

## **DIAGNOSTIC D'UNE CARRIERE SOUTERRAINE PAR METHODE OBSERVATIONNELLE - VILLENEUVE D'ASCQ (59)**

### **UNDERGROUND CAVITY DIAGNOSTIC WITH OBSERVATIONAL METHOD - VILLENEUVE D'ASCQ (59)**

Adrien PLUQUET<sup>1</sup>, Jean-Michel VAILLANT<sup>2</sup>

*1 Fondasol, Agence de Lille, France*

*2 Fondasol, Agence de Bruxelles-Enghien, Belgique*

**RÉSUMÉ** — La région Nord Pas De Calais compte parmi les régions de France les plus impactées par la présence de carrières souterraines. Ce risque majeur dans la région a vu naître un service spécialisé (le SEISM, ex SDICS aujourd'hui) chargé du recensement et du suivi des carrières souterraines. Sur la base des travaux effectués par ce service, nous avons cherché à étudier l'aléa carrière souterraine tant en terme de sécurité qu'en terme économique. En effet, les projets étant soumis à des contraintes financières de plus en plus fortes, il est devenu important de revenir aux bases de la géologie qui reposent sur une approche naturaliste et observationnelle. C'est dans cette optique que nous avons procédé à un diagnostic complet d'une carrière souterraine sous un existant en service dans le but de vérifier sa stabilité, ses indices de dégradation et d'évolution, ceci afin de se prémunir d'éventuels travaux de comblement, travaux financièrement lourds. Dans cet article, nous détaillons l'étude ainsi menée par FONDASOL pour présenter le contexte géologique local, les différents indices de dégradation et d'évolution de cette carrière ainsi que les conclusions relatives au diagnostic.

**ABSTRACT** — Nord Pas de Calais is one of the most impacted French areas by underground cavities risk. A specialized service (SEISM ex SDICS today) was created for underground cavities identification and monitoring. Based on this service works, we tried to study this hazard in both security and economic terms. Indeed, projects are subject to economic constraints becoming stronger and it became important to return to geologic bases, focused on naturalistic and observational approaches. In this context, we conducted a comprehensive diagnostic of an underground cavity beneath an existing building to check its stability, degradation and evolution signs, in order to guard against possible heavy under works. In this paper, we detailed a study carried by FONDASOL with, in order, local geologic context, degradation and evolution indices for this cavity, and geotechnical diagnostic conclusions.

## **1. Introduction**

Dans la région du Nord Pas de Calais, de nombreux secteurs sont concernés par l'aléa cavités souterraines. Cet aléa majeur constitue un véritable problème constructif tant d'un point de vue technique que d'un point de vue économique.

Pour pallier à ces risques, la norme des missions d'ingénierie géotechnique (NFP 94-500 révision de novembre 2013) ainsi que le Plan d'Exposition des Risques (P.E.R.) établi par le service des carrières (ex SDICS) en 1992 préconise la recherche des cavités via la réalisation d'une campagne d'investigation géotechnique spécifique (Vaillant, 2012).

Cette campagne s'inscrit dans le cadre d'une mission G1PGC pour une première vérification des risques et/ou dans une mission G2AVP pour définir les principes généraux de construction en présence de cavités. Les constructions antérieures à 1992 et donc non soumises aux exigences prescrites par le PER peuvent dans certains cas (signes d'instabilités, affaissement observés en surface) faire l'objet d'un diagnostic géotechnique des carrières. Ce diagnostic s'inscrit alors dans le cadre d'une mission G5 selon cette même norme.

C'est dans ce cadre que nous avons décidé de présenter dans cet article le suivi d'une carrière sous un restaurant en service. Ce diagnostic a été réalisé à la demande de Mc Donald's suite à des affaissements survenus sur le parking. La possibilité de descendre dans la carrière présente sous le restaurant nous a conduit à proposer nos services afin de l'inspecter et de mettre en évidence d'éventuels signes d'instabilité pouvant être à l'origine des désordres en surface. Notre intervention avait pour intérêt de déterminer l'origine des désordres en surface et de proposer des solutions de confortement tout en s'assurant de l'état de la carrière. Le diagnostic a ainsi été réalisé à partir du plan des carrières mis à notre disposition, d'observations visuelles faites en sous-sol et avait pour intérêt d'appréhender les éventuels mécanismes accidentels, l'état d'équilibre du milieu (piliers, ciels de carrières) et l'intensité de l'évolution des éventuels phénomènes accidentels. Cet article présente ainsi la typologie de la carrière ayant fait l'objet du diagnostic, les différentes observations visuelles ainsi que les conclusions et les recommandations de notre suivi.

## **2. Contexte géologique local**

### *2.1. Nature et structure des formations*

La zone d'étude se situe sur la commune de Villeneuve d'Ascq (59) au sein de la Zone Commerciale V2. D'après la carte géologique du BRGM de Lille au 1/50000 (feuille XXV-4) (figure 1), on peut s'attendre à rencontrer sous un recouvrement variable de remblais hétérogènes lié à l'occupation du site, des Limons des Plateaux de l'ère Quaternaire reposant ensuite sur les horizons crayeux du Sénonien puis du Turonien Supérieur de l'ère Secondaire. Le site n'est pas concerné par la présence d'une nappe proche de la surface, celle-ci se trouvant généralement vers 10-12 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel actuel.



Figure 1 . Extrait de la carte du BRGM de Lille au 1/50000

Les carrières souterraines de Villeneuve d'Ascq et plus précisément de la métropole lilloise intéressent le faciès de la Craie blanche rattachée au sous étage du Sénonien (Crétacé Supérieur).

Ce faciès correspond à une craie blanche, bioclastique, détritique qui est disposée en bancs horizontaux. La partie supérieure du banc est caractérisée par une forte altération et fissuration la rendant peu propice à l'exploitation (marnette). Plus en profondeur, lorsque l'on s'éloigne de l'interface limons-craie, la craie devient plus saine et dense (vers 7-8 m de profondeur de manière générale) et constitue le toit des carrières.

Sous la craie blanche, se trouve un niveau de craie piquetée, appelée « craie grise » disposée en bancs horizontaux et épaisse d'environ 3 m. Cette craie est divisée en deux bancs du haut vers le bas :

- Le Banc du Roux qui doit son nom à la présence de rognons de fer,
- Le Banc du tun qui doit son nom au fait qu'il repose directement sur le « tun ».

A une profondeur de 10-13 m, se trouve un niveau de craie grise très induré appelé « le Tun » et correspond à l'interface entre la craie du Sénonien et la craie du Turonien.

On trouvera en figure 2 une coupe schématique des principaux niveaux observés dans les carrières de la métropole lilloise.

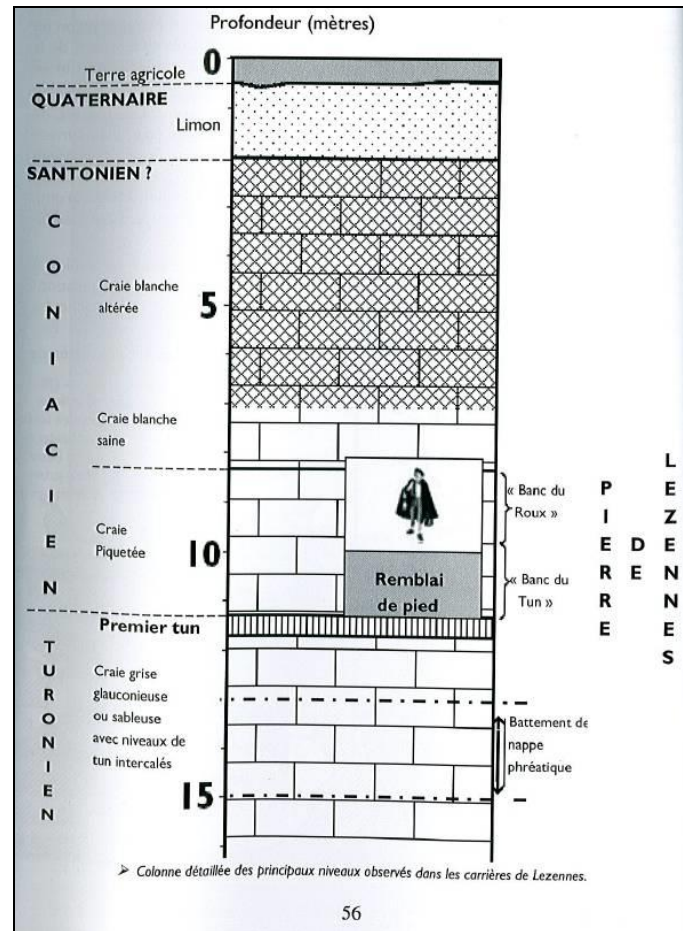


Figure 2 . Coupe schématique des principaux niveaux dans les carrières (Centre de Recherche Historique Lezennois, 2009).

## 2.2. Description générale de la carrière

Pour effectuer le diagnostic complet de la cavité, il nous a fallu tout d'abord appréhender le mode d'exploitation paramètre qui conditionne le comportement général de la carrière (Ineris, 2002).

Ainsi, d'après le plan qui nous a été transmis par le service des carrières (figure 3), la carrière faisant l'objet de notre inspection est de type « mixte » c'est-à-dire par couloirs et puits. Ce mode d'exploitation consistait à creuser un puits sur une hauteur variable (ici 10,50 m) à travers les différentes couches géologiques et ce jusqu'au banc de roche exploitable (ici jusqu'au banc de tun).

Ces carrières sont conçues en couloirs étroits et de petits passages, plus ou moins sinueux, confinés et d'extension latérale très variable contrairement aux carrières de type « chambres et piliers » dont l'exploitation était réalisée selon un quadrillage plus régulier.

Dans la suite de l'article, nous présenterons par zones le diagnostic de stabilité de la carrière qui repose sur une évaluation qualitative des conditions d'équilibre du milieu.

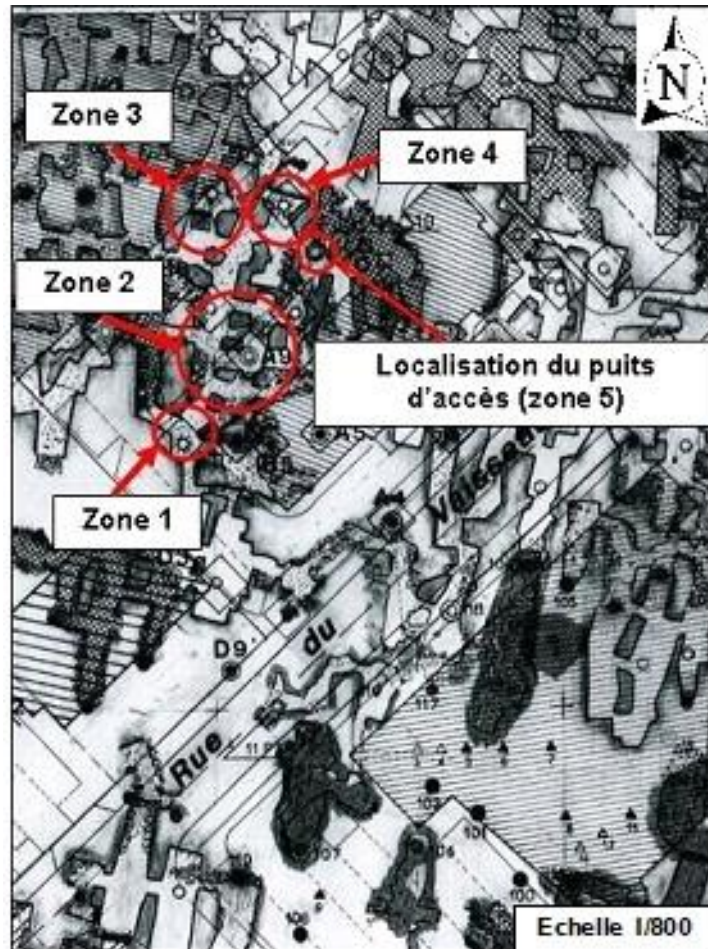


Figure 3 . Plan général de la carrière souterraine (source SEISM)

### 3. Méthode d'évaluation de l'état de dégradation

L'examen visuel de la carrière effectué par nos soins repose sur notre bonne connaissance du contexte géologique de la région mais également sur une riche collection d'ouvrages. On citera en particulier les ouvrages rédigés par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussée (2002, 2005) ainsi que de l'Ineris (2002) dont les méthodes de description à la fois qualitatives (examens visuels) et quantitatives (modèles numériques) (Yehya et al., 2013) sont très bien détaillées.

La carrière ayant fait l'objet du présent diagnostic a été divisée en plusieurs zones (figure 3). Pour effectuer ce diagnostic, nous avons procédé à une analyse lithostratigraphique ainsi qu'à une analyse structurale.

L'analyse lithostratigraphique repose sur un examen des bancs constitutifs, des zones fracturées favorables aux dépôts limoneux ou argileux et des zones d'altération. Une attention toute particulière a été portée sur les piliers ainsi qu'au niveau du toit et des murs.

L'analyse structurale est un élément important car elle a pour objet de s'intéresser au système de fracturation qui conditionne la stabilité du milieu. Pour cela, nous avons procédé à un relevé des discontinuités les plus préoccupantes et placé des

marqueurs au droit des murs et toits présentant des décollements ainsi que des bâches au sol au niveau des piliers présentant des écaillages.

Chaque signe de dégradation (fractures, écaillages ...) a ensuite été répertorié sur le plan de carrière mis à notre disposition, ce document étant enrichi de photographies datées pouvant alors permettre de suivre périodiquement l'évolution des dégradations.

#### 4. Présentation des observations faites en carrière

Dans la présente partie, nous détaillons certaines zones, à savoir celles mettant en évidence des zones de dégradation (zones 1, 3 et 4 de la figure 3).

##### 4.1. Fond de la carrière remblayée (zone 1)

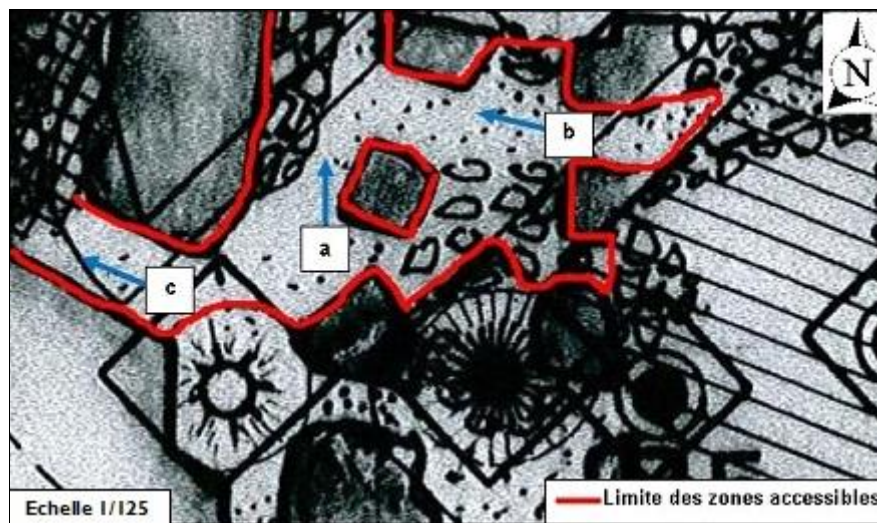


Figure 4 . Détail de la zone 1 du plan de la carrière (source SEISM)

Cette zone (figure 4) est marquée par la présence d'une catiche complètement remblayée par un matériau limoneux. A l'Ouest, un couloir menant vers d'autres salles a été remblayé par un matériau sablo-graveleux rendant l'inspection inaccessible (figure 5c).

A l'Est, on notera la présence de deux couloirs exigus (environ 1,50m de large). Au niveau de ces couloirs, le toit de la carrière présentent des blocs fragiles, érodés venant alimenter régulièrement des chutes de pierre (figures 5a et 5b). Des marqueurs au niveau de ces blocs ont été repérés afin de suivre périodiquement leur évolution. Hormis les blocs fragilisés au niveau du toit d'un des couloirs, aucun indice d'évolution récente (aucun bloc au sol) n'a été mis en évidence dans cette zone. De même, on notera qu'aucune venue d'eau, ni suintement n'ont également été observés.

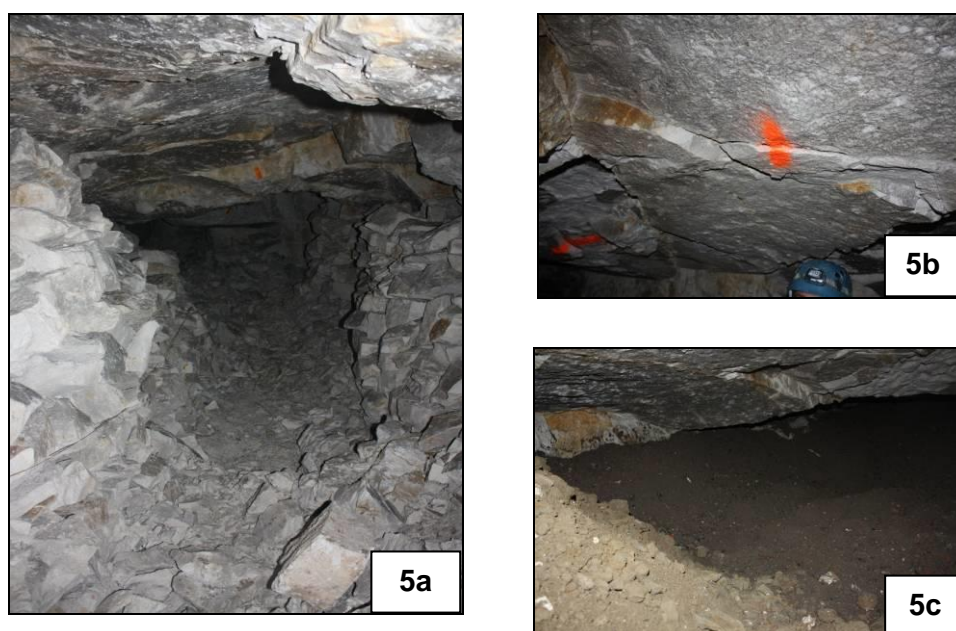


Figure 5 . Photographies de la zone 1 de la carrière souterraine

#### 4.2. Salle du pilier maçonné et d'un puits remblayé (zone 3)

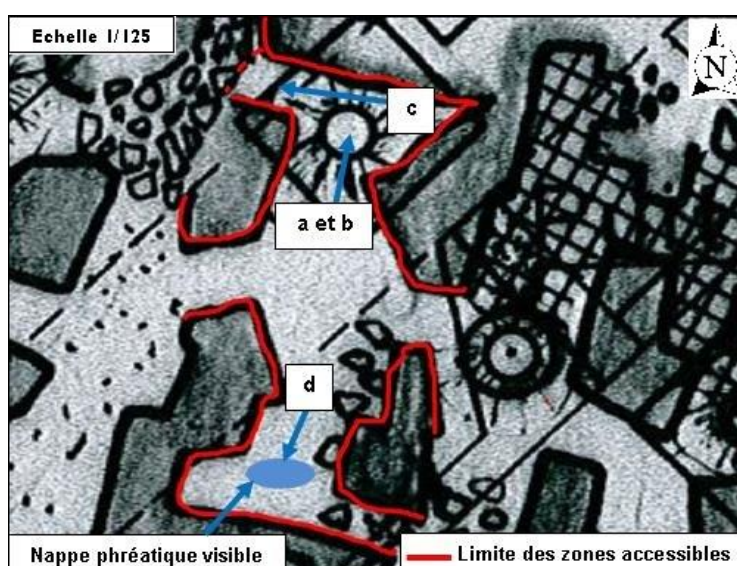


Figure 6 . Détail de la zone 3 du plan de la carrière (source SEISM)

Cette zone (figure 6) est marquée par la présence d'un pilier artificiel en parpaing cimenté sur un diamètre de 1,50 m (figure 7a). D'après les informations dont nous disposons (document des sapeurs pompiers de la Communauté Urbaine de Lille concernant un diagnostic des carrières souterraines), ce pilier aurait été construit lors de la construction pour renforcer la stabilité d'un pilier de soutien à la catiche voisine. Nous avons pu observer le pilier de soutien et avons constaté que celui-ci était fortement endommagé (figures 7c et 7d) comme en témoigne la présence importante de blocs au sol ainsi que de nombreuses cassures fraîches (écaillage). Compte tenu

du fort endommagement du pilier de soutien, des marqueurs ont été placés au niveau des fractures importantes et une bâche a été posée afin de suivre l'évolution du phénomène. Des visites périodiques sont ainsi prévues. On retiendra également que ce pilier est un pilier de catiche, catiche partiellement comblée et dont la tête est condamnée par une dalle de confortation en béton (figure 7b). Cette dalle a été coulée dans un coffrage perdu en bois comme en témoigne les poutres visibles au sol et en surface (figures 7b et 7c).



Figure 7 . Photographies de la zone 3 de la carrière souterraine



#### 4.3. Puits remblayé et dalle affaissée (zone 4)

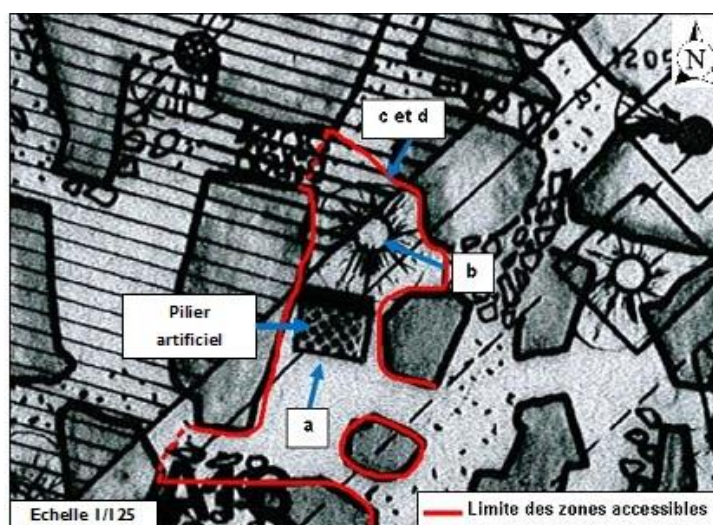


Figure 8 . Zoom sur la zone 4 du plan de la carrière (source SEISM)

#### 4.4. Zone Nord

Cette zone (figure 8) a permis de mettre en évidence une catiche remblayée partiellement par un matériau limoneux (figures 9a et 9c). On retiendra que la catiche est située sous le parking de l'existant et que sa tête est condamnée par des tôles métalliques. D'après les observations faites sur place, on constate que ces tôles fléchissent sous le poids propre des remblais (figure 9b) et/ou des limons en place. Ce phénomène est directement visible en surface, où des affaissements apparaissent sur le parking.

Hormis le bouchon de tête, la catiche apparaît saine et ne montre aucun indice d'évolution.

#### 4.5. Zone Sud

Plus au Sud, la nappe phréatique est visible (figure 9d). Ceci est directement à mettre en relation avec le fait que la galerie a été surcreusée à cet endroit laissant ainsi la nappe recouvrir les parties les plus basses de la galerie. Aucun signe d'instabilité n'a été mis en évidence à cet endroit, la galerie taillée dans la craie massive apparaissant saine.

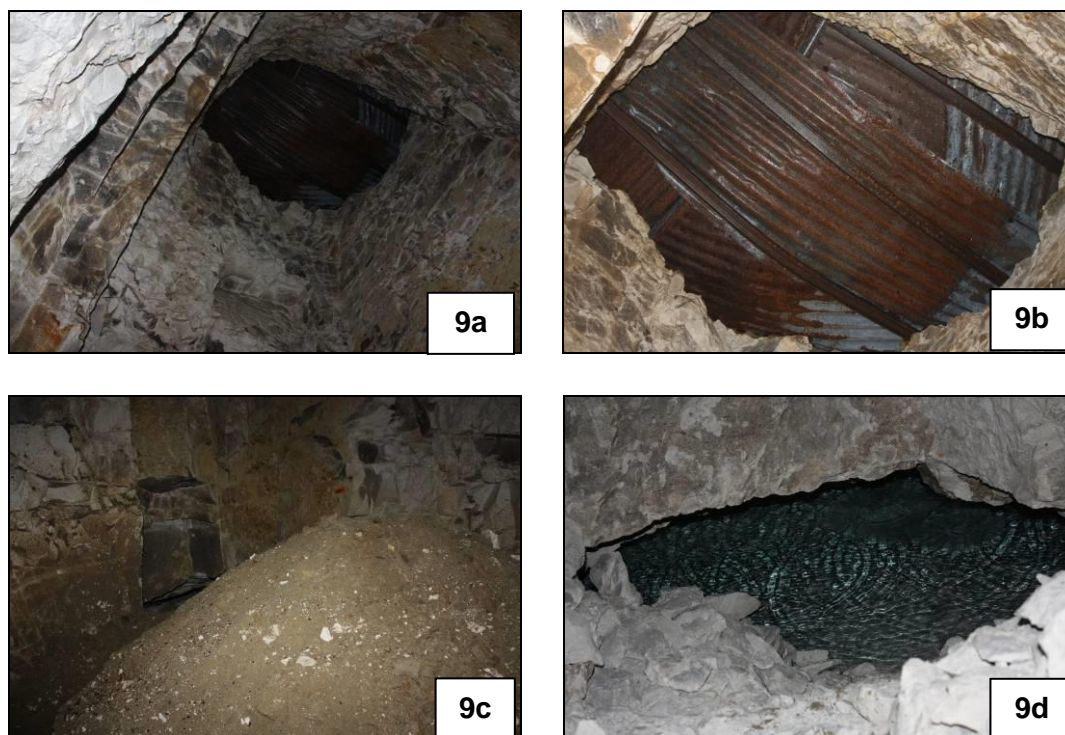


Figure 9 . Photographies de la zone 4 de la carrière souterraine

## 5. Synthèse

Au regard de l'ensemble des observations constatées dans la carrière, le diagnostic géotechnique réalisé par FONDASOL a montré que les zones qui ont pu être visitées ne présentaient pas d'indice d'évolution significatif. Malgré un état de la carrière globalement bon, des fragilités ont toutefois été mises en évidence et on notera notamment la présence d'un pilier de soutien fortement endommagé que nous suivons périodiquement. De même, on retiendra que le confortement de la tête de puits de la zone 4 présente des signes d'affaissement (tôles métalliques pliant sous le poids propre des remblais et/ou limons), signes directement visibles en surface via la présence d'affaissement sur le parking de l'existant. Afin de pallier à ces désordres, FONDASOL a préconisé de réaliser une dalle béton en tête du puits puis de remblayer au dessus de cette dalle par un matériau soigneusement compacté. Cette dalle a été mise en place en tête de craie et s'appuie sur une largeur de 1 m de part et d'autre du puits d'accès à la carrière.

## 6. Conclusion

L'approche naturaliste et observationnelle mis en avant dans le cadre du diagnostic de stabilité de la carrière a permis à la société Mc Donald's de s'affranchir de travaux de comblement, travaux qui sont par définition financièrement lourds. Bien que des zones aient mis en évidence des fragilités, celles-ci ne remettent pas actuellement en cause la pérennité de l'existant en service. Un suivi périodique réalisé par FONDASOL permettra de s'affranchir de tous risques et de prendre les dispositions nécessaires en cas d'évolutions significatives.

## **Remerciements**

Au travers du présent article, nous tenons à remercier la société Mc Donald's pour nous avoir permis de rédiger la présente publication. Nous tenons également à remercier le Conseil Général du Nord et plus précisément le Service d'Expertise et d'Ingénierie des Sols et Matériaux (ex-SDICS) pour nous avoir remis le plan de la carrière sans lequel cet article n'aurait pu voir le jour.

## **Références bibliographiques**

- CRHL (Centre de Recherche Historique Lezennois) (2009). Chronique des carrières souterraines – Voyage au cœur de Lezennes, 224 pages.
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et INERIS (2002). Evaluation des aléas liés aux cavités souterraines, Guide Technique, 132 pages.
- Pothérat P. (2005). L'opération de recherche « Carrières souterraines abandonnées » - Localisation, diagnostic de stabilité, gestion, Rapport de synthèse, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées Guide Technique, 136 pages.
- Vaillant JM. (2012) Prise en compte de l'aléa "cavités" dans la définition de campagnes géotechniques, Annales Société Géologique du Nord, Tome 19, 2ème série, pp. 57-66, octobre 2012.
- Yehya A., Rafeh F., Mroueh H. (2013) Numerical study of the stability of underground cavities in Lille Metropolitan area, Annales Société Géologique du Nord, Tome 20, 2ème série, pp. 17-19, décembre 2013.