HAL
open science

RISSC : Mieux gérer les risques liés aux cavités souterraines en Wallonie et dans les Hauts-de-France

Ali Kheffi, Jean-Marc Watelet, Cédric Lefebvre, Audrey Deudon, Michel Dubois, Fanny Descamps

To cite this version:

Ali Kheffi, Jean-Marc Watelet, Cédric Lefebvre, Audrey Deudon, Michel Dubois, et al.. RISSC : Mieux gérer les risques liés aux cavités souterraines en Wallonie et dans les Hauts-de-France. 10èmes Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'ingénieur (JNGG 2020), Nov 2020, Lyon, France. ineris-03319952

HAL Id: ineris-03319952

https://ineris.hal.science/ineris-03319952v1

Submitted on 13 Aug 2021

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.

RISSC : MIEUX GERER LES RISQUES LIES AUX CAVITES SOUTERRAINES EN WALLONIE ET DANS LES HAUTS-DE-FRANCE

THE RISSC PROJECT: IMPROVING RISK MANAGEMENT FOR UNDERGROUND CAVITIES IN WALLONIA AND HAUTS-DE-FRANCE

Ali KHEFFI[1], Jean-Marc WATELET[2], Cédric LEFEBVRE[3], Audrey DEUDON[4], Michel DUBOIS[5], Fanny DESCAMPS[6]
[1] ISSeP, Institut Scientifique de Service Public wallon, Colfontaine, Belgique
[2] Ineris, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Verneuil-en-Halatte, France
[3] Cerema, Centre d'étude et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, Lille, France
[4] ACM France, Association des Communes Minières de France, Liévin, France
[5] Univ. Lille, ULR 4515, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, Lille, France
[6] UMONS, Université de Mons, Mons, Belgique

RÉSUMÉ – La Wallonie et les Hauts-de-France connaissent des problèmes similaires de mouvements de terrains liés aux cavités souterraines, qui menacent la sécurité des personnes, l'aménagement du territoire et l'attractivité socio-économique. Basé sur une dynamique transfrontalière, le projet Interreg RISSC vise l'amélioration de la connaissance, de la prévention et de la gestion des risques liés aux terrains sous-cavés.

ABSTRACT – Wallonia and Hauts-de-France face similar problems of ground movements related to underground cavities. Those problems threaten people safety, land management and socio-economic attractiveness. Based on a cross-border dynamic, the RISSC Interreg project aims in improving the knowledge, prevention and management of risks related to underground cavities.

1. Introduction

En raison d'une géologie et d'une histoire industrielle similaire, les régions de Wallonie et des Hauts-de-France comptent sur leur territoire de nombreuses cavités souterraines, qu'elles soient d'origine anthropique (mines, carrières, etc.) ou naturelles (karst e.g.). De ce fait, des problèmes de mouvements de terrains se rencontrent localement de part et d'autre de la frontière franco-belge, tant en zone habitée que constructible. Ils touchent aussi certaines grandes infrastructures publiques transfrontalières (routes, voies ferrées, réseaux d'énergie, pipelines, etc.) avec des conséquences importantes sur l'implantation de leur tracé et leur coût de réalisation. Ces phénomènes potentiels induisent une menace à l'égard de la sécurité des personnes, des biens immobiliers, des projets d'aménagement et de l'attractivité socio-économique de certains territoires.

Des deux côtés de la frontière, les politiques publiques de prévention et de gestion des risques du sous-sol visent des objectifs communs. Elles déploient néanmoins des outils différents et perfectibles. Ainsi, le projet Interreg RISSC a été pensé pour apporter une réponse coordonnée au bénéfice de la sécurité des populations dans une perspective transnationale et européenne. Réalisé avec le soutien du Fonds Européen de Développement Régional, il réunit des partenaires actifs en Wallonie et Hauts-de-France en matière de caractérisation, prévention et gestion des risques du sous-sol. Dans cet article, nous présentons la philosophie générale du projet et les opérations scientifiques qui y sont menées.

2. La philosophie du projet RISSC

Pour réduire les risques liés aux cavités souterraines ou leur impact, différents types d'actions sont possibles et souvent complémentaires. Elles peuvent être classées en quatre grands domaines : l'amélioration de la connaissance, la gestion technique du risque, la gestion réglementaire du risque et la diffusion des connaissances. Le projet RISSC travaille sur l'ensemble de ces aspects.

L'amélioration des connaissances concerne d'abord l'identification des cavités, qui est très inégale selon les territoires car elle dépend des investigations menées dans le passé et/ou des désordres déjà observés en surface. Sur un plan plus fondamental, la compréhension des mécanismes de dégradation des cavités souterraines et d'apparition des désordres en surface doit être approfondie. En particulier, les effets de la superposition d'ouvrages miniers profonds et de cavités proches de la surface sont encore peu étudiés. L'acquisition de nouvelles connaissances devrait pouvoir influencer le type de solutions proposées pour le futur.

Au niveau de la *gestion technique du risque*, deux approches complémentaires existent. D'une part, le projet s'appuie sur des retours d'expérience au niveau de la mise en sécurité des cavités (confortement, comblement), en explorant notamment des méthodes innovantes de valorisation. D'autre part, la gestion du risque peut être optimisée grâce à la surveillance des cavités.

Au *niveau réglementaire*, adapter l'urbanisation est un autre moyen de gérer efficacement le risque lié aux cavités souterraines. Des outils différents existent dans les Hauts-de-France et en Wallonie. Le projet RISSC se propose de comparer les différents cadres réglementaires et d'en optimiser les pratiques.

Enfin, *la diffusion des connaissances* est le quatrième aspect du projet RISSC. Pour que les travaux ne restent pas confinés aux seules communautés scientifiques, les partenaires veillent à diffuser le plus efficacement possible les résultats sous forme didactique.

A travers ces quatre modes d'action, les objectifs visés par le projet sont de :

- mutualiser les ressources techniques et réglementaires existant en Wallonie et dans les Hauts-de-France (règlements, bases de données, méthodologies, etc.) ;
- favoriser et organiser les échanges de bonnes pratiques à l'échelle transfrontalière ;
- améliorer l'offre de solutions pour la prévention et la gestion d'incidents ;
- mettre à disposition, des gestionnaires de l'eurorégion, des outils innovants et optimisés de sécurité et d'aménagement du territoire.

Le projet est organisé en trois modules techniques qui sont présentés dans la suite de l'article avec les principaux résultats déjà obtenus.

3. Inventaire des objets souterrains et des menaces et caractérisation des effets redoutés

Afin de renforcer la connaissance du sous-sol et des risques liés aux cavités souterraines, les ressources existantes en Wallonie et dans le Nord de la France (données, méthodologies et outils) sont mutualisées.

Une première tâche consiste à *identifier, inventorier et décrire les cavités et objets souterrains*. L'inventaire réalisé (Lefèbvre et Pacyna, 2019 ; Salmon 2019 ; Yart 2019) confirme que des similitudes existent des deux côtés de la frontière avec des exploitations souterraines de craie ou de sable, des cavités karstiques certes moins nombreuses en Hauts-de-France qu'en Wallonie, et des mines de fer notamment. Un autre point commun concerne la présence de mines de charbon profondes. Des concessions se trouvent dans des secteurs impactés par des cavités souterraines plus superficielles. L'inventaire a

également mis en évidence des disparités avec des types de cavités qui influencent de manière plus prégnante certaines zones des Hauts-de-France. C'est le cas des sapes de guerre, des souterrains refuges ou d'habitat troglodytique par exemple. A l'inverse, en Wallonie existent de vastes carrières souterraines de craie phosphatée alors qu'en Hauts-de-France, ce type d'exploitation est d'emprise réduite ou plutôt à ciel ouvert.

Une fois les cavités souterraines identifiées, un autre aspect du travail concerne la *compréhension des mécanismes de ruine* possibles. Les anciennes carrières de la Malogne (Mons, Belgique ; Kheffi et Pacyna, 2016) et la carrière Herriot (Métropole lilloise, France ; Dubois, 2019) ont été choisies comme sites tests. Sur les deux sites, l'approche consiste à recenser les désordres et leur géométrie spécifique et à comparer les contextes géologiques. La démarche se poursuite avec la caractérisation des masses rocheuses concernées, en laboratoire et in situ, y compris les terrains de recouvrement pour ensuite modéliser les effets redoutés. Des solutions analytico-empiriques existent pour modéliser les effets de ruine des cavités souterraines, notamment la subsidence en surface (Brady et Brown, 2005). Toutefois, la modélisation numérique s'impose pour une bonne compréhension des phénomènes le plus souvent spécifiques aux sites étudiés.

Le travail s'est d'abord concentré sur les carrières de la Malogne qui exploitaient la craie phosphatée par la méthode des chambres et piliers. Une cartographie détaillée des instabilités est réalisée (Figure 1) : failles majeures, karstification et oxydation, chutes de toit, fontis en forme de coupole, éclatement de piliers, etc. Les travaux en laboratoire ont permis de caractériser le comportement mécanique de la craie, sèche et saturée, et celui du calcaire des épontes en conditions atmosphériques (Georgieva et al., 2019). In situ, des levés structuraux et l'estimation d'indices de qualité du massif rocheux ont été réalisés dans différents secteurs. La qualité du massif varie de faible (en zone saturée) à bonne (dans le rocher sec). Un premier modèle numérique 2D dans une section verticale type a été réalisé en éléments finis. Il indique déjà quelques correspondances avec des phénomènes observés et permet d'étudier les effets de variations de la géométrie du problème et des propriétés mécaniques.

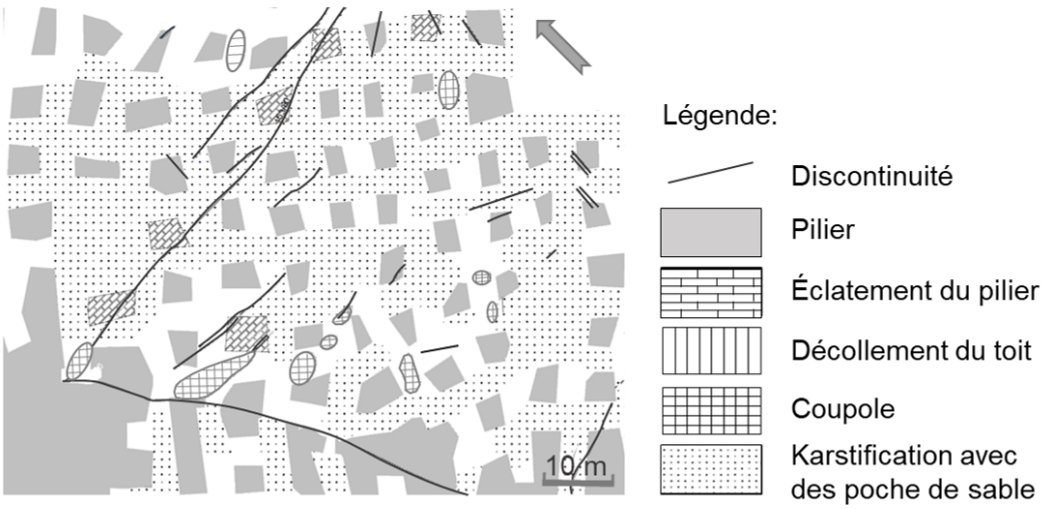

Figure 1 : Cartographie des instabilités dans un secteur test des carrières de la Malogne.

La *cartographie des aléas* de mouvements de terrain engendrés par les cavités souterraines est une autre manière d'évaluer les effets redoutés. Des méthodologies existent en Wallonie (Kheffi et Pacyna, 2018) et en France (Guide méthodologique PPRN cavités souterraines abandonnées, 2012). Dans le cadre du projet RISSC, deux sites pilotes (Jemappes en Wallonie et Seclin dans les Hauts-de-France) ont été sélectionnés sur base de la pertinence de mener une étude, des données disponibles, de l'importance

des risques et de la présence d'enjeux potentiels. Le travail consiste en une validation croisée des méthodologies française et wallonne sur les sites pour permettre un échange de bonnes pratiques.

Une quatrième action vise *l'élaboration d'une base de données commune à l'échelle transfrontalière* pour mutualiser les expériences acquises lors d'accidents et d'effondrements passés. Cette approche cherche à renforcer la connaissance des conditions de ruine des objets souterrains afin de mieux anticiper et gérer les situations de crise à l'échelle du bassin de risque d'un territoire concerné par la problématique d'effondrement de cavités.

Enfin, dans certains cas, des exploitations minières profondes peuvent influencer le comportement de cavités souterraines plus proches de la surface. C'est le cas pour le site de la Malogne évoqué précédemment mais aussi potentiellement le Valenciennois et le Bruaisis. Dans ces régions, l'exploitation du charbon a généré un foudroyage des terrains dans le voisinage proche des veines exploitées, qui se traduit jusqu'en surface par un phénomène d'affaissement pouvant atteindre plusieurs mètres (Brady et Brown, 2005). A cet effet, après un inventaire des veines de charbon exploitées, la collecte de données minières anciennes (coupes et plans) permet de construire un modèle géologique tridimensionnel de ces travaux miniers (Descamps et al., 2019). Leur intégration dans un outil de simulation géomécanique permettra de reconstituer l'historique des exploitations et de comprendre *l'influence potentielle des exploitations profondes* sur les cavités souterraines plus proches de la surface.

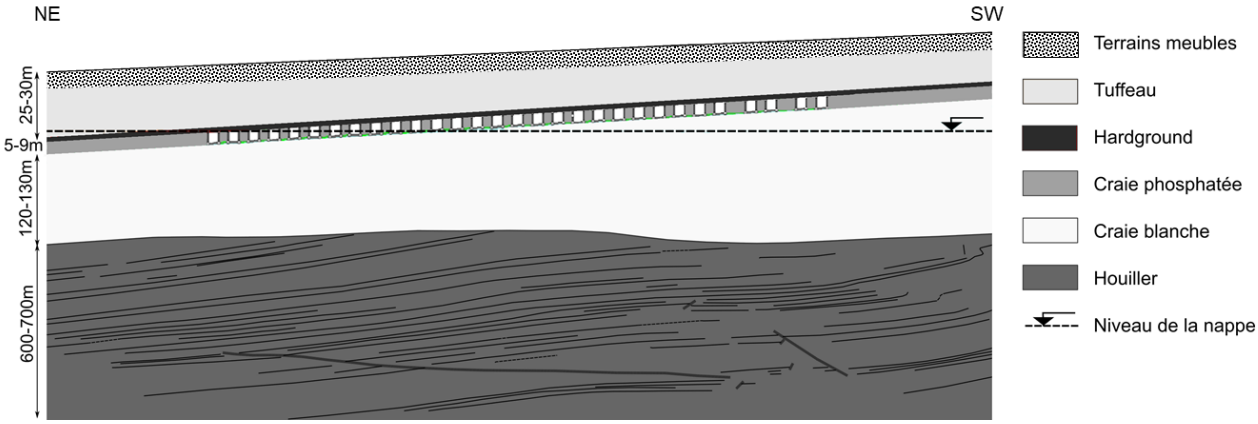

Figure 2 : Schéma d'une coupe verticale montrant l'exploitation de craie phosphatée de la Malogne et les anciennes exploitations de charbon, plus profondes.

4. Développement de solutions locales adaptées pour réduire le risque

En présence de cavités reconnues ou soupçonnées dans le sous-sol, la gestion des terrains de surface est un problème complexe en raison d'enjeux déjà existants et de futurs projets d'aménagement. Pour prévenir et réduire le risque, on peut travailler non seulement sur la connaissance de l'évolution des cavités mais également sur la mise en sécurité des personnes et des infrastructures de surface. A cet effet, un second module technique synthétise les *méthodes de traitement* classiquement mises en œuvre en Wallonie et dans les Hauts-de-France. Des solutions innovantes ou alternatives adaptées à la configuration des vides et aux contextes nationaux (réglementaire, économique, territoires) sont aussi considérées.

Une enquête transfrontalière, des entretiens ciblés et une recherche bibliographique (Pinon et Degas, 2016) sur les méthodes de mise en sécurité montrent que les entités questionnées (collectivités, organismes publics, exploitants et bureaux d'étude) doivent

gérer des cavités de tous types (carrières, mines, puits, sapes de guerre, souterrains refuges, vieux égouts, karsts, etc.), en majorité situées entre 0 et 20 m de profondeur et en général en milieu urbanisé ou sous voirie.

Ces cavités, ou leurs accès, sont traitées par diverses méthodes et avec des objectifs variés (situation de crise, en prévention, en réhabilitation des terrains de surface, en valorisation, etc.). Les solutions de traitement par comblement restent toutefois les plus utilisées (en majorité avec un coulis à base de ciment) en Hauts-de-France comme en Wallonie. Comme elles sont onéreuses, *l'identification de solutions de mise en sécurité alternatives* est intéressante. Des exemples existent dans les régions concernées :

- le terrassement-comblement de catiches dans la région lilloise (Figure 3) ;
- l'effondrement provoqué (foudroyage) des cavités dans le secteur de la carrière de la Malogne à Cuesmes géré par la SNCB, au droit d'une ligne de chemin de fer (Raedschelders et al, 1987) ;
- le confortement par piliers maçonnés à Laon (Lambert et Duval, 2013).

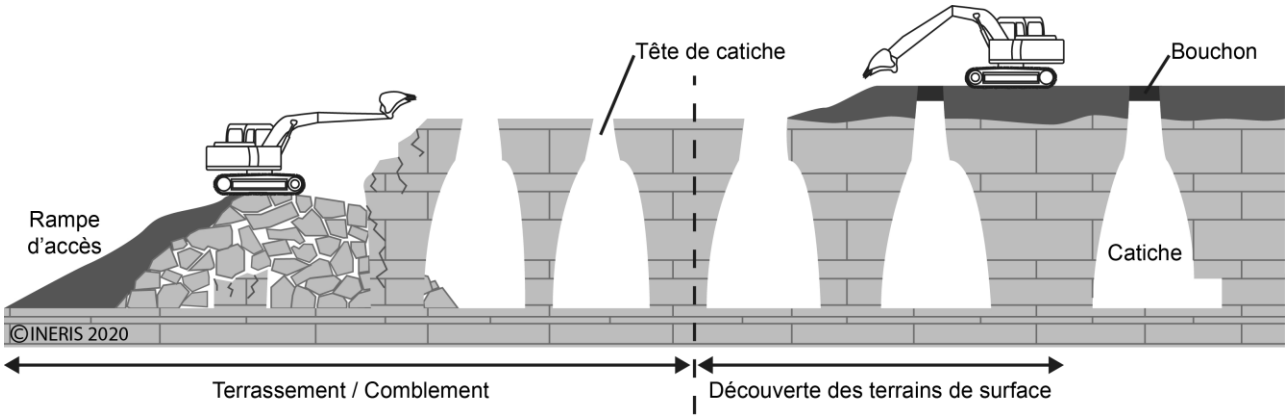

Figure 3 : Principe de la methode de terrassement-comblement de catiches.

Les mesures de contrôle et de surveillance post-travaux sont pratiquées de part et d'autre de la frontière selon des procédures relativement similaires.

Dans certains cas particuliers comme un traitement d'urgence (comblement des cavités difficiles d'accès ou réalisation de barrages), des produits spécifiques sont employés pour le comblement : injection de mousses, billes d'argiles, etc. Mais la pérennité dans le temps et les risques sanitaires de ces solutions sont encore mal connus (Pinon, 2018 ; Coussy et al, 2016).

Enfin, pour contribuer à la diffusion des connaissances, le projet RISSC travaille sur un document didactique des méthodes de prévention et de réduction des aléas les mieux adaptées au contexte transfrontalier local. Outre la description des méthodes de traitement, une synthèse des contraintes et précautions à considérer est envisagée.

Si l'inspection visuelle permet un diagnostic efficace pour le suivi des cavités, *l'instrumentation des cavités* est parfois nécessaire pour comprendre et prévoir l'évolution du massif notamment dans le cas d'une dégradation avérée et évolutive. Cette solution alternative, au regard d'autres mesures peu envisageables techniquement ou économiquement, se base sur la détection d'accélération de la déformation du massif, précurseur de phénomènes brutaux. Une carrière possédant des secteurs dégradés (piliers dégradés, chute de toit, etc.) a été sélectionnée pour y installer un réseau de surveillance visant à illustrer l'applicabilité de ces instruments à la surveillance des carrières des Hauts-de-France et de Wallonie. Il s'agit de la carrière nommée « Herriot » à Hellemmes (France). En plus des instruments de mesures de déplacement classiques déjà présents dans la carrière (cannes de convergence suivies par la Métropole Européenne Lilloise), d'autres instruments permettant un suivi des dégradations à distance ont été installés (Figure 4) :

- deux radars destinés à suivre l'évolution des bouchons en tête de catiche depuis le bas des galeries,
- un microphone, à déclenchement sur seuil, pour « écouter » d'éventuelles chutes de blocs dans l'environnement immédiat d'une zone dégradée,
- une sonde de température PT100,
- une sonde de pression pour mesurer le niveau d'eau et ainsi suivre l'évolution du niveau de la nappe dans la carrière.

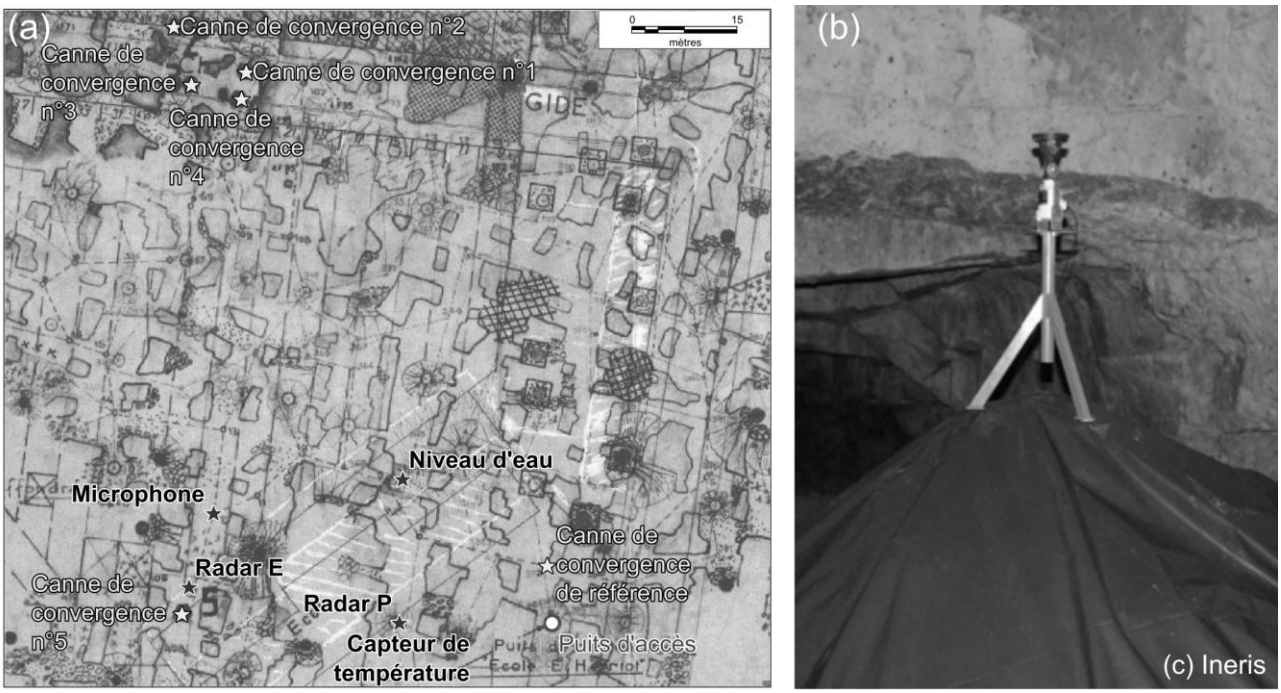

Figure 4 : (a) Dispositif d'instrumentation. (b) Radar mis en œuvre dans la carrière Herriot (Lille).

Ces capteurs sont raccordés à une station d'acquisition en surface qui collecte et télétransmet les données au centre de surveillance de l'Ineris à Nancy. Les données valorisées sous forme de chroniques graphiques sont ensuite gérées au moyen de la plateforme internet e-cenaris (https://cenaris.ineris.fr/) qui permet, outre la centralisation des informations, la gestion opérationnelle de la surveillance (validation des données et gestion d'alertes notamment).

5. Mise en place d'un soutien technique à destination des acteurs locaux et de la population

A terme, le projet Interreg RISSC doit répondre aux préoccupations des acteurs locaux (collectivités territoriales, services de secours, acteurs de la construction, gestionnaires d'ouvrages) et des populations de Wallonie et des Hauts-de-France vis-à-vis des risques liés aux cavités souterraines. Il faut donc intégrer et valoriser les travaux évoqués aux points précédents pour communiquer de manière claire, adaptée et ciblée avec ces différentes parties prenantes. Ces échanges d'expériences permettront d'améliorer les pratiques et de développer une approche politique commune de prévention et gestion du risque sous-sol. Cela se traduit par et vise la création d'une interface transfrontalière regroupant les décideurs publics, les administrations, les experts et le public.

Les objectifs sont de :

- répertorier et comparer les réglementations et les pratiques en matière de prévention et gestion de risques du sous-sol et les améliorer ;

- structurer un réseau transfrontalier d'élus et d'acteurs clés en élaborant une base de contacts (communes, administrations, experts, services de secours), en organisant des rencontres/échanges, en identifiant les défis à relever ;
- formuler des recommandations locales et adaptées pour la prévention et la gestion des risques induits par les objets souterrains : analyses des résultats, rédaction de guides transfrontaliers de bonnes pratiques de prévention et de gestion des risques du sous-sol destinés aux pouvoirs/collectivités locaux et aux services de secours ;
- créer un pôle transfrontalier de connaissances et d'expertises multidisciplinaires ;
- sensibiliser et former les pouvoirs locaux, les services d'urgence et le grand public à l'égard des risques du sous-sol : sessions d'information à destination des élus et personnel des communes, module de formation à destination des services de secours.

Dans le cadre de la constitution d'un réseau d'acteurs, une journée technique « Gestion transfrontalière du risque cavités » a été organisée le 14 novembre 2019, réunissant environ 80 acteurs issus du monde scientifique, des collectivités et des gestionnaires d'infrastructures.

6. Conclusions

En raison d'une géologie continue et d'une histoire industrielle similaire, les régions de Wallonie et des Hauts-de-France comptent sur leur territoire de nombreuses cavités souterraines qui représentent une menace à l'égard de la sécurité des personnes, des biens immobiliers, des projets d'aménagement et de l'attractivité socio-économique de certains territoires. Le projet Interreg RISSC vise l'amélioration et la mise à disposition d'outils en matière de sécurité, d'aménagement du territoire, tant en prévention des risques qu'en gestion d'incidents. Prônant la densification de l'offre de services en matière de sécurité par la mutualisation des ressources existantes (règlements, données, méthodologies, etc.) et les échanges de bonnes pratiques à l'échelle transfrontalière, les actions de RISCC portent sur :

- l'inventaire des objets souterrains et des menaces et la caractérisation des effets redoutés en surface,
- le développement de solutions locales adaptées pour suivre l'évolution de l'aléa et réduire le risque,
- la création d'un pôle transfrontalier de connaissances et d'expertises à destination des acteurs locaux et du public, permettant la mise à disposition d'informations adaptées et directement utilisables.

Pour cela, le projet réunit les institutions actives en Wallonie et dans les Hauts-de-France.

A terme, RISSC proposera des outils et des documents communs à l'échelle de l'eurorégion Hauts-de-France-Wallonie permettant un aménagement sûr et durable des terrains exposés aux risques liés aux cavités souterraines.

Remerciements

Les auteurs remercient le Fonds Européen de Développement Régional à travers le programme Interreg V FWVl, et la Wallonie pour le financement des travaux. Outre les opérateurs qui ont contribué à la rédaction de cet article, le projet RISSC doit aussi beaucoup à la participation des opérateurs associés : le Service Public de Wallonie - Cellule d'Avis et de Conseils Effondrement (CACEff), le Service Public de Wallonie – Direction de la Géotechnique, la Ville de Lille et la Ville de Mons. Enfin, les auteurs

remercient la Métropole Européenne de Lille qui met à disposition des opérateurs les données des convergencemètres installés sur le site de surveillance de Hellemmes.

Références bibliographiques

Bennani M., Bouffier C., Franck C. (2016). Guide de surveillance des cavités souterraines d'origine anthropique. Rapport Ineris DRS-16-156834-00810B, 127 pages.

Brady B. H. G., Brown E.T. (2005). Rock Mechanics for underground mining, Springer.

Coussy S., Albinet R., Djouad I., Bâlon P. (2016). Guide méthodologique de comblement de cavités à l'aide de matériaux alternatifs. Rapport final. BRGM/RP-66500-FR, 22 pages.

Descamps F., Georgieva T., Tshibangu J.P. (2019). L'influence minière sur les ouvrages souterrains proches de la surface, Colloque « Gestion transfrontalière du risque cavités », Lille, 14/11/2019.

Dubois M. (2019). La carrière Herriot. Rapport. Université de Lille, 48 pages.

Georgieva T., Descamps F., Tshibangu J.P. (2019). La compréhension des mécanismes de ruine des cavités et caractérisation des terrains - application au site de la Malogne (Wallonie), Colloque « Gestion transfrontalière du risque cavités », Lille, 14/11/2019.

Kheffi A., Pacyna D. (2016). Cartographie des aléas sous-sol, base d'une politique de prévention des risques en Wallonie (Belgique) – Application aux cavités souterraines, Proceedings Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur – Nancy 2016.

Kheffi A., Pacyna D. (2018). Elaboration de cartographies de zones d'aléas de mouvement de terrain engendrés par les objets souterrains connus de Wallonie – Rapport méthodologique, Département de l'Environnement et de l'Eau (DGO3), 0326/2018.

Lambert C., Duval C. (2013). Retours d'expérience de méthodes de traitement de cavités souterraines – Principes de diagnostic des constructions maçonnées en carrière souterraine. Rapport Ineris DRS-12-126055-12421A, 84 pages.

Lefèbvre C., Pacyna D. (2019). Le contexte « cavités » en Wallonie et en Hauts-de-France, Colloque « Gestion transfrontalière du risque cavités », Lille, 14/11/2019.

Pinon C. (2018). Retour d'expérience de l'utilisation de mousse urée-formol pour la mise en sécurité de cavités souterraines. Rapport Ineris DRS-18-171467-02488A, 24 pages.

Pinon C., Degas M. (2016). Guide sur les solutions de mise en sécurité des cavités souterraines abandonnées d'origine anthropique. Rapport Ineris DRS-15-149564-02401A, 78 pages.

Raedschelders H., Delcourt C., Hance L., Thimus J. (1987). Mise en évidence de cavités souterraines sous le Ring ouest de Mons. Annales des travaux publics de Belgique, Num 5, pp 79-96.

Salmon M. (2019). Les bases de données « cavités » en Wallonie. Colloque « Gestion transfrontalière du risque cavités », Lille, 14/11/2019.

Yart S. (2019). Base de données nationale des cavités souterraines. Colloque « Gestion transfrontalière du risque cavités », Lille, 14/11/2019.