

Instabilité à la mine LAB Chrysotile : impact sur le réseau routier

Par : Pierre Dorval, ing., secteur Mécanique des roches et hydrogéologie
Service géotechnique et géologie, Transports Québec

Résumé

En août 2009, un glissement dans le mur d'exploitation *est* de la mine de LAB Chrysotile entraîne la fermeture temporaire de la route 112. L'examen du site fait craindre une amorce de rupture profonde qui pourrait affecter la route 112. Le site est instrumenté et un chemin temporaire est aménagé dans l'emprise de la voie ferrée. Au fur et à mesure de l'évolution des déformations avec le temps, on distingue deux zones en mouvement qui se révéleront faire partie d'un immense glissement de terrain qui, selon les plus récents estimés, pourraient atteindre plus de 30 millions de mètres cubes.

Cet exposé présente l'évolution de ce mouvement majeur dans le roc qui a nécessité l'abandon définitif de ce tronçon de la route 112 à la fin mai 2011, avant que le glissement emporte la route à la mi juillet 2012.

Chronologie des événements

Dans la nuit du 11 août 2009, un glissement survient dans le mur *est* de la mine à ciel ouvert de LAB Chrysotile qui longe la route 112 dans la municipalité de Saint-Joseph-de-Coleraine (figure 1). Dans ce secteur, le corridor de la route 112 est coincé entre la fosse de l'excavation minière d'une profondeur de plus de 300 m du côté *ouest* et par l'emprise ferroviaire et la halde de stérile d'une hauteur d'une centaine de mètres du côté *est* (photo 1). Ce glissement correspond à une section de 60 m de longueur par 90 m de hauteur qui se détache subitement vers 4h30 du matin entraînant environ 160 000 tonnes de roc. La crête du glissement se trouve à environ 6 m de l'accotement asphalté de la route 112 (photo 2) et à environ 420 m au *sud* du belvédère (photos 3). Afin de sécuriser les lieux, la route 112 est fermée et la circulation est détournée via le réseau local.

L'examen de la chaussée révèle la présence de nombreuses fissures longitudinales entre le glissement et le belvédère où un affaissement de la chaussée avait été observé à l'automne 2008. Des fissures ouvertes de plus de 25 mm de largeur et de 80 cm de profondeur sont alors mesurées (photo 4). Selon toute vraisemblance, ces fissures ne sont pas associées à un quelconque problème de fondation de la chaussée et l'hypothèse d'une rupture profonde doit être investiguée. L'orientation des fissures, étant similaire à l'orientation d'une famille principale de discontinuités, suggère la possibilité que cette famille régisse la surface potentielle de glissement.

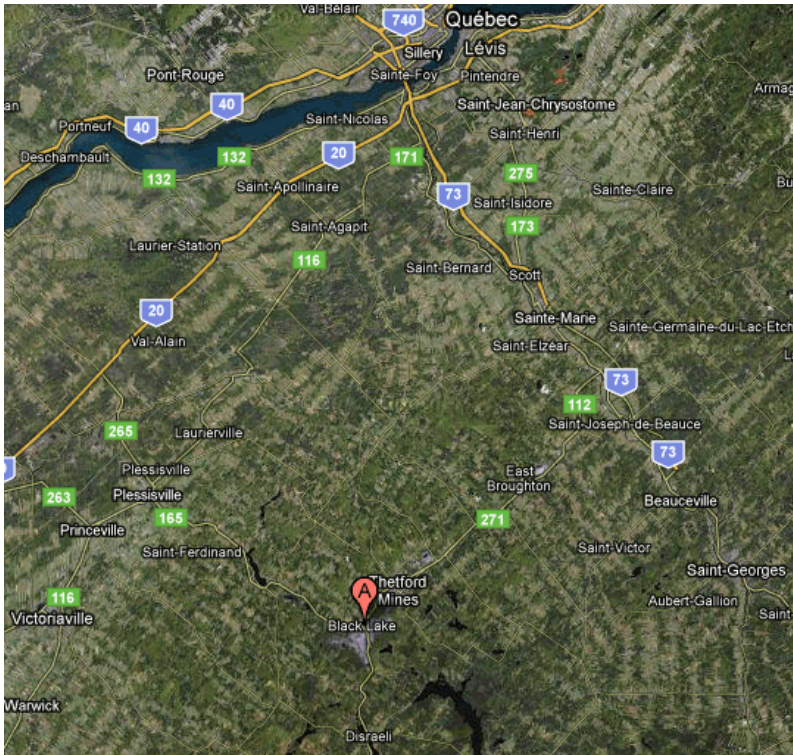


Figure 1: Localisation générale.



Photo 1



Photo 2: Crête du glissement le 11 août 2009.



Photo 3: Belvédère indiqué par la flèche.



Photo 4

On maintient donc la fermeture de cette section de la route 112 afin d'investiguer davantage le site. Selon nos observations préliminaires, il pourrait s'agir d'une amorce de rupture profonde et majeure dont les limites correspondraient, d'une part, à la limite *sud* du glissement du 11 août et, d'autre part, à un début d'affaissement observé à l'automne 2008 à la fin de la bretelle de sortie du belvédère. On serait donc en présence d'un glissement potentiel d'une longueur de l'ordre de 350 m qui affecterait les quatre voies de la route 112.

Afin d'être en mesure de mieux évaluer la situation, une campagne de forages est planifiée dans le but d'instrumenter le site à l'aide d'inclinomètres. Dans un premier temps, un puits d'exploration est réalisé à l'aide d'une pelle hydraulique au droit de la fissure verticale de 80 cm de profondeur observée. Cette excavation a permis de mettre à jour la surface du roc à une profondeur de 3,4 m. Au fond de l'excavation, une fissure ouverte de l'ordre de 75 à 90 mm de largeur est découverte directement au droit de la fissure dans le pavage (photos 5 et 6). La présence de cette fissure ouverte renforce l'hypothèse d'une amorce de rupture profonde et majeure qui affecterait les quatre voies de la route 112.



Photo 5



Photo 6

À priori, l'analyse des premiers résultats du suivi des fissures et de l'instrumentation géotechnique permet de constater qu'il s'agit d'un glissement lent dans le roc et qu'un mouvement subi n'est pas à craindre à court terme. Un projet de chemin temporaire dans l'emprise de la voie ferrée, à l'extérieur des limites de la zone de déformations observées, est élaboré. L'aménagement du chemin temporaire à deux voies sur le ballast d'une section de chemin de fer de Québec Central est réalisé à l'automne 2009 (figure 2).

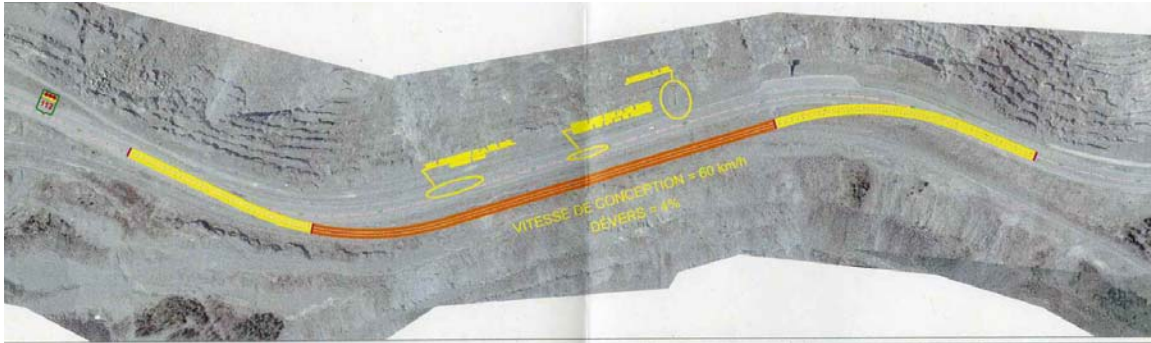


Figure 2: Tracé du chemin temporaire pour éviter les zones fissurées.

Dans la semaine du 12 octobre 2009, alors que l'on s'apprête à raccorder le chemin temporaire à la route 112, de nouvelles fissures sont observées dans un secteur situé à 500 m au *sud* du glissement survenu le 11 août. Outre les fissures dans les deux voies en direction *ouest*, on remarque une importante déformation d'une section de glissière (photo 7). Ces observations laissent entrevoir la présence d'une seconde rupture qui pourrait être aussi importante que celle au *sud* du belvédère. À partir de ce moment, on considère être en présence de deux zones de glissement identifiées: glissement du secteur *nord* et glissement du secteur *sud* (figure 3).

Considérant que les travaux pour le prolongement du chemin temporaire ne pourront débuter qu'à la mi juin 2010, que les fissures n'affectent que les voies en direction *ouest*, que ce type de mouvement dans le roc est relativement lent, et qu'un effondrement subi et majeur n'est pas envisagé, le raccordement du chemin temporaire a été maintenu pour la période hivernale 2009-2010, mais en se limitant à la chaussée en direction *est*. Des mesures de surveillances sont toutefois mises en place afin de détecter tout signe de mouvement.

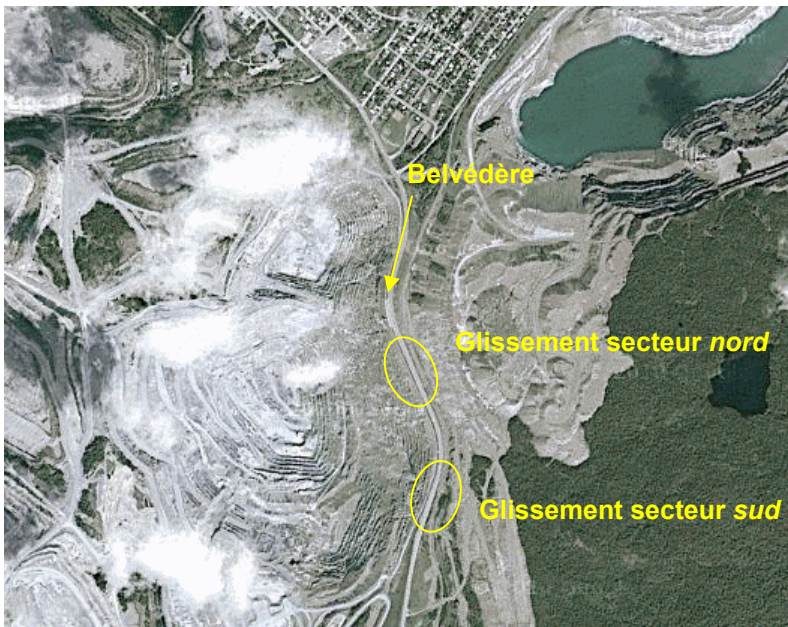


Figure 3 : Localisation des deux secteurs de glissement.



Photo 7 : Déformation de la glissière secteur sud.



Photo 8: Rupture en dièdre en formation qui se répercute sur la chaussée abandonnée (photo 9).

Suite à une fonte printanière rapide au printemps 2010, on observe un élargissement des fissures et l'accentuation des affaissements sur les sections abandonnées de la route 112. Dans le secteur du glissement *nord*, une nouvelle rupture en dièdre se dessine au *sud* du belvédère, correspondant à l'affaissement de la chaussée observé à l'automne 2008 (photos 8 à 10).



Photo 9 : Fissures associées à l'amorce de rupture en dièdre identifiée sur la photo 8.



Photo 10 : Élargissement des fissures existantes.

Dans le secteur du glissement *sud*, un affaissement est maintenant associé aux fissures observées en octobre 2009 (photo 11). De plus, on remarque de nouvelles déformations au niveau de la glissière qui avait pourtant été réparée à l'automne 2009 (photo 12).



Photo 11 : Léger affaissement secteur *sud*



Photo 12 : Nouvelle déformation de la glissière qui avait été réparée à l'automne 2009.

Bénéficiant d'un printemps et d'un été 2010 plutôt sec, la situation a relativement peu évoluée avant le début de l'automne où de nouveaux mouvements ont été observés notamment suite au relevé des inclinomètres. À la fin de l'été 2010, le prolongement du chemin temporaire est complété, ce qui permet au trafic routier de circuler à bonne distance des deux zones de déformations identifiées.

En mars 2011, avant la fonte printanière, l'analyse des résultats confirment qu'il faut oublier les options de stabilisation, les plans de rupture étant à trop grande profondeur. L'analyse des relevés des inclinomètres les plus près du chemin temporaire indique un déplacement moyen de l'ordre de 24 mm/an, pour le glissement *nord*, et de 40 mm/an, pour le glissement *sud* (figures 4 à 9).

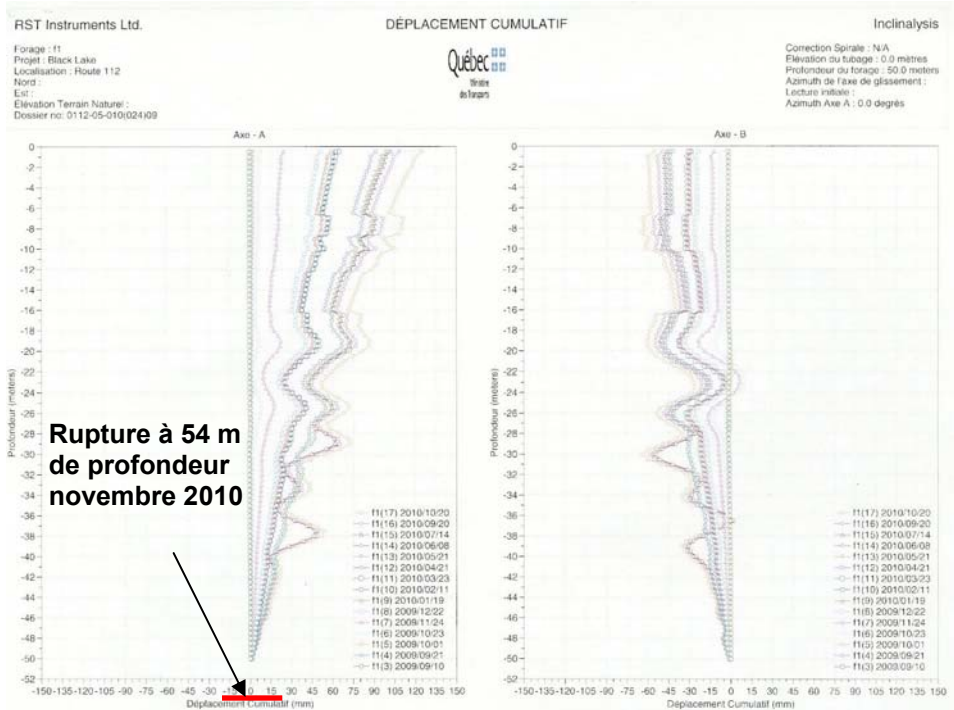


Figure 4 : Déplacement cumulatif de l'inclinomètre 1 situé sur l'accotement le plus rapproché de l'exploitation minière dans le secteur du glissement *nord*.

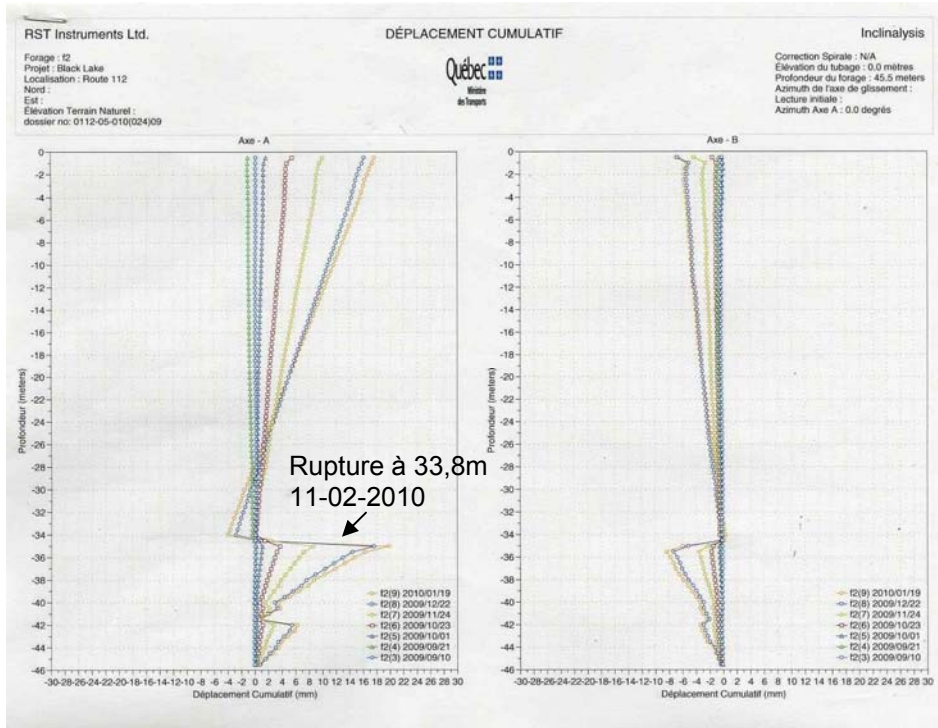


Figure 5 : Déplacement cumulatif de l'inclinomètre 2 situé dans l'accotement des voies abandonnées en direction *est* de la route 112 dans le secteur du glissement *nord*.

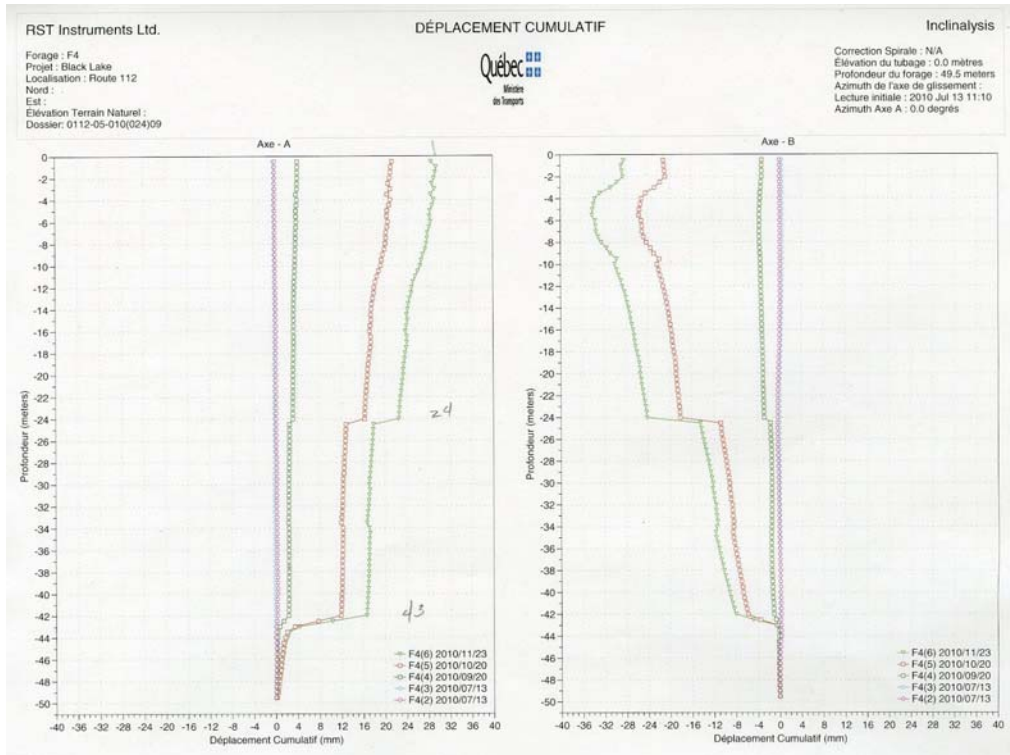


Figure 6 : Déplacement cumulatif de l'inclinomètre 4 localisé au niveau de l'accotement le plus rapproché de la paroi d'exploitation du glissement dans le secteur *sud*. Plans de rupture qui se développent à 24 et 43 m de profondeur.

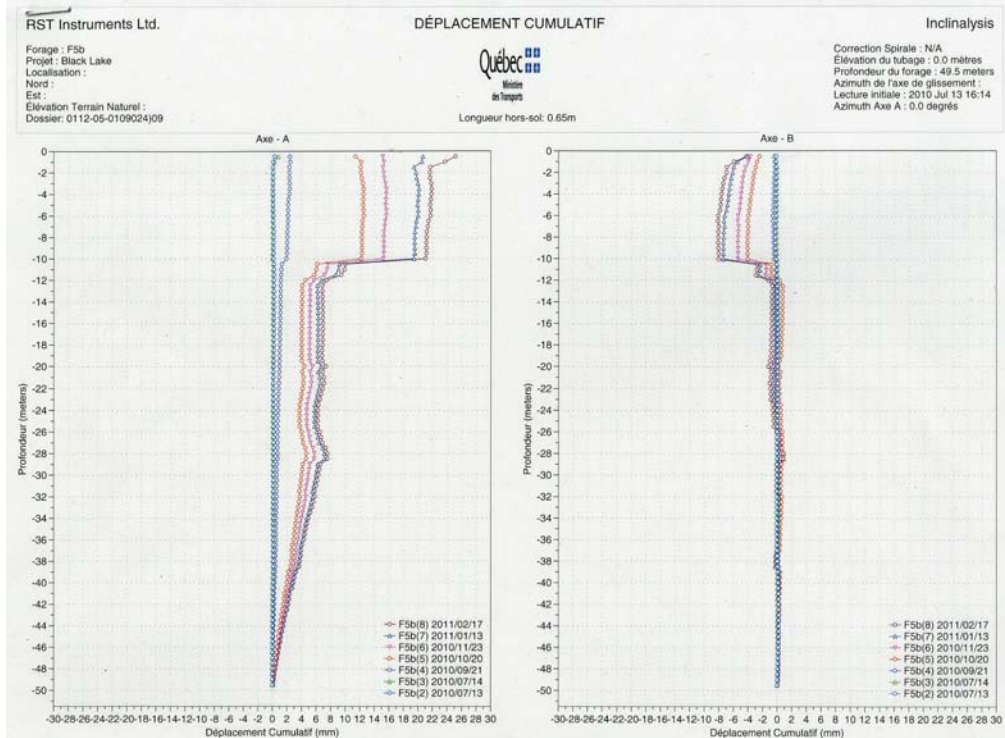


Figure 7 : Déplacement cumulatif de l'inclinomètre 5 localisé dans le fossé gauche du chemin temporaire dans le secteur du glissement *sud*. Plan de rupture à 10 m de profondeur.

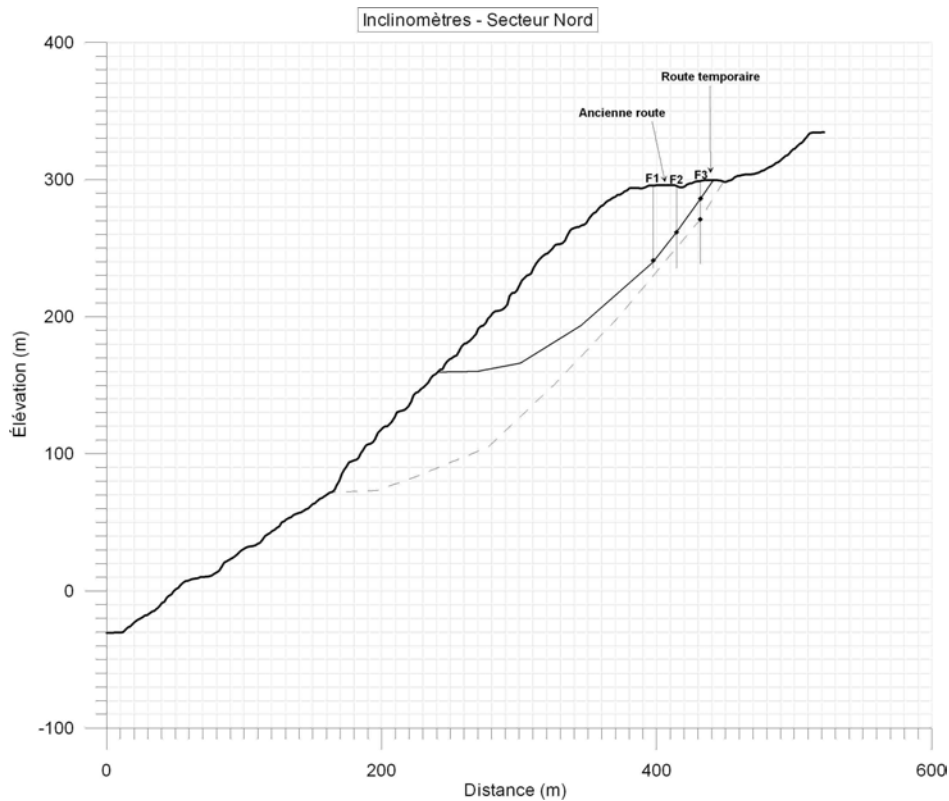


Figure 8: Section du glissement potentiel dans le secteur nord en fonction de la profondeur des plans de ruptures observés dans les inclinomètres.

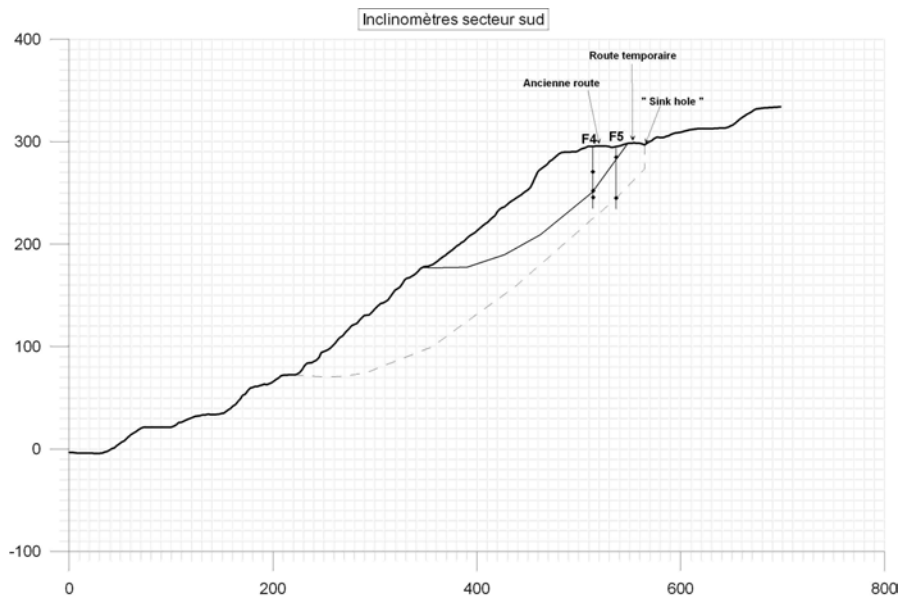


Figure 9: Section du glissement potentiel dans le secteur sud en fonction de la profondeur des plans de ruptures observés dans les inclinomètres.

En résumé, en fonction des résultats du suivi, on estime que, si la tendance se maintient, on pourrait voir apparaître des fissures dans le chemin temporaire dans quelques années. Toutefois, tenant compte de la faible période de suivi, les déplacements pourraient accélérer ou décélérer, notamment au gré

des précipitations annuelles. Le chemin temporaire ne pourra jamais devenir permanent et on doit mettre de l'emphase sur la préparation d'un nouveau tracé pour la route 112.

Évolution des mouvements en 2011

Une visite du site au début mai 2011 démontre que les fissures existantes ont élargi de façon importante et on voit apparaître des fissures dans le pavage de la 112 temporaire (figure 10 et photo 13). Cependant, le plus inquiétant est que la zone de glissement du secteur *sud* s'agrandit jusqu'à la limite *sud* de l'exploitation (figure 11 et photo 14). Cette accélération des déformations est, à priori, associée au printemps extrêmement pluvieux.

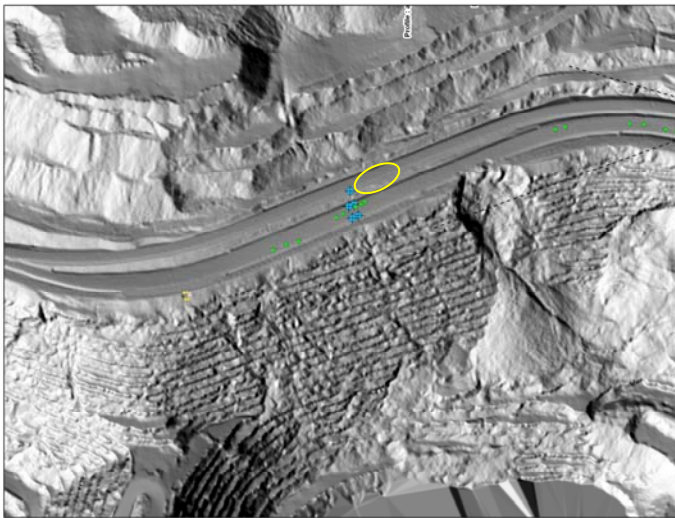


Figure 10: Image LIDAR 2010, secteur nord, appa  tion de fissures dans le pavage de la route temporaire.



Photo 13

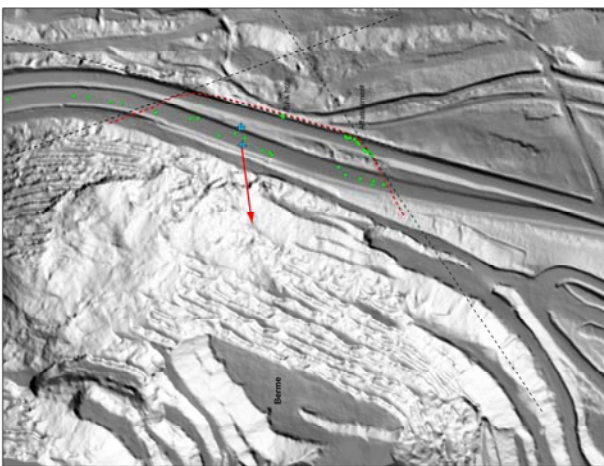


Figure 11: Image LIDAR 2010 : secteur sud, la zone de glissement s'agrandit et les déformations s'accroissent sur les voies abandonnées.



Photo 14

Par ailleurs, la découverte de nouvelles fissures au niveau des haldes du côté est permet de raffiner l'interprétation préliminaire des mouvements observés et, en fonction de ces nouvelles données, on en vient à la conclusion qu'il ne s'agit pas seulement de deux glissements plus ou moins indépendants, mais que ces deux glissements feraient partie d'un immense glissement qui affecterait l'ensemble du mur d'exploitation de la mine longeant la route 112 (figure 12 et photos 15 à 18).

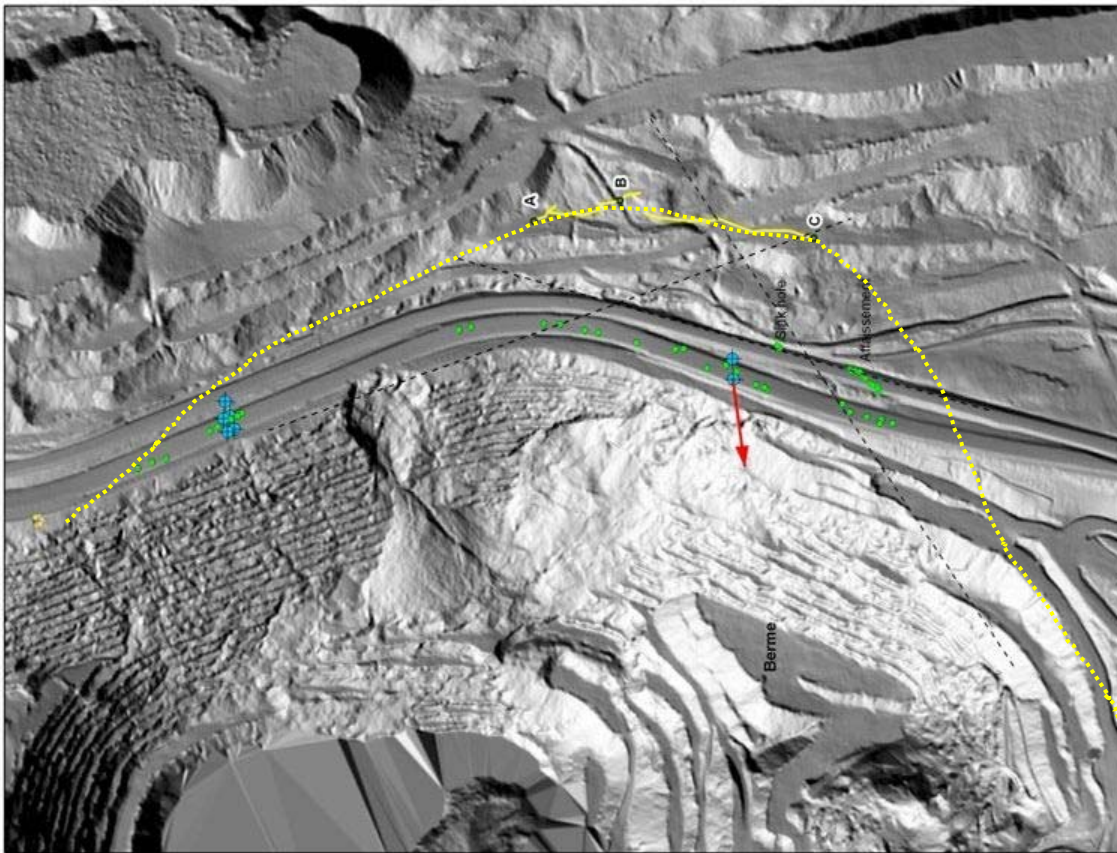


Figure 12; Ensemble de la zone affectée par des fissures et autres déformations associées aux mouvements dans le roc.



Photo 15: Point "A", fissure dans la halde .



Photo 16: Fissure dans le socle rocheux.

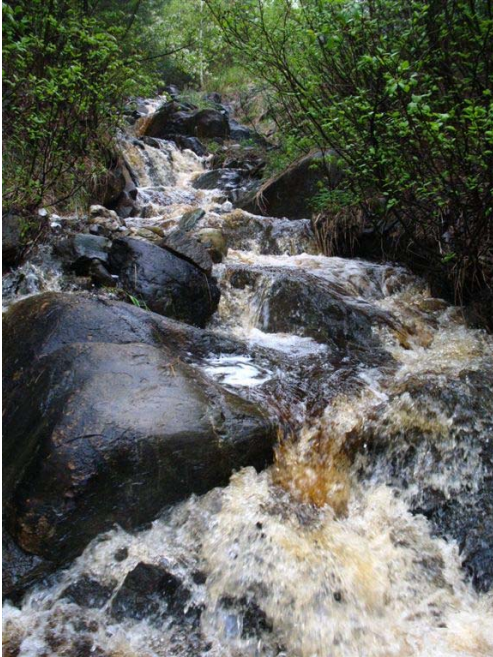


Photo 17: Point "B", ruisseau au printemps 2011.



Photo 18: Toute l'eau s'engouffre dans une série de fractures ouvertes lesquelles, à date, correspondent à la crête du glissement.

À l'époque, on remarque également que des travaux d'excavation ont été effectués par la mine durant l'hiver pour l'aménagement d'une rampe d'accès au coin des murs *est et sud*, et qu'ils étaient toujours en cours. On soupçonne que ces travaux puissent avoir eu un impact sur l'ampleur des mouvements observés au printemps 2011.

Finalement, une visite du site le 27 mai 2011 montre que de nouvelles fissures se sont développées dans le secteur *nord* du glissement, à un point tel que l'on sent maintenant une déformation lorsqu'on passe en véhicule. Cette déformation n'était pas présente quelques jours auparavant (photo 19).



Photo 19: Fissuration et déformation du chemin temporaire dans le secteur *nord*.

De toute évidence, la situation a évolué très rapidement entre le 24 et le 27 mai. Les précipitations importantes du 26 et de la nuit du 27 mai ne sont probablement pas étrangères à ce phénomène. D'ailleurs selon les données d'Environnement Canada, les précipitations totales du 26 mai ont été de 21,3 mm alors qu'elles ont atteint 38,2 mm pour le 27 mai. Au total, du 26 au 30 mai 2011, c'est 82.7 mm de pluie qui se sont abattus dans ce secteur.

En prenant en considérations toutes ces nouvelles observations, le Ministère procède à la fermeture définitive de ce tronçon de la route 112 n'étant plus en mesure de garantir la sécurité des usagers malgré les systèmes de surveillance en place (relevé d'arpentage des fissures, caméras, et patrouilles). Le suivi des déformations s'est tout de même poursuivi jusqu'en novembre 2011, notamment à l'aide de la caméra fixe installée dans la partie nord du glissement (photo 20).



Photo 20: Secteur nord, chemin temporaire en date du 11 novembre 2011.

Évolution des mouvements en 2012

Au printemps 2012, quelques visites sont réalisées pour suivre l'évolution des déformations et des affaissements. On y remarque une accélération des mouvements, l'élargissement des fissures existantes et l'apparition de nouvelles fissures (photos 21 et 22).



Photo 21: Secteur nord, en date du 14 juin 2012



Photo 22: Secteur sud, en date du 14 juin 2012

Finalement, un phénomène qui a eu un impact majeur sur l'évolution de cette instabilité fut l'arrêt du pompage suite à la décision de la mine de suspendre temporairement l'exploitation. En arrêtant le pompage, le niveau d'eau dans la fosse de la mine a commencé à remonter, ce qui a eu pour effet de déstabiliser davantage la masse de roc. Ainsi, à la fin de la première semaine de juillet, les déformations et le mouvement de la masse en général s'accélérent, particulièrement au niveau de la paroi du mur *est* où des éboulis se produisent de plus en plus. C'est dans la nuit du 12 au 13 juillet, soit un peu plus d'un an après la fermeture définitive de ce tronçon de la route 112, que le mouvement le plus important à ce jour se produit lorsque la masse de roc circonscrite par les fissures délimitant le glissement du secteur *nord* et d'une partie du secteur *sud* s'affaissent en bloc d'environ 70 m de dénivellation, emportant une partie du tronçon de la route 112 et du chemin temporaire (figure 13 et photos 23 et 24). Entre juillet 2012 et 2013, le dénivelé s'est accru de 30 à 40 m selon le plus récent levé LIDAR.



Figure 13: Image ortho photos de juillet 2012 suite au glissement. Encerclé, le belvédère.



Photo 23: Vue du secteur *nord* qui a glissé.



Photo 24: En regardant vers le secteur *sud*.

On estime le volume de roc mobilisé par ce glissement à plus de 22 millions de mètres cubes¹. Depuis cet événement majeur, le glissement continue d'évoluer, mais à un rythme beaucoup moins rapide. Il demeure que le niveau d'eau continue de monter dans la fosse et que d'autres mouvements majeurs sont susceptibles de se produire. L'estimé le plus récent du volume total de roc qui pourrait être mobilisé est de l'ordre de 30 millions de mètres cubes².

Conclusion

Afin de mieux comprendre les mécanismes de rupture ainsi que les impacts potentiels de la remontée de l'eau dans la fosse sur la stabilité des murs de cette exploitation, le MTQ a initié un projet de recherche avec des chercheurs de l'Université Laval avec, entre autres, comme objectifs d'évaluer des approches permettant de réduire le risque à un niveau acceptable pour les infrastructures routières et urbaines à proximité de secteurs d'activité minière, ainsi que pour l'établissement de lignes directrices pour les travaux miniers à proximité de routes nationales.

¹Caudal, P. (2013)

²Caudal, P. (2013)

Références

⁽¹⁾ ⁽²⁾ Caudal, P., « Analyse d'un glissement actif par suivi LIDAR et modélisation de la rupture : Mine LAB Chrysotile à Black Lake Québec », Mémoire en vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur CNAM, Conservatoire national des arts et métiers, Paris, juillet 2013.

Remerciements

Remerciement à François Bossé, ing., du Service géotechnique et géologie du MTQ pour la révision du texte et ses commentaires, ainsi qu'à Philippe Caudal pour la permission d'utiliser son animation du glissement à partir des images du relevé LIDAR lors de la présentation.