, pp. 35-44.

Merad M., 2004. Apport des méthodes d'aide multicritère à la décision pour l'analyse et la gestion des risques liés aux mouvements de terrain induits par les ouvrages souterrains. Mémoire de thèse. Avril 2004.

Petit D., 2004. La gestion de l'après-mine. Exemples étrangers. Annales des Mines. Responsabilité et Environnement. Juillet 2004, pp. 15-31.

Piguet J.P., Josien J.P., Kouniali S., Bigarre P., Vouille G., 1999. Contribution of Rock Mechanics for Risk Assessment in abandoned mines. 9th Congress of the ISRM, Paris, 1999, Vol. 1 pp. 317-322.

Strickland C.D., Ormsby W.R., 2006. Western Australia's Inventory of Abandoned Mine

Vila G., Witkowski P., Tondini M.C., Perez-Diaz, Mouren Simeoni M.C., Jouvent R., 2001. A study of psychotraumatic disorder in children who experienced an industrial disaster in the Briey region. European Child & Adolescent Psychiatry. 10(1), pp. 10-18.

Guide méthodologique pour l'arrêt des exploitations minières. INERIS-DRS-01-25750/R01 daté d'avril 2001. 130 p.