

LES Enjeux DES GÉOSCIENCES

FICHE DE SYNTHÈSE SCIENTIFIQUE
N° 9 - Octobre 2004

Cavités souterraines : prévenir les risques d'effondrement

Au niveau national, les différents types de cavités souterraines et les désordres qu'elles sont susceptibles d'entraîner constituent un risque majeur. Face à l'ampleur du phénomène et comme souvent en matière de risque, les actions d'identification et de prévention sont les principales mesures prises par les Pouvoirs Publics qui s'appuient sur la connaissance scientifique pour tenter de prévenir les dommages.

A ce titre, le BRGM met en place les outils nécessaires à la prévention du risque d'effondrement : inventaires départementaux, banques de données, cartographie de l'aléa, détection de cavités, suivi de l'évolution des cavités détectées, recommandations pour les mises en sécurité.

Les principaux types de cavités souterraines

- 1 Niveau piézométrique (ou niveau de la nappe d'eau souterraine)
- 2 Réseau karstique
- 3 Affaissement
- 4 Effondrement
- 5 Effondrement dans un puit d'accès
- 6 «Bétoire» (exhaure de karst)

Notre sous-sol recèle un nombre incalculable de cavités souterraines naturelles ou liées aux activités humaines. Une fois abandonnées ou oubliées, ces cavités représentent un risque potentiel d'effondrement et donc de danger particulièrement en milieu urbain. En Lorraine, en Picardie, en Normandie ou dans le val de Loire, entre autres, les dangers de ces cavités sont désormais considérés comme majeurs.

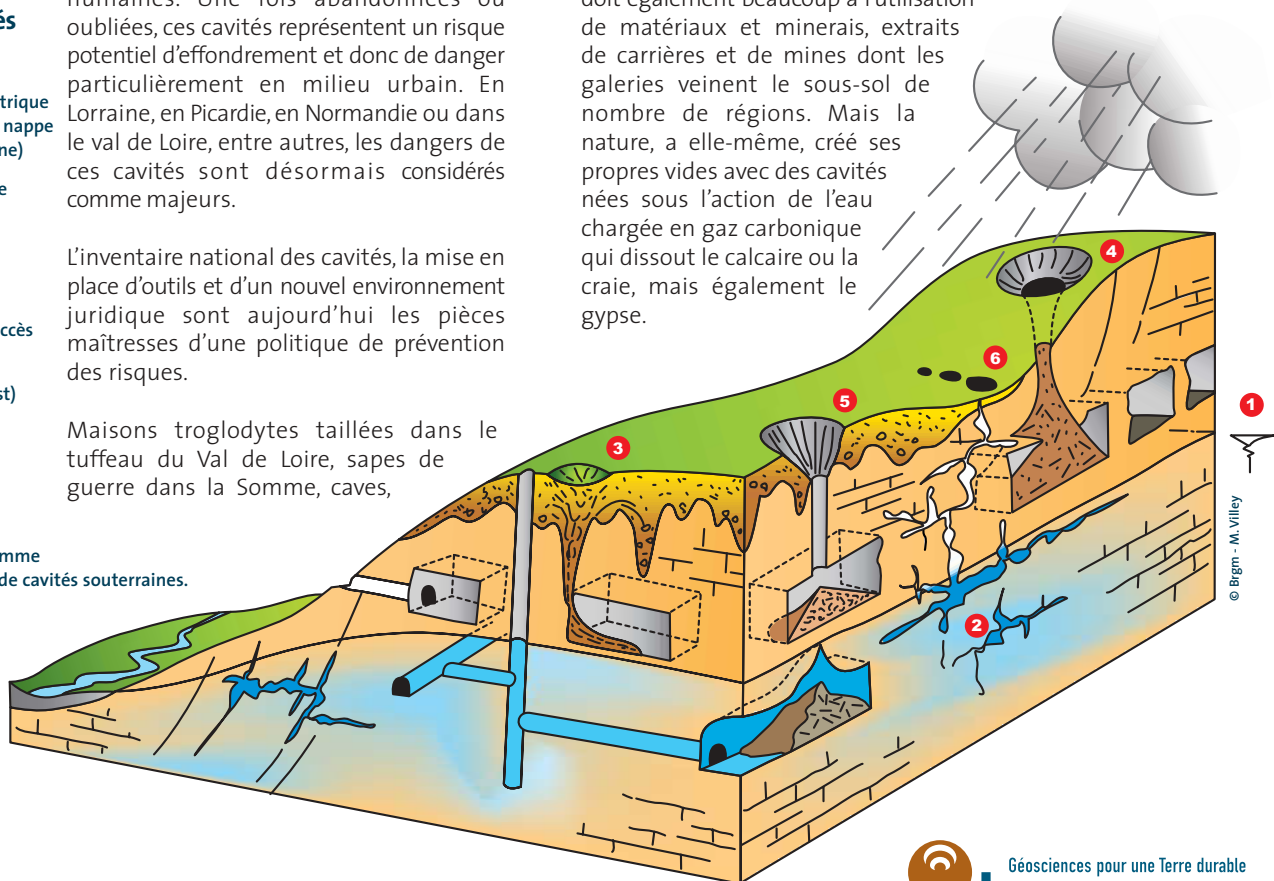
L'inventaire national des cavités, la mise en place d'outils et d'un nouvel environnement juridique sont aujourd'hui les pièces maîtresses d'une politique de prévention des risques.

Maisons troglodytes taillées dans le tuffeau du Val de Loire, sapes de guerre dans la Somme, caves,

souterrains ou tunnels : de tout temps l'homme a cherché à creuser et à se protéger dans des abris. Notre société moderne doit également beaucoup à l'utilisation de matériaux et minerais, extraits de carrières et de mines dont les galeries veinent le sous-sol de nombre de régions. Mais la nature, elle-même, crée ses propres vides avec des cavités nées sous l'action de l'eau chargée en gaz carbonique qui dissout le calcaire ou la craie, mais également le gypse.

Ce schéma recense dans un bloc diagramme les différents types de cavités souterraines.

Seules les cavités en pointillés sont d'origine anthropique



© Brgm - M. Villey

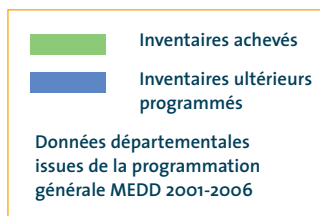


Au total, on estime à environ **500 000** le nombre de cavités souterraines sur tout le territoire national. Certaines sont totalement inoffensives alors que d'autres présentent un danger potentiel avec des risques d'affaissements, de fontis ou d'effondrements souvent spectaculaires et dangereux pour les vies comme pour les biens. Les affaissements apparus dans les bassins miniers de l'Est, en 1996, peu de temps après leur fermeture, nous rappellent que le danger est bien présent et qu'il engendre des coûts et des conséquences socio-économiques considérables.

INVENTAIRE DANS 35 DÉPARTEMENTS

«La France est particulièrement exposée à ce risque», explique Jean-Louis Nédellec, responsable de l'unité Risques et Gestions de Crise «au BRGM qui suit ces problèmes. La présence de craie, de gypse, le développement des villes sur les terres agricoles riches en marnières, la fermeture de la quasi-totalité des mines : tout cela explique l'importance du phénomène». Le caractère spectaculaire des effondrements a entraîné une véritable prise de conscience ces dix dernières années. Ainsi, en 2000 le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) décidait de confier au BRGM une mission nationale d'inventaire des cavités connues (sauf les mines) avec pour objectif de réaliser, d'ici 2006-2007, un inventaire dans les 35 départements les plus exposés. Aujourd'hui, 13 inventaires départementaux sont achevés et plusieurs autres en cours avec déjà 240 000 localisations de cavités qui sont accessibles sur le site www.bdcavite.net.

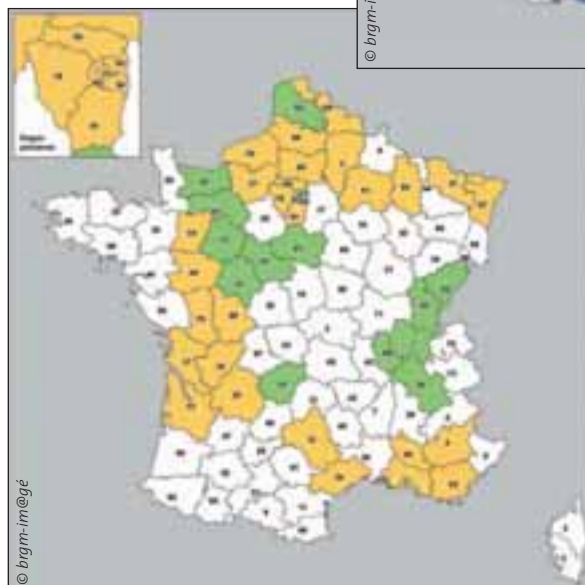
Cet inventaire est réalisé à partir d'enquêtes documentaires (archives publiques, de la presse locale, des communes), d'informations recueillies auprès des mairies, d'observations et de travaux sur le terrain. Ces inventaires permettent bien sûr de recenser les différentes cavités mais également d'aider à la réalisation de cartes d'aléas pour établir des PPR (plans de prévention des risques) ou d'élaborer des outils d'aide à la gestion des risques. Une autre base de données consacrée aux mouvements de terrain (www.bdmvt.net) également gérée par le BRGM permet d'établir une planification préventive des risques pour mieux protéger les personnes et les biens. Elle mémorise l'ensemble des données disponibles en France avec déjà près de 17 000 données recueillies dans 43 départements.



Programmation des inventaires départementaux



Carte remise à jour : juin 2004



Avancement de l'alimentation de la base nationale www.bdcavite.net



Le travail de connaissance prendra des années : «on connaît à peine 10 % de ces cavités», reconnaît Jean-Louis Nédellec, si on arrive à 15 ou 20 % ce serait déjà une avancée». Dans bien des cas, il faudra donc continuer à vivre avec le vide sous nos pieds.

CARRIÈRES ET SAPES : DE GRANDS VIDES

En dehors des cavités naturelles, de nombreux vides sont dus à la main de l'homme qui voulait se protéger ou exploiter les ressources naturelles. C'est vrai notamment sur le plateau picard victime en 2000 et 2001 de nombreux effondrements et affaissements de terrains dont plus de 4 000 ont été recensés dans les seules régions de Montdidier (Somme) et Clermont (Oise). Des pluies exceptionnelles et la remontée de la nappe de Somme expliquent en grande partie l'effondrement de ces cavités dont beaucoup sont d'anciennes

sapes militaires de la guerre de 14-18 (dépôts d'armes, tunnels stratégiques, abris...). Un inventaire réalisé en 2002 par le BRGM a notamment mis en avant une série de mesures pour prévenir d'autres catastrophes : reconnaissance et inspection des cavités, stabilisation, maîtrise des eaux pluviales et usées, cartes d'aléas, zonages au sein du PPR...

La Normandie est également une région très sensible avec, pour la seule Haute-Normandie, plus de 100 000 marnières, petites carrières souterraines d'extraction de la craie utilisée il y a encore deux siècles pour l'amendement des champs. Une première étape du recensement des données disponibles sur cette région est en cours alors qu'un inventaire départemental des cavités abandonnées a été réalisé dans l'Orne et le Calvados avec 3 000 points recensés. Mais dans ces deux régions, aussi «riches» en cavités, l'inventaire complet et exhaustif demandera plusieurs années.

Quelques définitions

- **Cavités naturelles.** Elles se constituent dans certaines formations géologiques sensibles à l'action de l'eau. En s'infiltrant dans les fissures naturelles du sous-sol, l'eau chargée en gaz carbonique dissout la craie et autres roches calcaires en formant des entonnoirs de dissolution et parfois d'énormes cavités.
- **Cavités artificielles.** Elles sont créées par les activités humaines : anciennes exploitations de ressources minérales (mines, carrières), puits, sapes de guerre, infrastructures souterraines (tunnels, caves à vin, caves à bière, champignonnières, ouvrages «cultuels», aqueducs souterrains, habitations troglodytiques...).



Effondrement à Rouvroy-en-Santerre



Ancienne habitation troglodytique - Indre-et-Loire

● Désordres de surface liés aux cavités :

- **Affaissement** : déformation souple, sans rupture et progressive de la surface du sol se traduisant par une dépression en forme de cuvette, généralement à fond plat et bords fléchis en «S». Pas de victimes en raison de la progressivité du phénomène.
- **Fontis** : effondrement brutal mais localisé se manifestant sous la forme d'un entonnoir ou d'un cratère. Le diamètre et la profondeur du cône peuvent varier de quelques mètres à plusieurs mètres. Il fait des victimes.
- **Effondrement** : abaissement violent de la surface pouvant aller de plusieurs hectares de surface jusqu'à plusieurs mètres de profondeur. Il est spécifique des mines et des carrières exploitées par chambres et par piliers et fait de nombreuses victimes et sinistrés.

MINES : 60 000 KM DE GALERIES

Alors que l'extraction du charbon, du fer, de la bauxite et de la potasse fait partie du passé en France, près de 2 500 communes sont concernées par les séquelles de l'exploitation minière tandis que 900 d'entre elles sont directement menacées par des risques d'effondrement. «**Pendant longtemps**, explique Michel Messin responsable de l'unité après-mine au BRGM, **il faudra accompagner ces fermetures en apportant les meilleures techniques pour éviter les séquelles minières. Aujourd'hui nous développons des outils efficaces pour évaluer et suivre la stabilité du sous-sol sur le long terme**». Pour cela, le BRGM s'appuie sur un vaste laboratoire naturel,

la Lorraine, qui est, avec 60 000 km de galeries utilisées pour l'extraction du fer, du charbon et du sel, la région la plus sensible à ces risques : 120 maisons ont ainsi été détruites en 1996-97 par des effondrements d'anciennes galeries.

C'est pourquoi deux outils d'étude et de prévention ont vu le jour dans la région. En 1999, le BRGM, l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Mines), l'INPL (Institut National Polytechnique de Lorraine), l'Ecole des Mines de Nancy et celle de Paris ont créé le GISOS (Groupement d'Intérêt Scientifique sur l'impact et la sécurité des Ouvrages Souterrains). Ce groupement installé à Nancy est chargé d'étudier le comportement des terrains et l'impact en surface des ouvrages souterrains.

Une expérimentation en grandeur réelle dans la mine de fer de Tressange en Moselle a d'ailleurs été réalisée en 2002-2003 pour étudier les conséquences de l'ennoyage des galeries. Cette année la surveillance et l'étude d'une mine de sel par dissolution sont en cours près de Nancy.

Une autre structure, GEODERIS, a vu le jour en 2001 à l'initiative du BRGM et de l'INERIS. Constitué d'équipes pluridisciplinaires installées à Metz, Caen et Alès ce pôle vient en appui aux politiques publiques, notamment les DRIRE, dans la gestion des séquelles de l'après-mine : collecte et gestion des informations, évaluation des menaces et des risques, surveillance des sites, mise en œuvre de travaux, élaboration de PPR, diffusion de l'information...

DES OUTILS POUR SURVEILLER LES CAVITÉS ET PRÉVENIR LES RISQUES

Surveiller l'évolution des cavités souterraines et prévenir ainsi les risques d'effondrements suppose la mobilisation de plusieurs outils et méthodes basées sur les variations des propriétés physiques du sous-sol : micro-gravimétrie, radar géologique, méthodes électriques et électromagnétiques, méthodes sismiques. «Cela fait 15 ans, explique Hubert Fabriol, responsable de l'unité «Mesures, Reconnaissance, Surveillance» au BRGM, que nos géophysiciens travaillent sur ces méthodes. Notre retour d'expérience a permis de mesurer les succès et les échecs et de déterminer une ligne de conduite pour les recherches et applications futures». La micro-gravimétrie classique (détection de déficits de masse) est utilisée depuis

longtemps pour la détection des cavités. Plus récemment, les méthodes sismiques et en particulier l'analyse spectrale des ondes de surface (détection d'anomalies de propagation des ondes sismiques) sont arrivées en renfort. La combinaison des deux méthodes, comme le BRGM l'a expérimentée récemment à Orléans, permet notamment de réduire les incertitudes.

Autres outils de détection : les méthodes électriques et électromagnétiques (mesure de la résistivité des roches du sous-sol en y injectant un courant), le radar géologique (détection de réflexions d'impulsions électro-magnétiques hautes fréquences), la résonance magnétique protonique (notamment pour les cavités ennoyées). Aux côtés de ces outils géophysiques, d'autres techniques sont désormais mises en œuvre : thermographie infrarouge

(mesure du rayonnement thermique naturel de la surface du terrain en fonction de sa température apparente), photo-interprétation (analyses de photographies aériennes), sondages, reconnaissance géométrique (levés topographique et géométrique)...

Si la combinaison de ces techniques permet désormais de détecter la présence de cavités d'une manière relativement fiable, la surveillance des cavités par la géophysique en est encore au stade expérimental. Par ailleurs, la surveillance des mouvements de surface par la méthode satellitaire est également aujourd'hui un thème de recherche : la technique de l'interférométrie radar satellitaire, qui analyse deux images radar prises à des dates différentes, a notamment été utilisée pour suivre les affaissements provoqués par l'activité minière.

Quelques chiffres

- Plus de 500 000 cavités sur tout le territoire
- 35 inventaires départementaux à réaliser de 2001 à 2006
- 13 inventaires sont achevés et ont conduit à localiser 240 000 cavités souterraines
- 2500 communes françaises sont concernées par les séquelles de l'exploitation minière
- 900 d'entre elles sont directement menacées par des risques d'effondrement



Effondrement de terrain en zone urbaine.

Le cadre juridique et ses implications

Le droit commun du sol (art 552 du code civil) précise que la propriété du sol «emporte celle du dessus et du dessous».

Le propriétaire d'un terrain possède donc également les cavités souterraines comprises dans le périmètre de sa propriété. A ce titre, il est responsable des dommages induits par ces cavités, sauf pour les cavités minières qui sont cédées momentanément à un exploitant avant de revenir à son propriétaire, lorsque toutes les nuisances ont été maîtrisées.

La loi Bachelot du 30 juillet 2003 complète la démarche de prévention des risques avec quelques objectifs généraux (renforcer la concertation et l'information du public, maîtriser l'urbanisation dans les «zones à risques», prévenir les risques à la source).

Si le propriétaire conserve sa responsabilité première, le rôle de l'Etat et des élus est également reconnu. Ainsi, l'Etat doit publier la liste des communes où des cavités ont été recensées tandis que les communes, ou leurs groupements doivent élaborer des cartes délimitant les sites où sont répertoriées des cavités souterraines.

Dans les zones particulièrement exposées, des prescriptions peuvent aller jusqu'à l'inconstructibilité de terrains, l'obligation de mettre en œuvre des parades ou des travaux de confortement (voire de combler la cavité) pour réduire les risques, l'élaboration d'un PPR, voire l'expropriation. Au total, toute cette palette de mesures doit permettre de réduire très sensiblement les risques.

La prévention dans le Loiret

Trois inventaires départementaux (Loiret, Loir-et-Cher, Indre-et-Loire) sont déjà achevés dans le Centre, une des régions les plus «creusées» avec 11 000 cavités aujourd'hui recensées. Pour le Loiret, les données de cet inventaire ont permis de cartographier trois classes d'aléas : fort (122 communes), moyen (138 communes) et faible (74 communes). L'essentiel des zones exposées est situé dans la région d'Orléans et dans le Gâtinais. En croisant la carte d'aléas à la carte d'enjeux établie à partir de la densité de population, quatre bassins à risques ont été définis avec des propositions de mesures adaptées comme l'établissement d'un PPR spécifique sur les 12 communes les plus urbanisées.

Pour en savoir plus :

Jean-Louis Nédellec - Tél. 04 91 17 74 63.
Michel Messin - Tél. 03 38 64 30 56.

Collaboration rédactionnelle :

Jean-Jacques Talpin

Centre scientifique et technique

BRGM - 3, avenue Claude-Guillemin - BP 6009
45060 Orléans Cedex 2 - Tél. 02 38 64 34 34

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm