

Glissements de terrain dans les argiles sensibles induits par sautage

S. Bouchard, S. Leroueil & D. LeBoeuf

Université Laval, Québec, Canada

P.-L. Deschênes & P. Dorval

Ministère des Transports du Québec, Québec, Canada

J.-S.L'Heureux & J. Johansson

Norwegian Geotechnical Institute, Norvège

Résumé: Des dépôts d'argile sensible se retrouvent dans l'Est du Canada, en Norvège et en Suède. De grands glissements de terrain surviennent dans ces sols sensibles et ce, à chaque année. Les effets des sautages sur ces sols sensibles ne sont pas bien compris, mais ils peuvent représenter un facteur déclencheur de glissements de terrain. Ce papier fait l'inventaire de 13 cas de glissements de terrain qui ont été probablement déclenchés par sautage. Le cas du glissement de La Romaine est présenté en détails en incluant l'analyse des vibrations du sautage réalisée dans le logiciel I-Blast.

1 INTRODUCTION

Les glissements de terrain dans les argiles sensibles représentent une menace constante à la société en raison de leur grand potentiel de rétrogression et de la mobilité importante de ces matériaux lorsqu'ils sont remaniés. Les facteurs déclencheurs de glissements de terrain dans les argiles sensibles sont souvent attribués à des causes naturelles telles que l'érosion, des pluies diluviennes ou les tremblements de terre et/ou à l'activité humaine comme les constructions de remblai ou des excavations. Les sautages près des pentes d'argile sensible peuvent aussi

être associés comme élément déclencheur de certains glissements de terrain (Tableau 1). Cependant, dans plusieurs des cas, il est difficile de relier directement la cause de la rupture au sautage puisqu'il y a souvent d'autres éléments aggravants qui ont pu contribuer à la rupture de la pente. Il existe donc un besoin d'accroître les connaissances reliées à l'effet des vibrations générées par sautage et d'identifier leur rôle en lien avec la stabilité des pentes adjacentes. Cet article est un mélange de deux articles déjà publiés : Bouchard et al. (2015) et Bouchard et al. (2016).

Tableau 1. Les différents cas de glissements et leurs principales caractéristiques.

Localisation	Année	Sols impliqués	Conséquences	Référence(s)
La Baie (Québec, Canada) ¹	1910	Argile sensible	6 décès	Dion (1986)
Hawkesbury (Ontario, Canada) ²	1955	Argile sensible	Dommages à la route en construction	Eden (1956), Eden and Hamilton (1957)
Toulnustouc (Québec, Canada) ²	1962	Argile sensible	9 décès	Conlon (1966), Evans (2001)
Sandnessjøen (Norvège) ³	1967	Argile sensible	-	Karlsrud (1979)
Fröland (Suède) ³	1973	Argile sensible avec silt et sable	-	Bjurström (1982)
Finneidfjord (Norvège) ³	1978	Argile sensible avec lits sableux	Dommages à la route	L'Heureux et al. (2010)
Port-Saguenay (Québec, Canada) ³	2003	Argile sensible	Aucune (évacuation préventive)	Bouchard (2015)
Finneidfjord (Norvège) ³	1996	Argile sensible avec lits sableux	4 décès, 3 maisons détruites	Longva et al. (2003)
Ytterby (Norvège) ³	~1991	Argile sensible	Route endommagée et fermée	Oset (2015)
Finneidfjord (Norvège) ³	2006	Argile sensible avec lits sableux	Dommages à la route	L'Heureux et al. (2010)
Kattmarka (Norvège) ³	2009	Argile sensible et silt avec lits sableux	Route et 6 maisons détruites	NTNU (2009)
La Romaine (Québec, Canada) ³	2009	Argile sensible	Dommages à la route en construction	Locat et al. (2010), Bouchard et al. (2015)
Lödöse (Suède) ³	2011	Argile sensible	-	Johansson et al. (2013)

1- Sautage réalisé directement dans l'argile, 2- Autre type de sautage (i.e. pas dans le roc), 3- Sautage dans le roc

Pour mieux comprendre les effets des sautages sur les pentes d'argile sensible, les cas de glissements de terrain sont regroupés et décrits dans la section subséquente. Par la suite, le sautage et le glissement de La Romaine sont détaillés. Finalement, une discussion et conclusion sur les principaux points à retenir des cas sont présentées, de même que des recommandations générales.

2 INVENTAIRE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN

Dans cette recherche, un inventaire de 13 glissements de terrain qui sont survenus dans les argiles sensibles suite à des travaux de sautage a été préparé (Tableau 1). Ces cas sont survenus au Canada, en Norvège et en Suède. Cet inventaire est basé sur les informations disponibles trouvées : données non publiées (communication personnelle), des rapports géotechniques et dans la littérature. Cette étude offre une opportunité unique d'étudier le rôle du sautage sur le déclenchement de tels mouvements de terrain.

Les cas de glissements sont présentés aux Figures 1 et 2. Les informations principales comme l'année d'occurrence, la stratigraphie générale, les conséquences des glissements et les références sont présentés dans le Tableau 1. Le Tableau 2 présente quant à lui les caractéristiques géomécaniques (dimensions) et d'autres informations plus générales. Le Tableau 3 est un résumé des principales propriétés géotechniques des argiles impliquées. Certains cas ne sont pas présentés dans les Tableaux 2 et 3 dus à un manque d'informations.

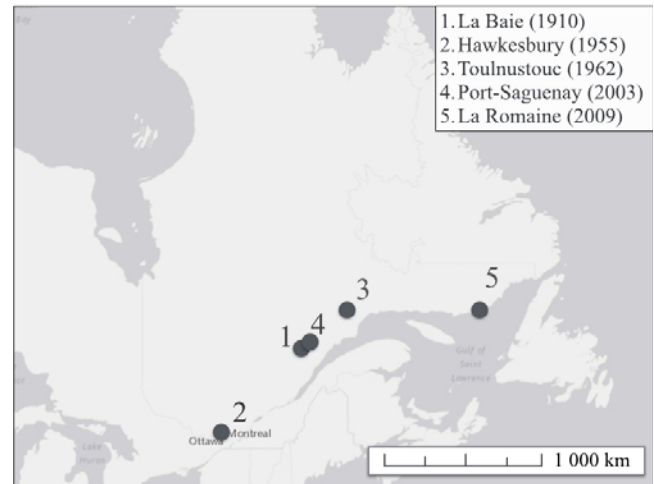


Figure 1. Glissements de terrain induits par sautage dans les argiles sensibles au Québec.

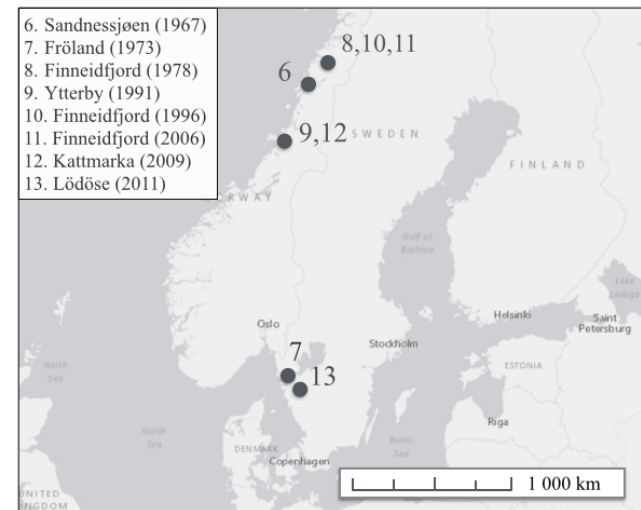


Figure 2. Glissements de terrain induits par sautage dans les argiles sensibles en Scandinavie.

Tableau 2. Géométrie des glissements de terrain dans les argiles sensibles provoqués par sautage.

Cas	Angle de la pente	Volume (m ³)	Prof. Surface rupture (m)	Largeur (m)	Rétrogression (m)	Type de glissement	Temps du glissement p/r au sautage	Remarque
La Baie	29-36°	-	~15-25	78	36	Coulée argileuse	Pendant	Aire affectée: 9 000 m ²
Hawkesbury	20°	382 275	~16-17	420	120	Étalement	Rapidement après	Aire affectée: 60 000 m ²
Toulustouc	10-20°	3 800 000	20	970	250	Indéterminé	Rapidement après	-
Fröland	3.6°	450 000	15	120	200	Coulée argileuse	Rapidement après	-
Ytterby	-	-	8	50	150	-	Quelques heures	Sautage avec précaution*
Finneidfjord (1996)	13-21°	1 000 000	15-20	350	150	Coulée argileuse	2 à 3h	VPP: >9 mm/s
Kattmarka	<20°	500 000	4	300	100	Coulée argileuse	30 s	VPP: 500-1000 mm/s
La Romaine	10-20°	500 000	20	300	175	Rotationnel	Rapidement après	VPP: ~600 mm/s
Lödöse	-	-	5	30	10	-	<24h	VPP: ~30 mm/s

Tableau 3. Stratigraphie et propriétés des argiles impliquées.

Cas	Stratigraphie	S _u (kPa)	w (%)	w _L (%)	w _p (%)	I _L	I _p	OCR	Remarques
La Baie	Épais dépôt d'argile (non sensible à très sensible)	-	-	-	-	-	-	-	Sautage dans l'argile
Hawkesbury	2.4 m de sable sur au moins 16 m d'argile sensible	28-65 (Scissomètre)	61-90	53-72	25-28	1.2-1.7	26-42	-	-
Toulnostouc	Épais dépôt d'argile sensible	380 (Scissomètre)	29-36	18.5-25.2	16-20.6	3.1-3.7	1.8-4.6	3-5	Plans inclinés à 10° correspondant à la pente de la surface de rupture
Fröland	Argile silteuse avec couches de silt et sable (3-10 m thick clay deposit)	15-25 (Cône suédois)	30-50	22-40	18-40	0.8-2	5-10	-	Sautage réalisé dans une carrière
Ytterby	Plus de 9 m d'argile sensible	10-20 (Cône suédois)	25-45	30-35	15-17	0.7	15-20	-	-
Finneidfjord (1996)	0 à 10 m d'argile avec une couche de 30 cm d'argile et sable à 3 m de profondeur	6.7 -15.4 (DSS)	28-65	30-35	16-21	1.0-1.4	8-10	-	Survenu suite à un sautage pour la construction d'un tunnel
Kattmarka	10 à 20 m d'argile sensible avec couches de sables s	20-35 (moyenne-CPTu et CAUC)	30-40	25-30	16-18	1.0-2.2	8-10	1.5-2.5	-
La Romaine	Épais dépôt d'argile recouvert d'une couche de 3 m de tourbe	20-50 (Scissomètre)	45-73	29-48	22-26	1.4-10.6	3-23	1-1.5	-

Les types de glissements observés sont principalement des étalements ou des coulées argileuses et le volume de ceux-ci sont importants. En raison de leurs importantes dimensions, ces glissements peuvent entraîner de graves conséquences telles que des décès, dommages aux routes, aux maisons et aux infrastructures. En général, les cas étudiés sont de grande dimension en raison de la forte sensibilité des argiles, à son potentiel de rétrogression et à la possibilité de rupture progressive. Ce dernier mécanisme pourrait d'ailleurs expliquer les délais observés entre les sautages et le moment de la rupture.

Les contraintes produites par les sautages peuvent aussi générer d'importantes augmentations des pressions interstitielles dans les sols impliqués et la redistribution de ces dernières peut aussi expliquer les délais observés entre le moment du sautage et celui de la rupture. De tels délais ont été observés dans des glissements de terrain induits par tremblements de terre (D'Elia et al., 1985).

Plusieurs des cas présentés résultent d'un manque de connaissance des sols environnants au sautage ainsi que des conditions de stabilité de la pente. En effet, peu ou pas d'investigation des sols ont été réalisées dans les cas de La Romaine, Kattmarka, Toulnostouc, La Baie et Hawkesbury, et probablement

dans d'autres cas présentés. De plus, avant le cas de Kattmarka en 2009, il n'y avait pas de directives concernant les limites de vibrations pour les sautages à proximité de pentes en argile sensible en Norvège.

Un autre aspect important provenant de l'analyse des cas de glissements de terrain est le rôle possible de couches de silt/sable. Ce genre de couche sont relativement communes dans les dépôts d'argile et ont été rapportés dans certains cas de la Scandinavie (les trois cas à Finneidfjord, Kattmarka et Fröland) et dans certains canadiens (Toulnostouc et La Baie). Si ces couches sont retracées dans des investigations géotechniques, des mesures appropriées devraient être considérées dans la planification d'activités de construction.

Le contrôle des vibrations est normalement réalisé pendant les opérations de sautage lorsqu'il y a des structures à proximité, mais pas nécessairement lorsqu'il y a des pentes. Une limitation de 25 mm/s est appliquée dans le code Norvégien NS 8141 (Johansson et al., 2013) lorsque du sautage est réalisé à proximité de pente en argile sensible. Ce critère est toutefois considéré comme conservateur et s'applique principalement à des pentes dont le facteur de sécurité est de 1.5. Plusieurs incertitudes comme le transfert des vibrations du roc à l'argile, la

résistance cyclique des argiles, la rupture progressive, l'amplification des vibrations et l'effet des minces couches de sable ou silt contribuent à un choix conservateur de limite de vibrations.

D'après les informations fournies au Tableau 2, excepté pour les cas de La Romaine et Kattmarka, les VPP n'ont pas excédé de façon significative cette limite de 25 mm/s. Certaines vibrations ont été mesurées ou estimées entre 9 mm/s et 30 mm/s (Finneidfjord et Lödöse). De plus, il est important de mentionner que dans le cas du glissement de Ytterby en 1991, c'est un sautage prudent qui a été réalisé (donc ayant généré de faibles vitesses de vibration). Dans ce cas, il n'y avait pas d'autres facteurs connus pouvant avoir affecté la stabilité de la pente.

La prochaine section présente de façon plus détaillée un de ces cas de glissements de terrain, celui de La Romaine.

3 LA ROMAINE (2009)

Le village de La Romaine est situé sur la rive Nord du Golf du St-Laurent dans la Province de Québec. La route 138 suit le fleuve St-Laurent et se termine présentement à 30 km à l'ouest de La Romaine. Un glissement de terrain est survenu pendant la construction d'un tronçon de cette route. Le glissement est survenu pendant ou rapidement après un sautage qui était réalisé en vue d'excaver une partie d'affleurement rocheux situé sur le futur tracé de la route. Les blocs rocheux fragmentés par le sautage ont été projetés sur les sols adjacents à l'affleurement rocheux.

Une vue en plan du site est présentée à la Figure 3 et la section A-A' dans le glissement de terrain est présentée à la Figure 4.

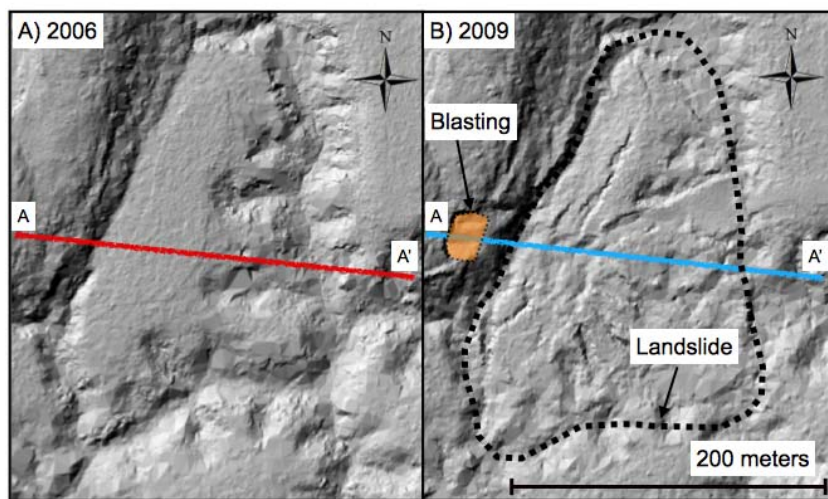


Figure 3. Vue aérienne du site du glissement de La Romaine (tirée de Bouchard et al. (2015)).

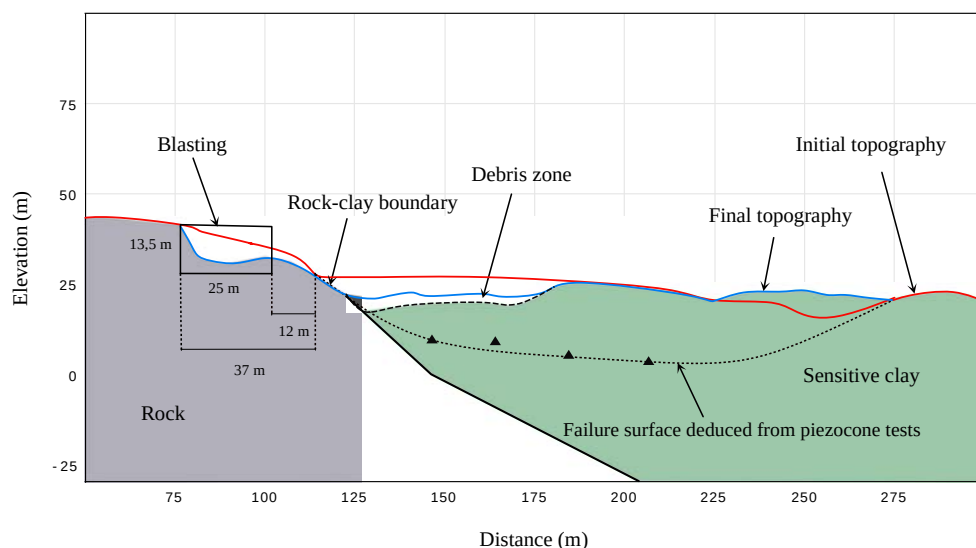


Figure 4. Vue en coupe du glissement de La Romaine (tirée de Bouchard et al. (2015)).

Le glissement de terrain est survenu suite à un deuxième sautage. La configuration et le patron de sautage du premier sont inconnus. De plus, il n'y a pas eu d'enregistrement des vibrations.

Deux campagnes d'investigation ont été réalisées après l'événement (en 2009 et en 2012) afin de caractériser les matériaux en place et de déterminer la géométrie du glissement de terrain. Les sondages ont inclus de la prise d'échantillons de haute qualité avec l'échantillonneur Laval, des relevés LiDAR et les sondages géotechniques suivants: CPTu, SPT et des pénétromètres dynamiques. Des piézomètres ont été installés afin d'étudier les conditions d'eau. Le glissement de terrain a été décrit par Locat et al. (2010) tandis que l'analyse des vibrations a été étudiée dans Bouchard et al. (2015). L'analyse des vibrations est résumée dans la section suivante.

3.1 Estimation de la vitesse en pointe des particules (VPP)

La vitesse en pointe des particules (VPP) dépend de la distance du sautage, de la charge par délai et des caractéristiques du site. Dans le cas du sautage de la Romaine, il n'est pas possible d'établir une relation d'atténuation propre au site pour estimer les VPP, puisque les vibrations n'ont pas été enregistrées. Pour l'estimation des VPP, une relation d'atténuation provenant de la littérature est utilisée. Le sautage de La Romaine est un sautage de surface et les lois d'atténuation de type racine carrée représentent mieux l'amortissement des vibrations dans le roc et les sols pour ce type de sautage.

Dans le cas à l'étude, l'endroit où on veut estimer les vibrations est l'interface roc-argile. Le type de matériaux dans lesquels les vibrations se propagent aide à déterminer la loi choisie. Le choix s'est arrêté sur la loi racine carrée de Dupont (1980) en raison de la propagation des ondes qui se fait dans le roc jusqu'à l'argile. Cette loi est présentée à la Figure 5 avec d'autres exemples de lois de type racine carrée. Les VPP au site de la Romaine ont donc été estimées à partir de cette équation avec les paramètres suivants: $K = 1\ 100$ and $\alpha = -1.6$. Les VPP ont aussi été calculées directement dans le logiciel I-Blast en utilisant ces mêmes paramètres. Une simulation a été réalisée dans le logiciel I-Blast (I-Blast, 2009) pour analyser la séquence de sautage et afin d'obtenir une évaluation préliminaire des paramètres de vibrations induites dans les matériaux avoisinants. Évidemment, pour l'analyse dans I-Blast, certains paramètres ont dû être estimés en raison du manque d'information relatif au sautage. La profondeur des trous est de 12,6 m avec une charge de 83 kg. Ces valeurs correspondent à des valeurs moyennes. La hauteur de collet a été estimée à 0,9 m. Les explosifs utilisés pour le sautage sont de l'ANFO et Emgel 200. Pour

l'analyse réalisée dans I-Blast, la profondeur des trous a été ajustée en fonction de la topographie du roc, puisque ce dernier plonge vers l'Est (voir Figure 4). Cette étape a été possible en utilisant les relevés LiDAR et en émettant l'hypothèse que la base du sautage correspond à l'élévation de la route future. La charge par trou a ensuite été ajustée en fonction de la hauteur de chaque trou considérant la masse volumique des explosifs utilisés.

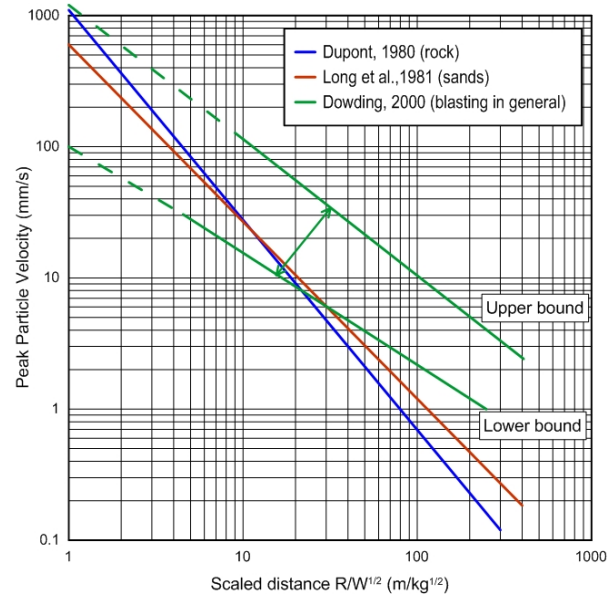


Figure 5: Loi d'atténuation de type racine carrée des VPP dans différents matériaux

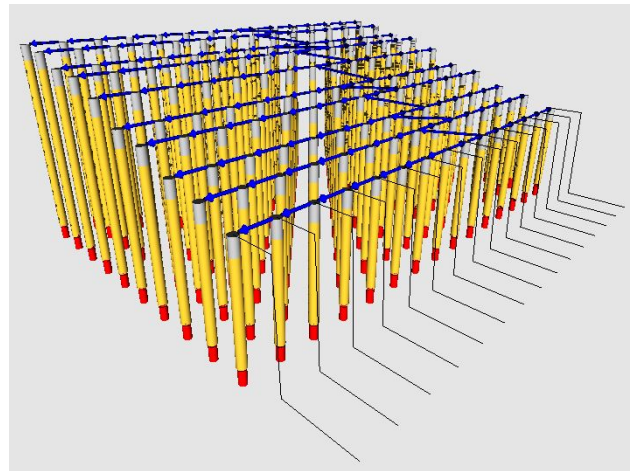


Figure 6: Modélisation et simulation du sautage de La Romaine

En résumé, les trous de la première rangée ont une profondeur de 8,3 m avec une charge de 46 kg et les trous de la dernière rangée présentent une profondeur de 14,6 m avec une charge de 88,8 kg. L'analyse générale du sautage a été réalisée dans le logiciel en modélisant chaque trou et le temps de délai entre chacun d'eux (Figure 6).

La simulation dans I-Blast a montré que selon le patron de sautage, deux à trois trous ont détonné au même instant de façon régulière. Les VPP ont été calculées ensuite avec l'équation de Dupont pour deux cas représentatifs du sautage. Un cas qui représente la charge la plus près de l'interface roc-argile, c'est-à-dire deux trous qui détonnent au même instant avec une charge totale de 92 kg situés à 14,5 m. Les VPP calculées sont de 569 mm/s. L'autre cas représente la charge la plus importante du sautage soit quatre trous détonnant au même moment pour une charge totale de 208,1 kg à 19,52 m. Pour ce cas, les VPP calculées sont de 678 mm/s. L'analyse de I-Blast a fourni un VPP de 433 mm/s. La valeur la plus importante des VPP au niveau de l'argile est reliée à la charge la plus importante qui correspond aux quatre trous détonnant à 19,52 m.

Une limite des vibrations de 25 mm/s est déjà proposée dans la littérature lorsqu'il y a du sautage à proximité de sols sensibles (i.e. sables lâches). Les valeurs de VPP estimées ici sont bien au-delà de cette limite recommandée. La valeur de 25 mm/s est réputée pour être conservatrice et est davantage reliée aux structures et n'est pas adaptée au comportement du sol. Les grandes valeurs estimées au site de La Romaine peuvent être expliquées par l'importante charge par délai utilisée dans le sautage ainsi que la courte distance entre le sautage et l'interface roc-argile (14,5 m). Dans ce cas-ci, les vibrations importantes du sautage pourraient expliquer la rupture.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les principales conclusions de cette étude sont :

1. Des glissements sont survenus dans les argiles sensibles pendant ou rapidement après des travaux de sautage;
2. Plusieurs de ces cas de rupture étaient soumis préalablement à d'autres facteurs aggravant la stabilité tels qu'un remblai au sommet de la pente, de mauvaises conditions du roc, des pluies intenses, etc., ce qui rend difficile d'identifier le rôle du sautage;
3. Certains glissements sont survenus quelques heures après le sautage. Les redistributions des pressions interstitielles pourraient expliquer ce délai; (Ytterby, Finneidfjord et Lödöse);
4. Les vibrations de sautage peuvent avoir entraîné une rupture locale dans les sols qui peut s'être propagée le long de plans préférentiels et en raison du comportement anti-écrouissage des argiles sensibles. La rupture

progressive pourrait être une explication de ces cas (Toulustouc, Hawkesbury et La Romaine);

5. D'après l'expérience Norvégienne, il semblerait qu'il n'est pas possible d'appliquer une seule limite de vibrations pour toutes les pentes à proximité de sautages. Il semblerait que cela dépend de plusieurs conditions naturelles, du contenu fréquentiel, des effets de site et de d'autres facteurs aggravants. En particulier, si la pente a une stabilité précaire avant le sautage, même un petit sautage pourrait déclencher un glissement de terrain.

Plusieurs des cas de glissements de terrain vus dans cet article sont survenus dus à un manque de connaissance des conditions des pentes et la nature des matériaux près du sautage. Les glissements de terrain observés sont souvent survenus dans de petits projets de construction. Les auteurs pensent que des précautions sont nécessaires lors de la réalisation de sautages. Il est suggéré d'observer et de considérer les conditions des sols adjacents aux travaux de construction. Dans les cas où il y a présence de pentes de faible stabilité ou de matériaux sensibles, des investigations géotechniques seraient requises. S'il y a investigation, une attention particulière devrait être réservée aux lits de sable et de silt lâche. La résistance des argiles augmente avec la vitesse de chargement et la fréquence, et diminue avec le nombre de cycles de chargement et la durée. Il est donc délicat de déterminer la résistance de façon précise. Réduire la vitesse en pointe des particules peut aider à maintenir une bonne résistance de ces matériaux. Cela aiderait aussi à réduire les pressions interstitielles générées. De plus, un délai un peu plus long entre les explosions pourrait être considéré pour permettre aux conditions d'eau de dissiper.

Un autre point à considérer est que les vibrations sont enregistrées et suivies lorsqu'il y a sautage à proximité de structures. La même procédure devrait être faite lorsqu'il y a des pentes en argile sensible à proximité. Finalement, l'effet du sautage sur la stabilité des pentes n'est pas bien compris et plus de recherche sont nécessaire pour avoir une meilleure compréhension du mécanisme de rupture (effet des couches de sol lâche, effet des pressions d'eau, réduction de la résistance, effets aux frontières, etc.).

4 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. Denis Demers pour ses commentaires constructifs en lien avec ce travail. Le ministère de la Sécurité publique est remercié pour le support financier.

5 RÉFÉRENCES

- BJURSTRÖM, G. 1982. Skredet vid Fröland.
- BOUCHARD, R. 2015. Personnel communication.
- BOUCHARD, S., LEROUEIL, S., LEBOEUF, D., DESCHÊNES, P.-L. & DORVAL, P. 2015. Analysis of a blast loading near sensitive clay slope in La Romaine village, Quebec. *GEOQuébec 2015*. Québec city.
- BOUCHARD, S., L'HEUREUX, J.-S., JOHANSSON, J., LEROUEIL, S., and LEBOEUF, D. 2016. Blasting induced landslides in sensitive clays. In *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice*. Edited by A.e. al., Rome, Italy. pp. 497-504.
- CONLON, R. J. 1966. Landslide on the Toulmoustou River, Quebec. *Canadian Geotechnical Journal*, III, 113-144.
- D'ELIA, B., ESU, F., PELLEGRINO, A. & PERCATORE, T. S. Some effects on natural slope stability induced by the 1980 Italian earthquake. 11th Int. Conf. on Soil Mechanics and Found. Engng., 1985 San Francisco. 1943-1949.
- DION, D. J. 1986. Levé géotechnique de la région de Jonquières-Chicoutimi-LaBaie. In: RESSOURCES, M. B. D. M. D. L. É. E. D. (ed.). Québec: MB-86-51.
- DUPONT 1980. *Blasters Handbook*, Wilmington, DE
- EDEN, W. J. 1956. The Hawkesbury Landslide. *Conference C.S.M.: National Research Council*, division of Building Research.
- EDEN, W. J. & HAMILTON, J. J. 1957. The use of a field vane apparatus in sensitive clay. *Symposium on In Place Shear Testing of Soil by the Vane Method*. ASTM Special Technical Publication no 193.
- EVANS, S. G. Landslides. In: BROOKS, G. R., ed. *A Synthesis of Geological Hazard in Canada*, 2001. 43-79.
- I-BLAST 2009. *Thierry Bernard Technologie*, Nice, France.
- JOHANSSON, J., LOVHOLT, F., ANDERSEN, K. H., MADSHUS, C. & AABOE, R. 2013. Impact of blast vibrations on the release of quick clay slides. *Proceedings of the 18th international Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Paris.
- KARLSRUD 1979. Naturlige skåninger: Undersjøske utglidninger og skred.
- L'HEUREUX, J.-S., HANSEN, L. & LONGVA, O. 2010. Ny kunnskap om skredmekanisme langs norske fjorder: Eksempler fra Trondheimsfjorden og Sørfjorden i Hemnes. *Fjellsprengningsteknikk, Bergmekanikk/Geoteknikk*. Oslo.
- L'HEUREUX, J.-S., LONGVA, O., STEINER, A., HANSEN, L., VARDY, M. E., VANNESTE, M., HAFLIDASON, H., BRENDRYEN, J., KVALSTAD, T. J., FORSBERG, C. F., CHAND, S. & KOPF, A. 2012. Identification of Weak Layers and Their Role for the Stability of Slopes at Finneidfjord, Northern Norway. In: AL., Y. Y. E. (ed.) *Submarine Mass Movements and Their Consequences*.
- LACASSE, S. 2013a. 8th Terzaghi Oration Protecting society from landslides - the role of the geotechnical engineer. *18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Paris.
- LACASSE, S. 2013b. Wizard for GeoSuite software. *Canadian Geotechnical Conference*. Montréal.
- LOCAT, P., DELISLE, M.-C., DEMERS, D., ROBITAILLE, D. & GRONDIN, G. 2010. Cas d'un glissement dans les argiles sensibles provoqué à la suite d'un sautage à La Romaine, Basse-Côte Nord, Québec, Canada. Calgary.
- LONGVA, O., JANBU, N., BLIKRA, L. H. & BØE, R. 2003. The 1996 Finneidfjord slide; seafloor failure and slide dynamics. In: LOCAT J, M. J. (ed.) *Submarine mass movements and their consequences*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- NADIM, F. & KALSNEs, B. Evaluation of clay strength for seismic slope stability analysis. *Proceedings XIV ICSMFE*, 1997 Hamburg. 377-379.
- NTNU 2009. Skredet i Kattmarkvergen i Namsos 13 mars 2009, Report of commission appointed by the Ministry of Transport and Communications. (in Norwegian).
- OSET 2015. Personnel communication.
- STEINER, A., L'HEUREUX, J.-S., KOPF, A., VANNESTE, M., LONGVA, O., LANGE, M. & HAFLIDASON, H. 2012. An In-Situ Free-Fall Piezocone Penetrometer for Characterizing Soft and Sensitive Clays at Finneidfjord (Northern Norway). In: AL., Y. Y. E. (ed.) *Submarine Mass Movements and Their Consequences*.
- WOLDESELASSIE, B. H. 2012. *The effect of blasting in layered soils, example from Finneidfjord, Norway*. Master, NTNU.