

EN004008

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident mortel de deux travailleurs et
un travailleur blessé le 29 janvier 2013 à la
carrière de l'entreprise Maskimo Construction inc.,
située au 861, rang de l'Achigan Sud à L'Épiphanie**

Version dépersonnalisée

Direction régionale de Lanaudière

Inspecteurs :

Mathieu Vermot

Jacques Tétrault

Date du rapport : 6 mars 2014

Rapport distribué à :

- Monsieur « K », Maskimo Construction inc.
- Monsieur « L », Les Excavations G. Allard inc.
- Monsieur « M », 9168-6931 Québec inc.
- M^e Pierre Belisle, coroner
- D^r Jean-Pierre Trépanier, directeur de la santé publique et d'évaluation, Agence de la santé et des services sociaux de Lanaudière
- Copie pour affichage aux travailleurs

TABLE DES MATIÈRES

1.	RÉSUMÉ DU RAPPORT	1
2.	ORGANISATION DU TRAVAIL	3
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.1.1	MASKIMO CONSTRUCTON INC.....	3
2.1.2	LES EXCAVATIONS G. ALLARD INC.....	3
2.1.3	BALAI VAC.....	4
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL.....	4
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	4
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	4
3.	DESCRIPTION DU TRAVAIL.....	5
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	5
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	7
4.	ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE	9
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT.....	9
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	9
4.2.1	CONFIGURATION DU SITE AVANT LE DÉBUT DES TRAVAUX.....	10
4.2.2	PLANIFICATION DES TRAVAUX	11
4.2.3	EXÉCUTION ET SUPERVISION DES TRAVAUX	13
4.2.4	ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DU GLISSEMENT DE TERRAIN	20
4.2.5	RÉGLEMENTATION ET NORMES	23
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	24
4.3.1	PREMIER ÉNONCÉ DE CAUSE	24
4.3.2	DEUXIÈME ÉNONCÉ DE CAUSE	25
5.	CONCLUSION.....	29
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	29
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	29
5.3	RECOMMANDATIONS	29

ANNEXES

ANNEXE A :	Liste des accidentés	30
ANNEXE B :	Expertise	33
ANNEXE C :	Liste des témoins et des autres personnes rencontrées	34

SECTION 1**1 RÉSUMÉ DU RAPPORT****Description de l'accident**

Le 29 janvier 2013, un opérateur de pelle hydraulique effectue des travaux d'excavation au pourtour de la carrière. Alors qu'il creuse et qu'il charge deux camions situés derrière sa pelle hydraulique, un important glissement de terrain se produit, emportant les trois travailleurs et leurs équipements vers le fond de la carrière. L'opérateur de la pelle hydraulique réussit à s'extirper de son équipement. Les deux conducteurs de camion sont retrouvés ensevelis plusieurs jours plus tard.

Conséquences

Deux travailleurs décèdent et un travailleur subit d'importantes blessures.



Photo 1 – Aperçu des lieux de l'accident (vue aérienne)
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)



Photo 2 – Aperçu des lieux de l'accident (au sol)
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)

Abrégé des causes

L'enquête a permis d'identifier les deux causes suivantes :

- Des travaux d'excavation effectués sur un site propice aux glissements de terrain déclenchent le mouvement des sols qui entraîne deux camionneurs ainsi qu'un opérateur de pelle hydraulique vers le fond de la carrière.
- La planification et la supervision des travaux d'agrandissement de la carrière sont déficientes, notamment par le fait que les travaux d'agrandissement sont effectués alors que les impacts sur la stabilité du sol sont inconnus.

Mesures correctives

Le rapport RAP9081257, émis le 30 janvier 2013, fait suite à la première présence des inspecteurs sur les lieux de l'accident. Des décisions sont alors émises, interdisant l'accès à tout travailleur dans et autour de la carrière en raison, notamment des dangers d'ensevelissement, de chutes d'équipement et de chutes de matériaux. La décision permet l'accès au site seulement sous la supervision continue des travaux, par un ingénieur spécialisé en mécanique des sols.

Le rapport RAP0752835, émis le 8 février 2013, lève la décision émise dans le rapport RAP9081257 après que des mesures de sécurité et un périmètre de sécurité aient été établis par un ingénieur spécialisé en mécanique des sols. Les travaux à l'extérieur de ce périmètre peuvent donc alors être repris.

Le rapport RAP0815619, émis le 23 mai 2013, autorise l'accès au glissement de terrain pour les travaux de sondage sans la supervision nécessaire d'un ingénieur puisqu'un accès sécuritaire pour le faire a été réalisé conformément aux recommandations d'un ingénieur.

Les rapports RAP0815621 et RAP0815630, respectivement émis les 18 juin et 28 juin 2013, viennent déterminer les conditions à respecter afin de ne pas influencer les mesures prises par l'instrumentation en place sur le site ainsi que les conditions d'opération sur le site.

Le présent résumé n'a pas comme tel de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête, ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il ne remplace aucunement les diverses sections du rapport d'enquête qui devrait être lu en entier. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.

SECTION 2

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

Sur le plan de l'organisation du travail, trois entreprises sont impliquées dans cet événement.

Il s'agit de :

- Maskimo Construction inc.,
- Les Excavations G. Allard inc.
- 9168-6931 Québec inc. (ci-après nommé Balai Vac)

Maskimo Construction inc. effectue des travaux de réaménagement à la carrière de l'Épiphanie. L'entreprise donne en sous-traitance certains travaux d'excavation et de transport des déblais à l'entreprise Les Excavations G. Allard inc. Cette dernière donne en sous-traitance le transport des déblais à plusieurs autres entreprises, dont Balai Vac.

2.1 Structure générale de l'établissement

2.1.1 Maskimo Construction inc.

Maskimo Construction inc. est une entreprise qui œuvre dans plusieurs domaines, notamment la construction et la réhabilitation routière. La carrière située à l'Épiphanie est un des sites d'exploitation de la compagnie. On y exploite la pierre dans le but principal d'alimenter leur production d'enrobés bitumineux.

L'établissement de l'Épiphanie compte environ quatre-vingts travailleurs.

Sur le site de la carrière de l'Épiphanie, les opérations d'exploitation sont sous la responsabilité de monsieur « A ». Monsieur « B » est le supérieur immédiat de monsieur « A ».

2.1.2 Les Excavations G. Allard inc.

Les Excavations G. Allard inc. est une entreprise se spécialisant essentiellement dans les travaux d'excavation pour les travaux de génie civil ainsi que dans les secteurs commercial et résidentiel.

L'entreprise compte trente-huit travailleurs.

2.1.3 Balai Vac

L'entreprise Balai Vac est spécialisée dans le balayage municipal, commercial et industriel. L'entreprise possède également quelques camions.

L'entreprise compte huit travailleurs.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail chez Maskimo Construction inc.

2.2.1 Mécanismes de participation

Il existe un comité de santé et de sécurité (CSS) paritaire au sein de l'entreprise. Les rencontres du CSS s'effectuent normalement tous les mois.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Chez Maskimo Construction inc., il existe une politique en matière de santé et de sécurité au travail. Cette politique aborde essentiellement les différents engagements de l'employeur et du rappel des responsabilités de chacun en cette matière.

Madame « C » effectue la tournée des chantiers et des différents sites de la compagnie pour y effectuer certaines inspections. Elle donne également de la formation au personnel. Elle est du comité de santé de sécurité au travail.

Sur le site de la carrière de l'Épiphanie, lorsqu'un sous-traitant entre sur le site pour la première fois, des directives en matière de santé et de sécurité lui sont données.

De manière générale, le programme de prévention destiné aux chantiers de construction est appliqué et adapté à l'ensemble des carrières de Maskimo Construction inc. Au moment des événements, il est planifié qu'un document traitant des mesures de sécurité sur le site d'exploitation de l'Épiphanie soit mis en application au printemps 2013.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

L'accident survient au 861, rang de l'Achigan Sud, à L'Épiphanie, sur la carrière exploitée par Maskimo Construction inc.



Figure 1 : Localisation géographique du site
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)



Photo 3 – Photo aérienne du site
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)

Bordé au nord-ouest par le chemin du Rang de l'Achigan Sud et à l'est par la route 341, l'ensemble du terrain occupait en janvier 2013 une superficie totale d'environ 28 hectares (280 000 m²). L'élévation moyenne du terrain naturel environnant est de 22 m au-dessus du niveau de la mer.

Sur le site de la carrière Maskimo de l'Épiphanie, on retrouve une usine de production d'enrobés bitumineux et de pierres concassées. La zone destinée à l'extraction de la roche calcaire (carrière) est d'une superficie approximative de 96 000 m² et d'une profondeur d'environ 90 m. Différents matériaux sont entreposés au pourtour de la carrière. Il s'agit essentiellement d'amoncellements de pierres concassées, de rebuts de béton et d'asphalte.

L'accident survient dans la partie sud du site, à proximité d'une pile de rebuts d'asphalte et de béton. (photo 3)

3.2 Description du travail à effectuer

Dans le but d'exploiter une nouvelle partie de la carrière, le chemin de halage¹ doit être déplacé. Pour se faire, des opérations d'excavation doivent être effectuées afin de dégarnir le roc du mort terrain qui le recouvre. Une fois le roc dégarni, le nouveau chemin de halage pourra être aménagé, tandis que le roc situé sous l'ancien chemin pourra être exploité.

Afin d'effectuer les travaux d'excavation, un opérateur de pelle hydraulique creuse dans le mort terrain à l'aide d'une pelle hydraulique et charge des camions à tour de rôle. Sur le site, deux pelles hydrauliques et quinze camions à benne basculante sont en opération le matin du 29 janvier 2013.

L'accident survient au moment où l'opérateur de pelle effectue des opérations d'excavation et de chargement de deux camions.

La pelle hydraulique utilisée pour effectuer ces opérations est de marque Komatsu, modèle PC450, 2011, d'une masse nette de 45 000 kg et portant le numéro de plaque VN31216-5.



Photo 4 – Pelle hydraulique de marque Komatsu, modèle PC450, 2011
(Source : Site internet de Komatsu)

(1) Chemin donnant accès à l'intérieur de la carrière et par lequel les matériaux rocheux sont transportés.

Les deux camions qui se font charger au moment de l'accident sont de marque Sterling. L'un est de modèle STE, 2006, d'une masse nette de 12 930 kg, immatriculé L552978-2 et l'autre, de marque Wertern, modèle CNV, 2011, d'une masse nette de 13 750 kg, immatriculé L494241-8.



Photo 5 – Camion à benne basculante de marque Sterling, modèle STE, 2006
(Source : Internet)



Photo 6 – Camion à benne basculante de marque Wertern, modèle CNV, 2011
(Source : Internet)

SECTION 4

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 15 janvier 2013, après avoir préparé le terrain pour faciliter le passage des équipements, les travaux de décapage sont entamés à la carrière. Les travaux d'excavation débutent du côté nord-est du projet et se poursuivent à cet endroit jusqu'au 21 janvier 2013. Les travaux sont ensuite suspendus temporairement en raison du froid.

Le 28 janvier 2013, vers 7 h, les travaux reprennent. L'excavation du côté nord-est du projet se poursuit et monsieur « D », opérateur de pelle hydraulique, reçoit la directive de débiter l'excavation du mort-terrain dans la section sud-ouest du projet. De cette manière, les deux phases d'excavation (sud-ouest et nord-est) se rejoindront au fur et à mesure que les travaux avanceront.

Le 29 janvier 2013, les travaux d'excavation se poursuivent à compter de 7 h. L'opérateur de pelle hydraulique creuse devant lui, côté ouest, et charge les camions situés derrière sa pelle hydraulique. Les camions entrent et sortent du site en alternance, de manière à se faire remplir et à aller vider leur contenu de façon continue au site de dépôt situé à quelques kilomètres de la carrière.

Vers 10 h 45, l'opérateur de pelle hydraulique poursuit l'excavation et charge les camions conduits par madame « E » et monsieur « F », stationnés derrière la pelle hydraulique. À ce moment, le sol se fracture devant les deux camions et un important glissement de terrain se produit, emportant avec lui une partie du chemin d'accès, une partie d'un monticule de rebuts d'asphalte et de béton, les deux camions, la pelle hydraulique et leurs occupants.

Les secours sont appelés et l'opérateur de pelle hydraulique est évacué du fond de carrière par hélicoptère. Une vaste opération de recherche est alors enclenchée afin de retrouver les deux conducteurs de camion. Ce n'est que le 2 février 2013 qu'ils sont retrouvés sous les débris argileux du glissement de terrain. Leur décès est alors constaté.

4.2 Constatations et informations recueillies

Dans le but de faire la lumière sur la dynamique technique du glissement de terrain afin d'en établir les causes et de n'écarter aucune hypothèse, la CSST a mandaté le Service de la géotechnique et de la géologie du ministère des Transports du Québec, section mouvement de terrain, pour la production d'un rapport d'expertise. Il est à noter que certaines informations contenues dans le présent rapport d'enquête proviennent de ce rapport d'expertise.

4.2.1 Configuration du site avant le début des travaux

Il a été possible d'établir, avec une certaine précision, la configuration du site avant le début des travaux et d'observer son évolution. Les données obtenues permettent quelques comparaisons entre les années 1983 et 2013. Les détails relatifs à cette évolution du site sont disponibles à l'annexe B.

En 2011, une ortho-photographie numérique du site nous permet de constater l'état des lieux à ce moment. Il s'agit d'un document ayant l'aspect d'une photographie aérienne et ayant les qualités métriques d'une carte topographique (voir figure 2). On note la présence d'un important monticule de matériau d'une douzaine de mètres de hauteur au sommet du terrain en pente situé entre ce même monticule et la paroi de la carrière. Ce terrain en pente est appelé talus.

À titre indicatif, la ligne pointillée rouge indique la dépression laissée dans le paysage par le glissement de terrain du 29 janvier 2013. Il s'agit de la cicatrice du glissement de terrain.

Au moment de l'accident, les matériaux constituant ce monticule sont des rebus d'asphalte et de béton.

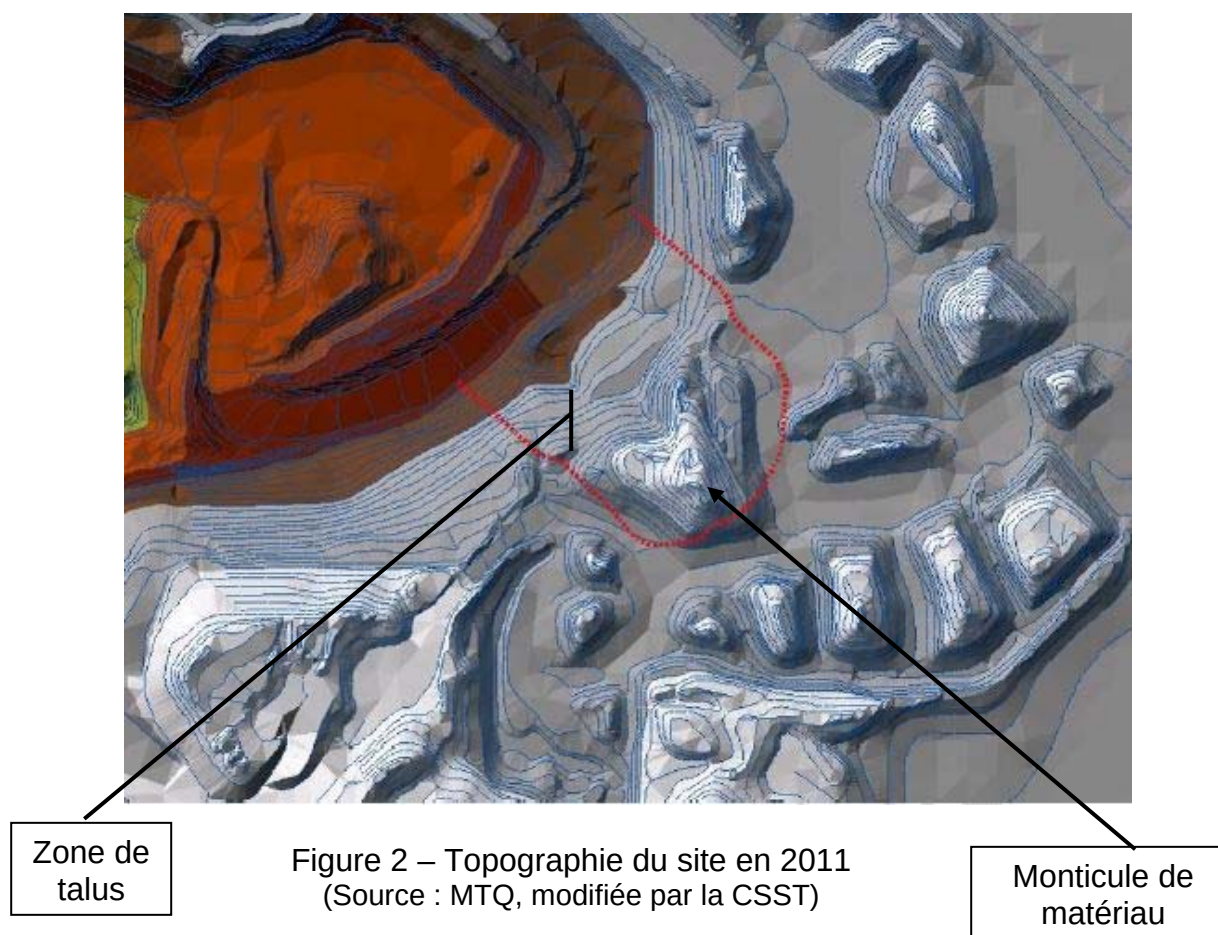


Figure 2 – Topographie du site en 2011
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)

Monsieur « A » chez Maskimo Construction inc. décrit les principales étapes prévues à la préparation du terrain avant les travaux d'excavation dans la zone où est survenu l'accident :

- 1- déplacement des réserves dans la section nord-est de la carrière (voir figure 4, point A) dans le but de faciliter le passage des équipements de l'entreprise Les Excavations G. Allard inc.;
- 2- Déplacement de la pile de rebus d'asphalte et de béton;
- 3- Nivellement de la surface de travail afin de faciliter le passage des équipements et l'excavation;
- 4- Enlèvement de la neige pour assurer une bonne visibilité du chemin;
- 5- Ajout de pierres pour faciliter le déplacement des véhicules.

Lors de son témoignage, monsieur « B » mentionne que monsieur « H » et lui-même ont donné verbalement les directives de creusage à monsieur « A » concernant les pentes à respecter, soit un ratio d'environ 2H : 1V à 3H : 1V (distance horizontale : distance verticale).

Le 29 janvier 2013, aucun plan ni devis n'est disponible pour les travaux d'excavation. Monsieur « B » et monsieur « A » mentionnent qu'il était planifié d'obtenir les plans et devis pour les travaux de déplacement du chemin de halage. Monsieur « H » indique que des plans et devis étaient prévus pour l'exploitation du roc, mais que des plans et devis n'étaient pas requis pour les travaux d'excavation puisque les travaux devaient être effectués avec des pentes de 3H : 1V.

Finalement, par le passé, certaines études ont été faites sur le site de la carrière de l'Épiphanie. Une étude géotechnique a été faite en 2011 par la firme Solmatech inc. Cette étude a été commandée par Maskimo Construction inc. dans le but de construire un nouveau bâtiment. Ce bâtiment est situé à l'entrée principale du site (côté nord).

Une autre étude a également été commandée par Maskimo Construction inc., en 2010, à la firme Qualitas. Cette étude a été produite dans le cadre d'un projet d'agrandissement de la carrière l'Épiphanie. Elle indique que le site visé pour l'agrandissement de la carrière se situe au sud de la zone exploitée, là où la surface du terrain est horizontale et cultivée. Des forages exploratoires ont donc été effectués dans ce secteur, puis un autre à l'est du site. Cette étude n'a pas été faite spécifiquement pour les travaux effectués en janvier 2013.

4.2.3 Exécution et supervision des travaux

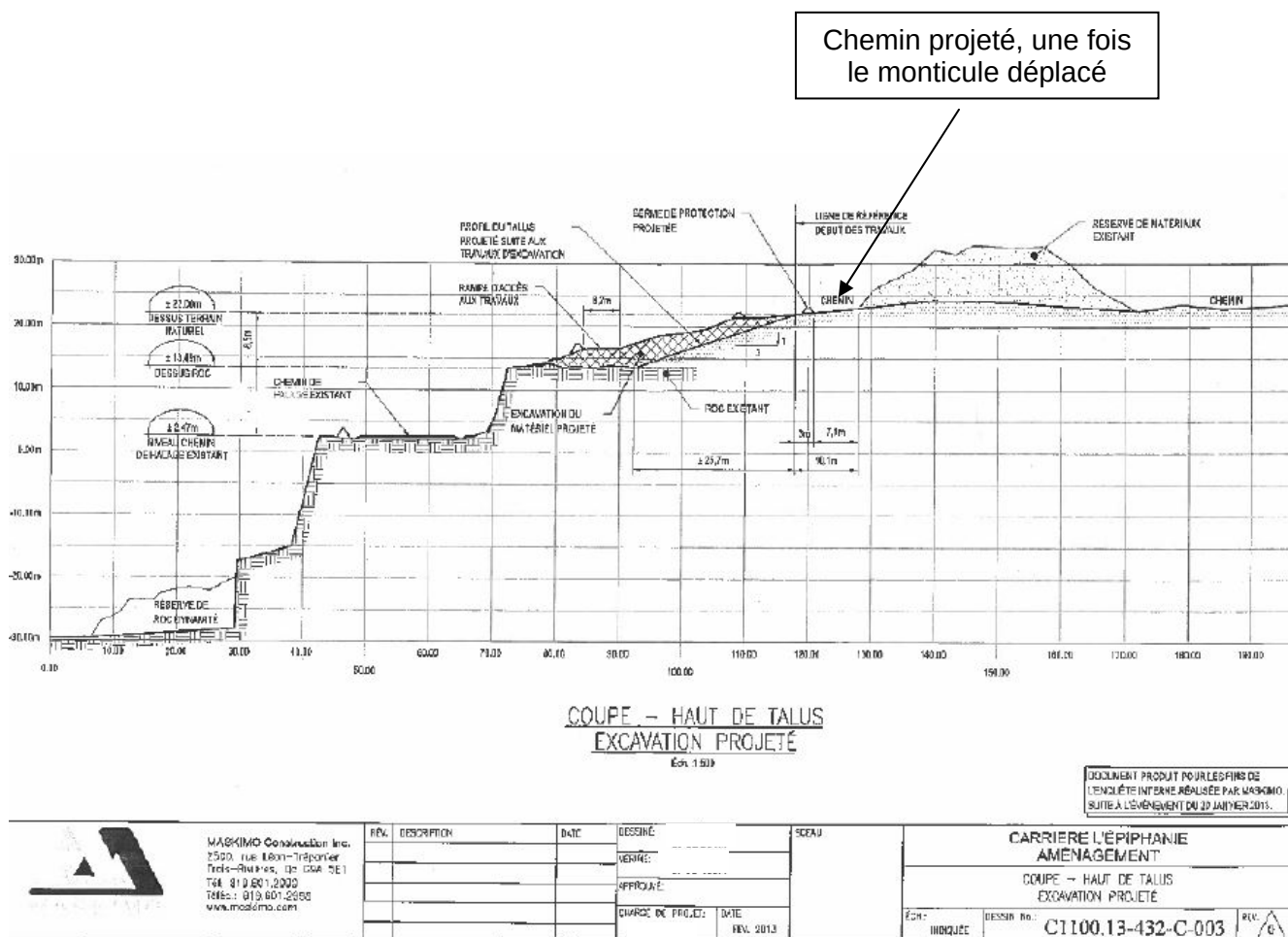
Dans les jours précédents le 15 janvier 2013, Maskimo Construction inc. prépare le terrain pour la venue des équipements de l'entreprise Les Excavations G. Allard inc.

La photo satellite du 18 janvier 2013 indique qu'à cette date, la pile de réserve 0-56 mm a été déplacée (figure 4, point A) pour faciliter le passage des équipements. Le nivellement de la surface de travail afin de faciliter le passage des équipements (rampe d'accès menant à la base du talus) est également presque terminé (figure 4, point B).

Toujours sur la même photo (figure 4, point C) on remarque que le travail pour éloigner la pile d'asphalte et de béton du sommet du talus est commencé. L'objectif est alors d'éloigner le monticule à une distance de 10,1 m de la ligne de lot de manière à conserver un chemin entre le futur sommet du talus et le pied du monticule, tel qu'illustré à la figure 5. La méthode utilisée pour déplacer ce monticule est de retirer graduellement les matériaux par palier et les déposer sur le dessus, les côtés et vers l'arrière de ce même monticule. À la figure 4, la ligne pointillée rouge est toujours présente comme repère pour situer l'endroit où la cicatrice du glissement de terrain s'est produite le 29 janvier 2013.



Figure 4 – Photographie satellite du 18 janvier 2013
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)



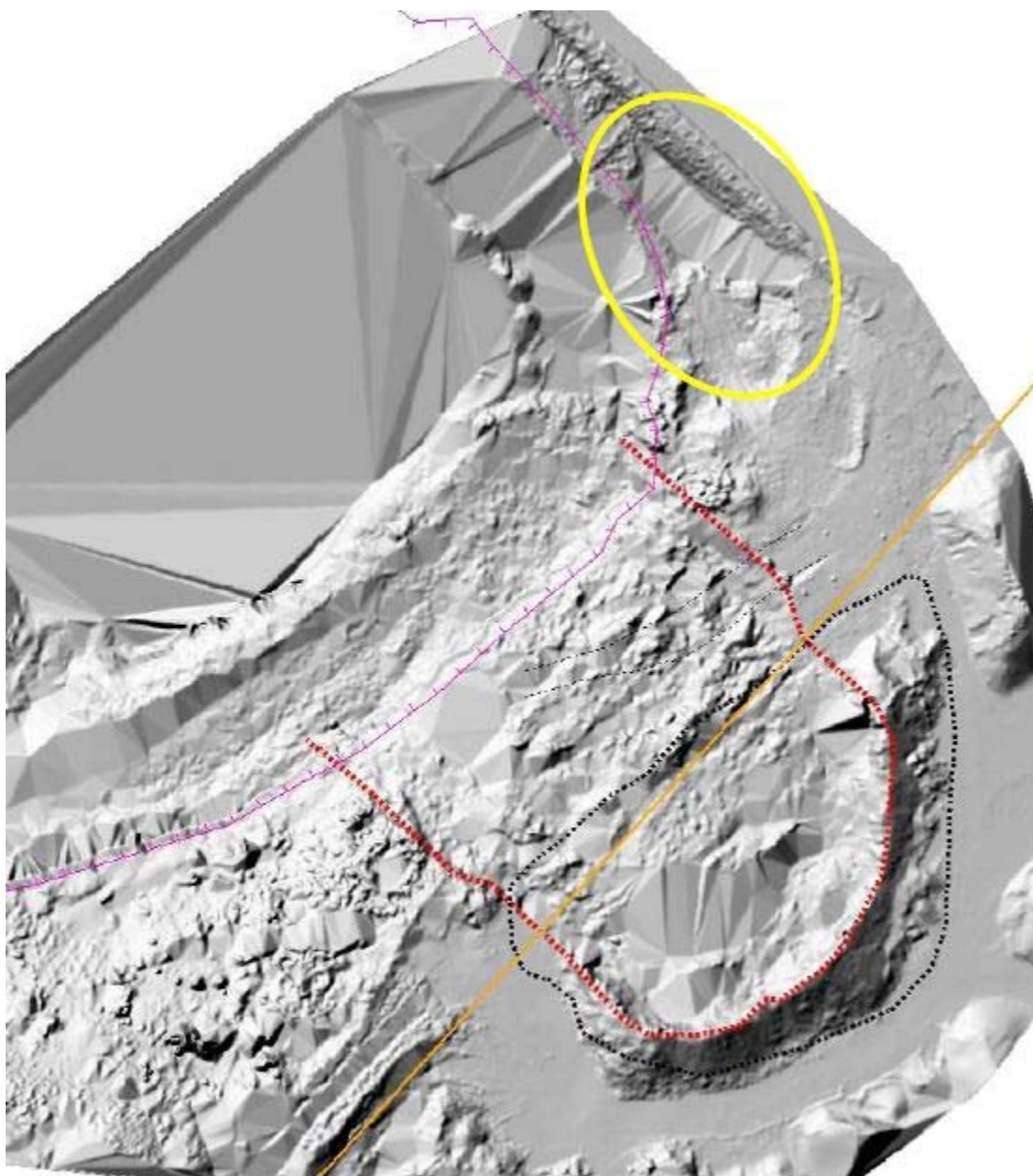


Figure 6 - Vue de la zone de travaux d'excavation réalisés à la mi-janvier 2013 (lidar terrestre après le 29 janvier 2013); travaux effectués entre le 15 et le 21 janvier 2013 (cercle jaune)
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)



Photo 7 - Vue des travaux de décapage du roc qui ont été réalisés à partir du 14 janvier 2013 (cercle jaune).
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)

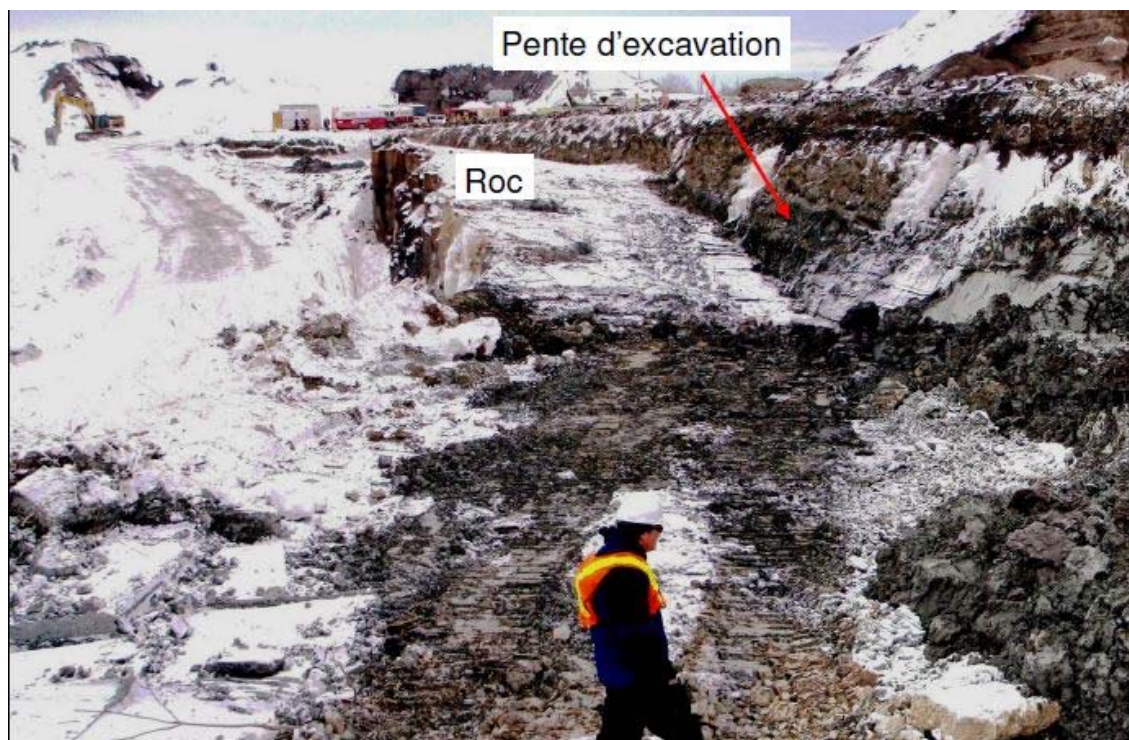


Photo 8 - Vue du décapage du roc réalisé à la mi-janvier 2013, avec des pentes de l'ordre de 45 degrés.
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)

Le 28 janvier 2013, les travaux d'excavation reprennent. Une nouvelle phase des travaux est alors entamée. On demande à l'opérateur de pelle hydraulique de débiter l'excavation dans la section sud-ouest du projet. Ce dernier explique certains détails entourant cette nouvelle phase des travaux. En voici les principaux éléments :

- Monsieur « A » lui a expliqué à quel endroit creuser.
- Le 28 janvier 2013, l'opérateur de pelle hydraulique débute l'excavation en respectant une pente d'environ 45 degrés. Il charge alors 7 camions qui viennent se positionner derrière sa pelle hydraulique, en alternance.
-
- La quantité de déblais chargés dans les camions était de l'ordre de 3 500 à 3 700 tonnes par jour.
-
- Le 29 janvier 2013, au matin, les travaux d'excavation dans la même zone se poursuivent. Vers 10 h 45, l'opérateur de pelle hydraulique creuse devant lui et atteint le roc à une profondeur d'environ 5 m. À sa droite, du côté de la falaise, le roc est également atteint. Il est cependant à une moins grande profondeur, soit environ 3 m. Les pentes d'excavation sont d'environ 45 degrés, soit un ratio de 1H : 1V.
-
- Le sol à excaver est principalement composé d'argile, recouvert par environ 30 cm de terre.

Monsieur « A » commente également certains aspects de cette phase des travaux. Il décrit notamment, à l'aide du plan illustré à la figure 3, l'évolution des travaux d'excavation dans la zone du glissement de terrain. Il mentionne également que le ratio de la pente de l'excavation effectuée par l'opérateur, à l'aide de sa pelle hydraulique, était alors de l'ordre de 3H : 1V à 4H : 1V.

La figure 7 illustre l'état d'avancement des travaux au moment où le glissement de terrain survient. Le carré jaune représente la position de la pelle hydraulique. Les deux carrés bleus représentent la position des deux camions qui se faisaient alors charger.

Zone excavée par l'opérateur de pelle hydraulique le 28 et 29 janvier 2013

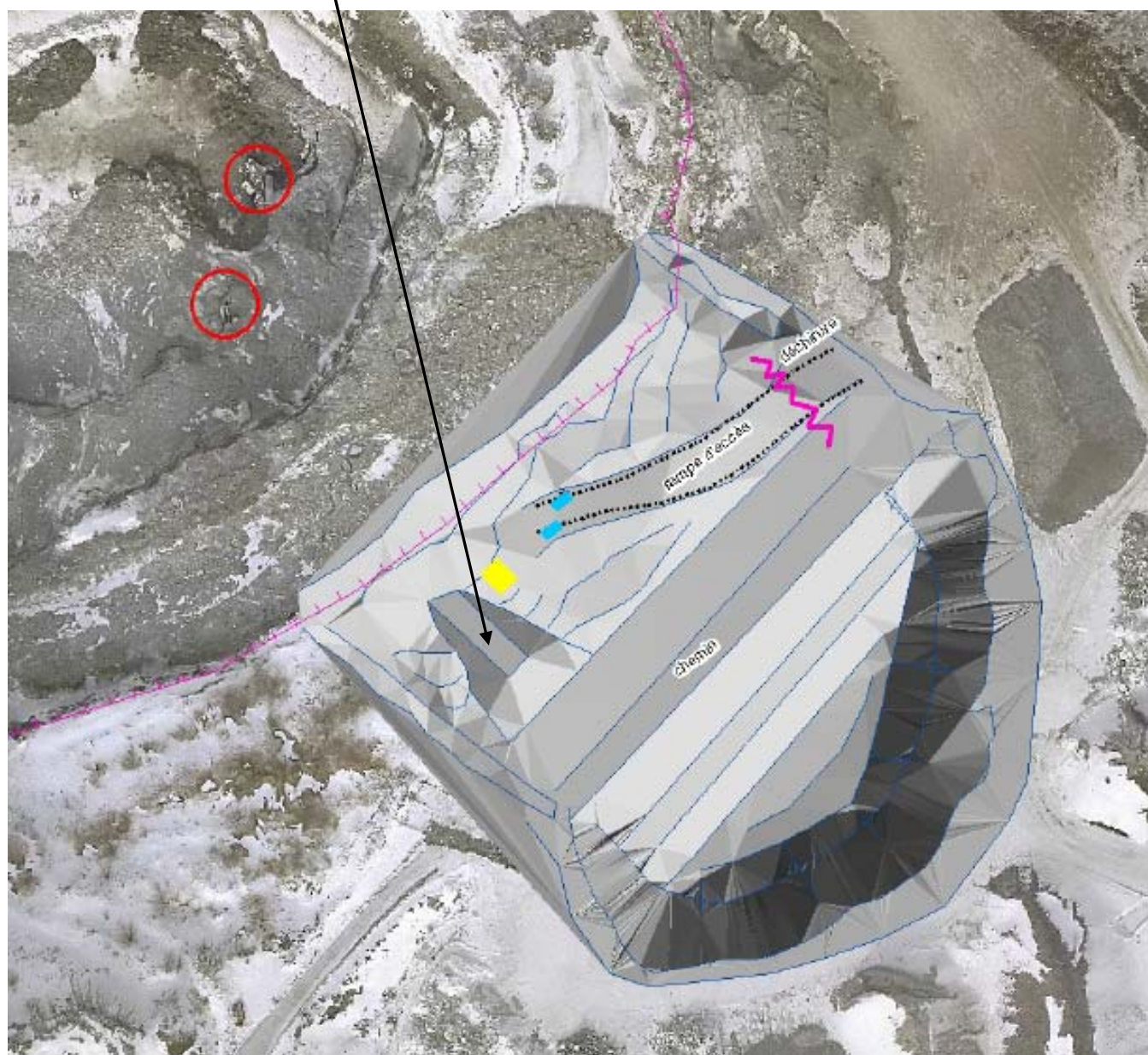


Figure 7 – Modélisation en trois dimensions de l'état d'avancement des travaux au moment où survient le glissement de terrain.
(Source : MTQ, modifiée par la CSST)

Il est à noter que sur le site, monsieur « J », un autre opérateur de pelle hydraulique effectue les travaux de décapage du côté nord-est du projet. Ce dernier mentionne s'être rendu à la carrière le matin du 29 janvier 2013 avec son patron, monsieur « I », qui lui a donné des instructions relatives au creusage à effectuer.

Selon les différents témoignages obtenus, monsieur « I » de la compagnie Les Excavations G. Allard inc. se présente tous les jours sur le site tandis que monsieur « A » chez Maskimo Construction inc. se déplace sur le site et passe à proximité des travaux d'excavation plusieurs fois par jour.

4.2.4 Étude géotechnique du glissement de terrain

Les analyses et les conclusions de l'étude produite par le Service de la géotechnique et de la géologie du ministère des Transports du Québec, section mouvement de terrain, prennent en considération les mesures scientifiques réalisées sur le site, les observations faites sur les différents documents obtenus ainsi que les différents témoignages recueillis. Le rapport d'expertise est présenté à l'annexe B.

Du rapport d'expertise, nous considérons les faits suivants :

- le glissement de terrain mesure 80 m de largeur, 87 m de longueur et son recul en sommet de la pente est de l'ordre de 50 m. Le pourtour de la cicatrice correspond avec la position du monticule de résidus de matériaux qui était entreposé sur le site. Les sols naturels impliqués dans le glissement sont majoritairement constitués d'argile relativement homogène et sensible au remaniement.
- L'appréciation quantitative de la stabilité d'un talus est basée sur la valeur obtenue du calcul d'un coefficient de sécurité (F_s) minimum. Ce dernier peut se définir comme le rapport entre le moment résistant et le moment moteur pour un cercle de rupture donné. Théoriquement et d'une manière simplifiée :

si $F_s = 1$, le talus est en équilibre précaire;

si $F_s > 1$, le talus présente une certaine réserve de stabilité;

si $F_s < 1$, le talus est instable.

Toutefois, considérant les incertitudes inhérentes à ce calcul théorique, les ingénieurs en géotechnique doivent utiliser une valeur bien supérieure à 1 pour considérer qu'une pente est stable.

Cette valeur minimum « acceptable » peut être par exemple de 1,4 pour une pente naturelle, ou de 1,5 pour la construction d'un remblai. Quoi qu'il en soit, des valeurs de F_s –min inférieures à 1,3 sont généralement plutôt préoccupantes pour les géotechniciens. On considère alors que la stabilité d'une pente est précaire, voire inacceptable pour la sécurité des gens et des biens.

Le calcul des coefficients de sécurité doit également tenir compte de deux conditions pour établir la stabilité d'un sol, soit qu'il est considéré comme étant « drainé » ou « non drainé ».

En voici la signification :

Drainé : Cette approche est utilisée, notamment pour déterminer le coefficient de sécurité pour les pentes naturelles ou les pentes artificielles, lorsque les conditions d'eau sont en régime stable, appelées conditions à long terme.

Non drainé : Cette approche est utilisée lorsque les conditions d'eau sont perturbées (cour terme). Elle convient par exemple aux calculs de stabilité lors de la mise en place rapide d'un remblai, où les conditions d'eau dans les sols argileux peuvent augmenter rapidement, ou encore lors de travaux d'excavation dans les sols argileux, où des pressions d'eau négatives sont momentanément engendrées.

- Les analyses de stabilité montrent que la configuration des lieux avant les travaux de janvier 2013 détenait une bonne réserve de stabilité à long terme, en conditions drainées avec un F_s de 1,99. La stabilité du site était cependant précaire vers 2007 lorsque le remblai a été érigé en sommet de talus, en conditions non drainées avec un F_s minimum de 1,10. Ceci signifie que si le monticule avait été un peu plus élevé, il aurait pu se produire un glissement de terrain à ce moment, à peu près similaire à celui de janvier 2013.
- Le fait d'avoir reculé de 10 mètres la pile de résidus d'asphalte et de béton avant le début des travaux d'excavation en janvier 2013 a, à court terme, en conditions non drainées, diminué la stabilité de façon importante en faisant passer le F_s à 1.23.
- Les travaux d'excavation effectués pour dégarnir le roc du mort terrain afin d'aménager le nouveau chemin de halage ont influencé le coefficient de sécurité à la baisse pour le faire passer à 1.01 (conditions non drainées), ce qui a déclenché la rupture du talus. L'évaluation de la pente qui prévalait lors de l'événement est de 45°.
- Même si l'excavation avait été réalisée en respectant des pentes d'excavation de 3H : 1V telle que montrée sur les plans de construction exécutés après le glissement de terrain, la rupture aurait probablement pu se produire compte tenu de la faible réserve de stabilité sur les facteurs de sécurité obtenus ($F_s = 1,1$).
- Si la pile de résidus avait été déplacée de 30 m au lieu de 10 m, la réserve de stabilité aurait été plus élevée avec un F_s de 1,45.

Le tableau suivant énumère les facteurs prédisposants, aggravants et déclencheurs du glissement de terrain. Plusieurs facteurs sont réunis pour qu'un glissement se produise à cet endroit de la carrière.

Facteurs	Description
Prédisposants	<u>Stratigraphiques et géotechniques</u> : - Argile silteuse grise sensible et homogène. - Sensibilité élevée à très élevée sous l'élévation 16 à 17 m. - Pendage du roc vers le sud-est qui fait en sorte que l'épaisseur d'argile au-dessus du roc va en augmentant dans cette direction. <u>Topographiques</u> : - Talus dans les dépôts meubles d'environ 7-8 m de hauteur au-dessus du roc.
Aggravants	<u>Topographiques</u> : - Entreposage de sols ou de matériaux divers sous la forme de plusieurs monticules dont la hauteur est souvent d'environ 10 m, ce qui augmente considérablement les contraintes de cisaillement au niveau des sols argileux sous-jacents. <u>Conditions d'eau souterraine</u> : - Le remblayage en sommet de talus modifie le réseau d'écoulement et augmente les pressions d'eau sous les monticules en sommet de talus.
Déclencheurs	<u>Intervention humaine</u> : - Tranchée d'environ 5 m de largeur réalisée à partir du pied de talus vers le sommet et dont la profondeur varie de 3 à 5 m. - Pente de tranchée de l'ordre de 45 degrés.

Tableau 1 : Énumération et description des facteurs prédisposants, aggravants et déclencheurs au site du glissement.
(Source : CSST)

4.2.5 Réglementation et normes

Le *Manuel canadien d'ingénierie des fondations*, à la section 25.4.2 - *Fouilles dans les argiles – stabilité à court terme*, propose l'utilisation d'un coefficient de sécurité minimal de 1,5. Un coefficient moindre peut être utilisé dans certains cas, notamment lorsqu'il y a eu reconnaissance détaillée du sol.

Le *Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines*, à l'article 1, on entend par « mine » : *tout établissement, avec ou sans usine de traitement ou de transformation, où s'effectuent des travaux d'exploration autres que le forage d'un puits artésien, ou des travaux d'extraction du sol ou du sous-sol, pour y retirer une substance minérale afin d'obtenir un produit commercial ou industriel.*

Ce mot comprend une carrière et une sablière; il exclut une tourbière.

Dans ce même article, on entend par « nappe d'eau » : *l'accumulation d'eau ou d'un mélange d'eau et de terrain meuble susceptible de se liquéfier.*

L'article 78 de ce même Règlement stipule que *l'excavation d'une mine à ciel ouvert à moins de 100 m d'une nappe d'eau ne peut être entreprise sans l'obtention de plans et devis d'un ingénieur accompagnés des études prévues aux paragraphes 4 à 6 de l'article 77 :*

Article 77 :

- 4° *une étude des propriétés mécaniques du massif rocheux à être excavé;*
- 5° *une étude des conditions hydro-géologiques;*
- 6° *les données nécessaires pour un système de vérification et d'entretien des piliers de surface.*

Ces plans et devis accompagnés des études doivent être conservés sur le site de la mine et être disponibles en tout temps.

L'article 51 3° de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* stipule que l'employeur doit *s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur.*

L'article 51 5° de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* stipule que l'employeur doit *utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travail.*

L'article 51 9° de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* stipule que l'employeur doit *informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié.*

En matière d'excavation, pour soutenir les employeurs afin qu'ils respectent leurs obligations, la CSST a produit un document intitulé *"Pour mieux exécuter les travaux de creusement, d'excavation et de tranchée – Aide mémoire pour l'employeur"*. Ce document rappelle notamment l'importance de l'élaboration d'une directive écrite de creusage ainsi que la transmission des instructions au responsable des travaux sur le terrain et à l'opérateur de l'engin de terrassement. Ce même document rappelle également l'importance que le responsable des travaux vérifie que les conditions de travail soient identiques à celles prévues au moment de la planification des travaux, notamment quant à la nature des sols ainsi qu'au niveau de la nappe phréatique.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Des travaux d'excavation effectués sur un site propice aux glissements de terrain déclenchent le mouvement des sols qui entraîne deux camionneurs ainsi qu'un opérateur de pelle hydraulique vers le fond de la carrière.

Le 15 janvier 2013, des travaux d'excavation sont entamés à la carrière Maskimo, de l'Épiphanie, dans le but d'agrandir la carrière afin d'y exploiter davantage de roc. L'excavation débute dans la section nord-est du projet. Le 28 janvier 2013, un opérateur de pelle hydraulique est déplacé pour débiter une nouvelle phase d'excavation dans la section sud-ouest du projet. Les deux phases d'excavation pourront ainsi se rejoindre.

Le 29 janvier 2013, vers 10 h 45, un important glissement de terrain survient alors que l'excavation a lieu dans la section sud-ouest du projet. L'opérateur de la pelle hydraulique et les conducteurs des deux camions destinés au transport des déblais sont emportés dans le glissement. Les deux conducteurs des camions sont retrouvés morts quelques jours plus tard, alors que l'opérateur de la pelle hydraulique réussit à quitter son engin et se rendre en lieu sûr malgré ses blessures.

Les résultats de l'expertise commandée par la CSST démontrent que certaines caractéristiques de la zone excavée permettent de conclure que le site était propice aux glissements de terrain avant et pendant les travaux du 28 et du 29 janvier 2013.

En effet, on note la présence d'une argile silteuse sensible et homogène dans le sol à excaver ainsi qu'une sensibilité qualifiée d'élevée à très élevée sous l'élévation 16 à 17 m. On souligne également le fait que l'épaisseur d'argile au-dessus du roc va en augmentant vers le sud-est et qu'un talus dans les dépôts meubles d'environ 7 ou 8 m de hauteur est présent au-dessus du roc.

De plus, l'entreposage de sols ou de matériaux divers sous la forme de plusieurs monticules, dont la hauteur est souvent d'environ 10 m, augmente considérablement les contraintes de cisaillement au niveau des sols argileux sous-jacents.

Finalement, le déplacement sur une dizaine de mètres du remblai d'asphalte et de béton en sommet de talus modifie le réseau d'écoulement et augmente les pressions d'eau sous les monticules en sommet de talus.

Dans ces conditions, les calculs démontrent que la configuration des lieux avant les travaux d'excavation détient un faible coefficient de sécurité de l'ordre de 1,23. Cette stabilité précaire aurait pu, sans aucune autre action, entraîner un glissement de terrain.

Le 28 et le 29 janvier 2013, les travaux d'excavation dans la zone du glissement de terrain avancent et une tranchée d'environ 5 m de largeur réalisée à partir du pied de talus vers le sommet et dont la profondeur varie de 3 à 5 m est effectuée. La pente de cette tranchée est de l'ordre de 45 degrés. Cette excavation fait baisser le coefficient de sécurité déjà précaire à 1,01. Cette nouvelle perturbation de l'équilibre du sol entraîne le glissement de terrain.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La planification et la supervision des travaux d'agrandissement de la carrière sont déficientes, notamment par le fait que les travaux d'agrandissement sont effectués alors que les impacts sur la stabilité du sol sont inconnus.

Planifier, c'est de prévoir les étapes à réaliser, les méthodes et les techniques, notamment afin que les travaux s'effectuent en toute sécurité. Ceci implique donc une analyse des impacts de ces étapes, méthodes et techniques.

Aux mois de décembre 2012 et de janvier 2013, certaines rencontres permettent aux différents intervenants de planifier les travaux qui seront effectués à compter du 15 janvier 2013.

En effet, en décembre 2012, une visite du site est faite par monsieur « B » et monsieur « A » chez Maskimo Construction inc. Cette visite a comme objectif de planifier les travaux de décapage à venir.

Vers le 8 décembre 2012, une rencontre a lieu entre monsieur « B », monsieur « A », monsieur « G » et monsieur « H » tous de Maskimo Construction inc. Cette rencontre permet de discuter autour d'un plan identifiant l'emplacement et la pente du nouveau chemin de halage.

Toujours en décembre 2012, monsieur « B » rencontre monsieur « I » de la compagnie Les Excavations G. Allard inc. Les deux personnes discutent de l'entente entre les deux entreprises et s'entendent verbalement sur le fait que l'entreprise Les Excavations G. Allard inc. fournira les équipements et la main-d'œuvre pour permettre l'excavation, le transport et la disposition des déblais pour une masse de déblais estimée à 200 000 tonnes.

Selon monsieur « B », les directives de creusage ont par la suite été données verbalement monsieur « A » concernant les pentes à respecter, soit un ratio d'environ 2H : 1V à 3H : 1V. Le 23 janvier 2013, monsieur « H » mentionne avoir reçu l'information de la part de monsieur « B » que les travaux s'effectuaient de façon sécuritaire et que la pente d'excavation allait se faire dans un ratio de 3H : 1V dans la zone de l'événement.

Sur le lieu de travail, les travailleurs rencontrés mentionnent que les directives reçues sur le site en lien avec les travaux de janvier 2013 viennent dans certains cas de monsieur « A » et dans d'autres cas de monsieur « I », Les Excavations G. Allard inc.. Ce dernier se présente tous les jours sur le site tandis que monsieur « A » se déplace sur le site et passe à proximité des travaux d'excavation plusieurs fois par jour.

Monsieur « A » demande à l'opérateur de pelle hydraulique de débiter l'excavation dans la partie sud-ouest du projet et lui explique où creuser.

Les photos prises des travaux déjà effectués et les déclarations obtenues indiquent que des pentes d'excavation de l'ordre de 45 degrés, soit un ratio de 1H : 1V, ont été faites au cours des travaux, notamment lors des travaux de creusement dans la section du glissement de terrain. À la lumière de ces faits, nous constatons que les pentes d'excavation planifiées et jugées sécuritaires par Maskimo Construction inc. n'étaient pas respectées et ce, malgré les multiples visites de la part de leur représentant au cours des travaux, démontrant des déficiences dans la supervision des travaux.

Par ailleurs, le 29 janvier 2013, aucun plan ni devis n'est disponible sur le site pour les travaux d'excavation. Monsieur « B » et monsieur « A » mentionnent qu'il était planifié d'obtenir les plans et devis pour les travaux de déplacement du chemin de halage. Monsieur « H » indique que des plans et devis étaient prévus pour l'exploitation du roc, mais qu'ils n'étaient pas requis pour les travaux d'excavation puisque les travaux devaient être effectués avec des pentes de 3H : 1V.

Toutefois, l'article 78 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines* stipule que *l'excavation d'une mine à ciel ouvert à moins de 100 m d'une nappe d'eau, telle que définie au règlement, ne peut être entreprise sans l'obtention de plans et devis d'un ingénieur accompagnés des études prévues aux paragraphes 4 à 6 de l'article 77.*

L'article mentionne également que *ces plans et devis accompagnés des études doivent être conservés sur le site de la mine et être disponible en tout temps.*

En matière d'excavation, pour soutenir les employeurs afin qu'ils respectent leurs obligations, la CSST a produit un document intitulé *"Pour mieux exécuter les travaux de creusement, d'excavation et de tranchée – Aide mémoire pour l'employeur"*. Ce document rappelle notamment l'importance de l'élaboration d'une directive écrite de creusage ainsi que la transmission des instructions au responsable des travaux sur le terrain et à l'opérateur de l'engin de terrassement. Ce même document rappelle également l'importance que le responsable des travaux vérifie que les conditions de travail soient identiques à celles prévues au moment de la planification des travaux, notamment quant à la nature des sols ainsi qu'au niveau de la nappe phréatique.

L'étude géotechnique commandée par la CSST au Service de la géotechnique et de la géologie du ministère des Transports du Québec, section mouvement de terrain, met également en lumière les faits suivants :

- Vers 2007, lorsque le remblai a été érigé en sommet de talus, la stabilité du site était précaire, en conditions non drainées avec un F_s minimum de 1,10. Ceci signifie que si le monticule avait été un peu plus élevé, il aurait pu se produire un glissement de terrain à ce moment, à peu près similaire à celui de janvier 2013.
- Les analyses de stabilité montrent que la configuration des lieux avant les travaux de janvier 2013 détenait une bonne réserve de stabilité à long terme, en conditions drainées avec un F_s de 1,99. La stabilité du site était cependant précaire lorsque le remblai a été érigé en sommet de talus avec un F_s minimum de 1,10.
- Le fait d'avoir reculé de 10 m la pile de résidus d'asphalte et de béton avant le début des travaux d'excavation au mois de janvier a diminué la stabilité du site à 1,23 et l'excavation a déclenché la rupture du talus lorsque le F_s est passé à 1,01.
- Même si l'excavation avait été réalisée en respectant des pentes d'excavation de 3H : 1V telle que montrée sur les plans de construction exécutés après le glissement de terrain, la rupture aurait probablement pu se produire compte tenu de la faible réserve de stabilité sur les facteurs de sécurité obtenus ($F_s = 1,1$).
- Si la pile de résidus avait été déplacée de 30 m au lieu de 10 m, la réserve de stabilité aurait été plus élevée avec un F_s de 1,45.

Le tableau suivant permet de visualiser l'évolution des coefficients de sécurité au gré des actions posées et venant modifier l'état du site à travers le temps.

Période	État du site	Fs
2007	Fin des travaux : remblai érigé en sommet de talus (conditions non drainées)	1,1
Début janvier 2013	Talus (conditions drainées)	1,99
Mi-janvier 2013	Déplacement de la pile de résidus de béton et d'asphalte (remblai) de 10 m (conditions non drainées)	1,23
29 janvier 2013	Excavation du mort de terrain	1,01
Accident – Glissement de terrain		

Tableau 2 – Évolution du site depuis 2007 et influence sur le facteur de sécurité de la stabilité du talus
(Source : CSST)

On peut retenir de cette situation que le design de la pente d'excavation prévue aux fins des travaux n'était pas basé sur une connaissance suffisante des conditions existantes sur le site, puisqu'un ingénieur en géotechnique ayant fait le même calcul aurait considéré que ces travaux n'auraient pas respecté les règles de l'art.

Ces éléments nous permettent de conclure que la possibilité d'un glissement de terrain aurait pu être anticipée bien avant l'évènement de janvier 2013. Une planification adéquate de ces travaux d'envergure (enlèvement prévu de 200 000 tonnes de déblais), passant par une étude géotechnique, aurait permis de caractériser la stratigraphie et les propriétés géotechniques des sols en place. Les analyses de stabilité nécessaires auraient ainsi pu être effectuées et les directives appropriées pour assurer la sécurité des lieux pour les travailleurs auraient pu être communiquées et contrôlées efficacement, le tout conformément aux articles 51 3°, 51 5° et 51 9° de la *Loi sur la santé et sécurité du travail*.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

L'enquête a permis d'identifier les deux causes suivantes :

- Des travaux d'excavation effectués sur un site propice aux glissements de terrain déclenchent le mouvement des sols qui entraîne deux camionneurs ainsi qu'un opérateur de pelle hydraulique vers le fond de la carrière.
- La planification et la supervision des travaux d'agrandissement de la carrière sont déficientes, notamment par le fait que les travaux d'agrandissement sont effectués alors que les impacts sur la stabilité du sol sont inconnus.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le rapport RAP9081257, émis le 30 janvier 2013, fait suite à la première présence des inspecteurs sur les lieux de l'accident. Des décisions sont alors émises, interdisant l'accès à tout travailleur dans et autour de la carrière en raison notamment des dangers d'ensevelissement, de chutes d'équipement et de chutes de matériaux. La décision permet l'accès au site seulement sous la supervision continue des travaux, par un ingénieur spécialisé en mécanique des sols.

Le rapport RAP0752835, émis le 8 février 2013, lève la décision émise dans le rapport RAP9081257 après que des mesures de sécurité et un périmètre de sécurité aient été établis par un ingénieur spécialisé en mécanique des sols. Les travaux à l'extérieur de ce périmètre peuvent donc alors être repris.

Le rapport RAP0815619, émis le 23 mai 2013, autorise l'accès au glissement de terrain pour les travaux de sondage sans la supervision nécessaire d'un ingénieur puisqu'un accès sécuritaire pour le faire a été réalisé conformément aux recommandations d'un ingénieur.

Les rapports RAP0815621 et RAP0815630, respectivement émis les 18 juin et 28 juin 2013, viennent déterminer les conditions à respecter afin de ne pas influencer les mesures prises par l'instrumentation en place sur le site ainsi que les conditions d'opération sur le site.

5.3 Recommandations

Afin d'éviter qu'un tel accident se reproduise, la CSST informera les exploitants de carrières des conclusions de cette enquête afin qu'ils mettent en place les mesures de prévention destinées à éviter les glissements de terrain lors des travaux d'excavation.

ANNEXE A**Liste des accidentés****ACCIDENTÉE (décédé)****Nom, prénom** :

Sexe :

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident :

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur :

Syndicat :

ACCIDENTÉ (décédé)

Nom, prénom :

Sexe :

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident :

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur :

Syndicat :

ACCIDENTÉ (blessé)

Nom, prénom :

Sexe :

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident :

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur :

Syndicat :

ANNEXE B**Expertise**

ANNEXE C

Liste des témoins et des autres personnes rencontrées

M. « B », Maskimo Construction inc.
M. « A », Maskimo Construction inc.
M^{me} « N », Maskimo Construction inc.
M^{me} « C », Maskimo Construction inc.
M. « H », Maskimo Construction inc.
M^{me} « O », avocate, cabinet d'avocats Lavery, de Billy
M. « L », Les Excavations G. Allard inc.
M. « I », Les Excavations G. Allard inc.
M. « D », opérateur de pelle hydraulique, Les Excavations G. Allard inc.
M. « J », opérateur de pelle hydraulique, Les Excavations G. Allard inc.
M. « M », 9168-6931 Québec inc. (Balai Vac)
M. « P », service des incendies, Ville de Repentigny
M. « Q », service des incendies, Ville de Repentigny
M. « R », service des incendies, Ville de Montréal
M. « S », Association des pompiers de Montréal
M. « T », Ministère de la sécurité publique
M. « U », Ministère de la sécurité publique
M. « V », Ministère de la Sécurité publique
M. « W », poste de la MRC de Montcalm, Sûreté du Québec
M. « X », sergent, enquêteur, division des enquêtes régionales ouest, Sûreté du Québec
M. « Y », Sûreté du Québec
M. « Z », sergent, enquêteur, division des enquêtes régionales ouest, Sûreté du Québec
M. « AA » ing., Ministère des Transport du Québec
M^{me} « BB », ing., Ministère des Transports du Québec
M. « CC », ing., Ministère des Transports du Québec
M. « DD », Ministère des Transports du Québec
M. « EE », Qualitas
M. « FF », Solmatech inc.
M. « GG », Inspec-Sol