

**RAPPORT D'ENQUÊTE**  
**Copie dépersonnalisée**

**Accident mortel survenu à un travailleur  
de l'entreprise CIMA+ S.E.N.C.,  
le 2 juillet 2013,  
au pont P-14635,  
situé au km 71 de l'autoroute 55 à Windsor**

**Direction régionale de l'Estrie**

**Inspecteurs : Sylvain Roy, ing.**

**Date du rapport : 19 novembre 2014**

**Rapport distribué à :**

CIMA + S.E.N.C.

- Monsieur « A » du bureau de Sherbrooke
- Monsieur « B », bureau de Sherbrooke

Ministère des transports du Québec

- Monsieur Gilles Bourque, ing., directeur, Direction territoriale de l'Estrie
- Madame Nathalie Vigneault, technicienne en travaux publics, membre du comité de santé et sécurité, Direction territoriale de l'Estrie
- Madame Dominique Savoie, sous-ministre
- Monsieur « C » de l'association professionnelle des ingénieurs du gouvernement du Québec (APIGQ)
- Madame « D » du syndicat de la fonction publique du Québec (SFPQ)

Entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier inc.

- Monsieur « E »

Docteur Gilles Sainton, coroner

Docteure Mélissa Généreux, directrice de la santé publique et d'évaluation

---

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1 RÉSUMÉ DU RAPPORT</b>	<b>1</b>
<b>2 ORGANISATION DU TRAVAIL</b>	<b>3</b>
<b>2.1 MTQ, DIRECTION TERRITORIALE DE L'ESTRIE</b>	<b>3</b>
2.1.1 STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.1.2 GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	5
<b>2.2 ENTREPRISE CIMA+, BUREAU DE SHERBROOKE</b>	<b>9</b>
2.2.1 STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	9
2.2.2 GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	11
<b>2.3 ENTREPRISE CONSTRUCTION JEAN-PIERRE LAUZIER</b>	<b>12</b>
2.3.1 STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	12
2.3.2 LA GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	12
<b>3 DESCRIPTION DU TRAVAIL</b>	<b>14</b>
<b>3.1 DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL</b>	<b>14</b>
<b>3.2 DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER</b>	<b>18</b>
3.2.1 LES ÉQUIPEMENTS UTILISÉS LORS DE L'ACCIDENT	18
3.2.2 L'INSPECTION GÉNÉRALE	26
<b>4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE</b>	<b>30</b>
<b>4.1 CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT</b>	<b>30</b>
<b>4.2 CONSTATATION ET INFORMATION RECUEILLIE</b>	<b>32</b>
4.2.1 L'INSPECTION DE STRUCTURE AU MTQ : RÔLE ET RESPONSABILITÉ DES INTERVENANTS	32
4.2.2 FORMATION ET EXPÉRIENCE	33
4.2.3 LA PESÉE DU VÉHICULE	33
4.2.4 EXPERTISE GÉOTECHNIQUE (INSPEC-SOL INC.)	34
4.2.5 EXPERTISE MÉCANIQUE SUR LE VÉHICULE (TECHNORM INC.)	38
4.2.6 EXPERTISE MÉCANIQUE SUR LES CAUSES DU RENVERSEMENT (PROLAD-EXPERTS INC.)	41
4.2.7 AVIS TECHNIQUE	45
4.2.8 LE MANUEL DU FABRICANT	46
4.2.9 LÉGISLATION	46
4.2.10 L'ANALYSE DES DIMENSIONS DE LA PLATE-FORME EN FONCTION DE LA NORME AMÉRICAINNE	51
<b>4.3 ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES</b>	<b>52</b>
4.3.1 LE POSITIONNEMENT DE LA PLATE-FORME PAR UN CHARIOT ÉLÉVATEUR MODIFIÉ ALORS QUE CELUI-CI SE SITUE DANS UNE FORTE PENTE ET À PROXIMITÉ D'UNE ZONE MARÉCAGEUSE PROVOQUE SON RENVERSEMENT.	52

- 4.3.2 L'UTILISATION DU VÉHICULE NON CONÇU POUR SOULEVER DU PERSONNEL AUQUEL ONT ÉTÉ AJOUTÉS UNE PLATE-FORME ET UN CONTREPOIDS EST DANGEREUSE. 55
- 4.3.3 LA GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL EN CE QUI A TRAIT AU CHOIX DE L'ÉQUIPEMENT D'ACCÈS À LA STRUCTURE LORS DE L'INSPECTION DU PONT EST DÉFICIENTE. 58

## **5 CONCLUSION** 61

- 5.1 CAUSES DE L'ACCIDENT 61
- 5.2 AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE 61
- 5.3 RECOMMANDATIONS 62

### **ANNEXES**

- ANNEXE A : Liste des accidentés 63
- ANNEXE B : Liste des témoins et des autres personnes rencontrés 65
- ANNEXE C : Les modèles de véhicules 30.6 et 30.9 de la gamme multifarmer de Merlo 68
- ANNEXE D : Rapport d'expertise d'Inspec-Sol inc. 75
- ANNEXE E : Rapport d'expertise de Technorm inc. 113
- ANNEXE F : Rapport d'expertise de Prolad-Experts inc. 135
- ANNEXE G: Avis techniques 178
- ANNEXE H : Extraits du manuel du fabricant 193
- ANNEXE I : Références bibliographiques 198



**LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1</b>	<b>Site de l'accident</b>	<b>1</b>
<b>Figure 2</b>	<b>Organigramme simplifié du MTQ</b>	<b>4</b>
<b>Figure 3</b>	<b>Organigramme simplifié de l'entreprise CIMA+</b>	<b>10</b>
<b>Figure 4</b>	<b>Organigramme simplifié du bureau de Sherbrooke de l'entreprise CIMA+</b>	<b>10</b>
<b>Figure 5</b>	<b>Site de l'accident</b>	<b>15</b>
<b>Figure 6</b>	<b>Site de l'accident</b>	<b>15</b>
<b>Figure 7</b>	<b>Site de l'accident, vue du pont</b>	<b>16</b>
<b>Figure 8</b>	<b>Site de l'accident</b>	<b>17</b>
<b>Figure 9</b>	<b>Site de l'accident</b>	<b>17</b>
<b>Figure 10</b>	<b>Dimension du véhicule Merlo multifarmer 30.9 Classic2</b>	<b>20</b>
<b>Figure 11</b>	<b>Véhicule Merlo vue du côté droit</b>	<b>20</b>
<b>Figure 12</b>	<b>Véhicule Merlo vue de l'arrière droit</b>	<b>21</b>
<b>Figure 13</b>	<b>Véhicule Merlo vue de l'arrière droit</b>	<b>21</b>
<b>Figure 14</b>	<b>Véhicule Merlo vue du côté gauche</b>	<b>22</b>
<b>Figure 15</b>	<b>Plate-forme PTE.ZM2 repliée (endommagée)</b>	<b>23</b>
<b>Figure 16</b>	<b>Plate-forme PTE.ZM2 ouverte (endommagée)</b>	<b>23</b>
<b>Figure 17</b>	<b>Dimension de la plate-forme PTE.ZM2</b>	<b>24</b>
<b>Figure 18</b>	<b>Le système d'attelage à trois points d'attache</b>	<b>25</b>
<b>Figure 19</b>	<b>Le contrepoids installé sur le véhicule Merlo impliqué dans l'accident</b>	<b>25</b>
<b>Figure 20</b>	<b>Partie de l'itinéraire parcourue par le véhicule Merlo lors de l'inspection du pont P-14635 le jour de l'accident</b>	<b>29</b>
<b>Figure 21</b>	<b>Partie de l'itinéraire parcourue par le véhicule Merlo lors de l'inspection du pont P-14635 le jour de l'accident</b>	<b>29</b>
<b>Figure 22</b>	<b>Inclinaison longitudinale et transversale du véhicule sur la pente</b>	<b>35</b>
<b>Figure 23</b>	<b>Limites maximales d'inclinaison surmontables avec une charge</b>	<b>39</b>

<b>Figure 24</b>	<b>Manutentionner</b>	<b>69</b>
<b>Figure 25</b>	<b>Nettoyer</b>	<b>70</b>
<b>Figure 26</b>	<b>Remorquer</b>	<b>70</b>
<b>Figure 27</b>	<b>Le levier de commande et le tableau de bord du véhicule impliqué dans l'accident</b>	<b>71</b>
<b>Figure 28</b>	<b>Visibilité panoramique 360°</b>	<b>71</b>
<b>Figure 29</b>	<b>Charte de levage de personnel de la gamme de véhicules Merlo multifarmer de la série Classic à prédisposition nacelle</b>	<b>73</b>

**LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1</b>	<b>Seuil de renversement longitudinal vs angle lors du renversement</b>	<b>page 42</b>
<b>Tableau 2</b>	<b>Seuil de renversement transversal vs angle lors du renversement</b>	<b>page 42</b>
<b>Tableau 3</b>	<b>Seuil de renversement combiné vs angles lors du renversement</b>	<b>page 43</b>
<b>Tableau 4</b>	<b>Seuil de renversement diagonal vs angle lors du renversement</b>	<b>page 43</b>
<b>Tableau 5</b>	<b>Moments de renversement calculés</b>	<b>page 44</b>
<b>Tableau 6</b>	<b>Dispositifs des séries Classic, Top, Classic2 et Top2 sur la gamme multifarmer de Merlo 30.6 et 30.9</b>	<b>page 74</b>

---

## SECTION 1

### 1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

#### Description de l'accident

Le 2 juillet 2013, l'inspection générale du pont qui traverse l'autoroute 55 à Windsor est en cours de réalisation. Pour accéder à la structure par le dessous du pont, un chariot élévateur à bras télescopique muni d'une plate-forme est utilisé. Au moment où l'opérateur termine le positionnement de la plate-forme pour permettre aux deux travailleurs d'inspecter la structure, le véhicule qui se trouve dans une pente se renverse sur son côté droit, entraînant avec lui vers le sol les deux inspecteurs. Un des inspecteurs saute de la plate-forme avant qu'elle ne touche le sol. L'autre inspecteur reste dans la plate-forme jusqu'à l'impact.

#### Conséquences

L'opérateur et l'inspecteur qui saute de la plate-forme sont blessés légèrement alors que le deuxième inspecteur décède des suites de ses blessures.



Figure 1: Site de l'accident

(Source : [www.letincelle.qc.ca](http://www.letincelle.qc.ca) (photo de gauche) et rapport préliminaire de l'entreprise CIMA+ (photo de droite))

**Abrégé des causes**

1. Le positionnement de la plate-forme par un chariot élévateur modifié alors que celui-ci se situe dans une forte pente et à proximité d'une zone marécageuse provoque son renversement.
2. L'utilisation du véhicule non conçu pour soulever du personnel auquel ont été ajoutés une plate-forme et un contrepoids est dangereuse.
3. La gestion de la santé et de la sécurité du travail en ce qui a trait au choix de l'équipement d'accès à la structure lors de l'inspection du pont est déficiente.

**Mesures correctives**

À la suite de l'accident, des décisions sont rendues par la CSST afin d'assurer la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs.

Le 2 juillet 2013, la CSST interdit à l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier inc., l'utilisation du chariot élévateur, soit le véhicule Merlo, avant qu'il n'ait subi une inspection assurant son fonctionnement sécuritaire (rapport d'intervention RAP9072329).

Le 3 juillet 2013, la CSST interdit à la Direction territoriale de l'Estrie du ministère des Transports du Québec, la poursuite des travaux d'inspection du pont avant qu'une procédure de travail sécuritaire n'ait été soumise à la CSST (rapport d'intervention RAP0868683).

Le 19 juillet 2013, trois décisions sont rendues. À l'intérieur de ces trois décisions, la CSST interdit à l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier inc. :

- L'utilisation de la plate-forme de levage;
- L'utilisation du chariot élévateur avec le contrepoids de fabrication artisanale, avec la plate-forme, ou avec une plate-forme incompatible;
- L'utilisation du chariot élévateur à toute personne n'ayant pas les connaissances suffisantes pour l'utiliser de façon sécuritaire.

Ces interdictions sont rendues jusqu'à ce que le fabricant ou l'un de ses représentants ait attesté l'utilisation sécuritaire de ces équipements et que leur opérateur ait reçu une formation spécifique à ce véhicule et au levage de travailleur (rapport d'intervention RAP0786830).

Le 9 octobre 2013, un rapport d'information est communiqué au ministère des Transports du Québec (MTQ) et à l'entreprise CIMA + S.E.N.C. Ce rapport spécifie qu'un véhicule de type tracteur agricole à bras télescopique de marque Merlo ne peut être utilisé pour effectuer l'inspection de pont sans qu'une analyse de risque n'ait été réalisée et assure que son utilisation est sécuritaire et respecte les recommandations du fabricant et les références normatives. Le rapport spécifie également que si une des recommandations du fabricant n'est pas respectée et que le Ministère souhaite tout de même utiliser un pareil équipement, une évaluation du risque signée par un ingénieur devra être fournie (rapport d'information RAP0897393).

*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, un ministère et trois entreprises sont impliqués dans l'inspection du pont de Windsor :

- La Direction territoriale de l'Estrie du ministère des Transports du Québec, ci-après nommée la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ;
- L'entreprise CIMA+ S.E.N.C., ci-après nommée l'entreprise CIMA+;
- L'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier inc., ci-après nommée l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier;
- L'entreprise Signalisation de l'Estrie inc., ci-après nommée l'entreprise Signalisation de l'Estrie.

La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ est responsable d'assurer l'inspection du pont de Windsor, situé sur son territoire. Pour ce faire, il effectue la location d'un véhicule et de son opérateur auprès de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier, afin de permettre l'accès à la structure lors de l'inspection. Il embauche également l'entreprise Signalisation de l'Estrie pour effectuer la signalisation. Il donne en sous-traitance l'inspection du pont à l'entreprise CIMA+ qui est responsable de planifier et d'effectuer l'inspection.

L'entreprise Signalisation de l'Estrie ne sera pas traitée dans ce rapport puisqu'elle n'est pas liée aux causes de l'accident.

#### 2.1 MTQ, direction territoriale de l'Estrie

##### 2.1.1 Structure générale de l'établissement

Le MTQ assure des services aux citoyens, aux entreprises, aux associations et aux organismes sur l'ensemble du territoire. Il a pour mission d'assurer, sur tout le territoire, la mobilité des personnes et des marchandises par des systèmes de transport efficaces et sécuritaires.

Le territoire provincial se divise en 14 directions territoriales, dont la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ. La superficie du territoire de l'Estrie est de 10 194 km<sup>2</sup>. Cette direction est responsable des 2 070 km de routes et assure l'entretien des 880 structures (ponts, ponceaux et viaducs) qui s'y trouvent. Le pont de l'autoroute 55 à Windsor fait partie de ces structures. Il est identifié dans l'inventaire du Ministère comme étant le pont P-14635.

La figure 2, produite par la CSST à partir des organigrammes du MTQ, permet de présenter de façon simplifiée l'organisation structurelle des directions du Ministère impliquées dans la gestion de la santé et sécurité (GSST) de la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ et dans l'inspection des structures au Québec.

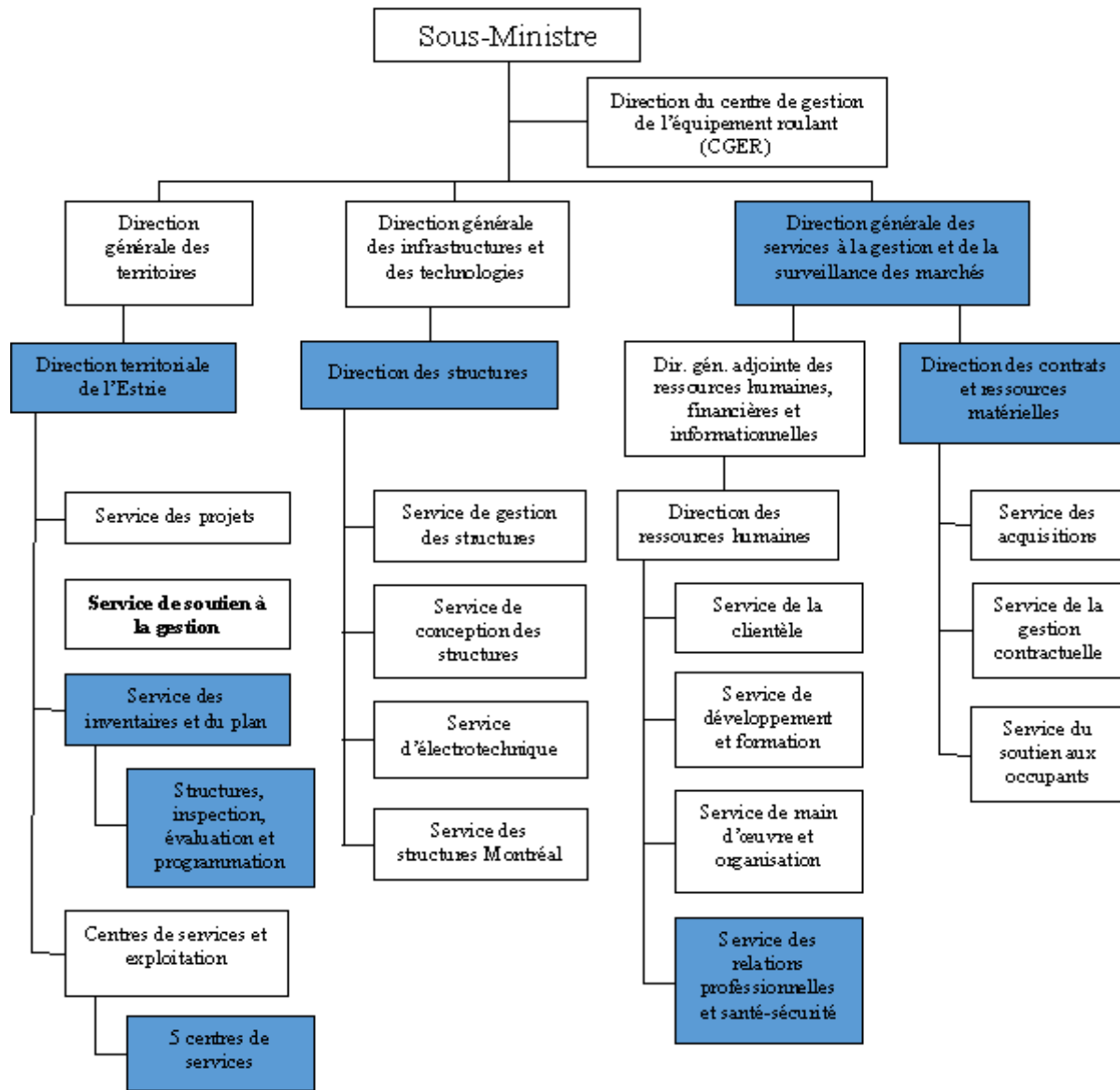


Figure 2 : Organigramme simplifié du MTQ  
(Source : MTQ<sup>1</sup>, modifié par la CSST)

La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ regroupe environ 324 employés. Elle compte quatre services, dont le Service des inventaires et du plan, ainsi que le Centre de services et exploitation. Ce dernier regroupe environ 188 employés répartis dans cinq centres de service: Lac-Mégantic, Cookshire, Sherbrooke, Richmond et Magog.

<sup>1</sup> Organigramme de la direction territoriale de l'Estrie du MTQ et site Internet du MTQ : <http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/ministere/organisation/Organigramme/organigramme.pdf>

À la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ, l'inspection de structures est sous la responsabilité du Service des inventaires et du plan. Ce service est dirigé par un chef de service. Il regroupe 35 employés répartis sous différents départements, dont le Département structures, inspection, évaluation et programmation. Ce département est responsable d'assurer la réalisation des inspections à effectuer sur le territoire de la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ. Ce département regroupe six employés, dont cinq inspecteurs à temps plein. Deux inspecteurs de réserve affectés à d'autres départements peuvent également être appelés à y travailler. Monsieur André Côté, ing. et monsieur Daniel Paquette qui ont travaillé à l'organisation de l'inspection du pont P-14635 travaillent dans ce département. Ils occupent respectivement les postes de responsable de l'inspection et de technicien principal aux travaux publics. Messieurs Côté et Paquette sont également inspecteurs.

À la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ, environ 90 % des inspections réalisées le sont à l'interne, c'est-à-dire par les inspecteurs du Département structures, inspection, évaluation et programmation, ci-après nommés inspecteurs internes, alors qu'environ 10 % des inspections sont réalisées par des inspecteurs de firmes privées embauchés en sous-traitance, ci-après nommés inspecteurs externes.

### **2.1.2 Gestion de la santé et de la sécurité du travail**

#### Le Service des relations professionnelles et santé-sécurité

Le Service des relations professionnelles et santé-sécurité, ci-après nommé le SRPSS, sous la direction des services à la gestion et de surveillance des marchés, définit les orientations du Ministère en ce qui a trait à la GSST. Il assure notamment un soutien d'encadrement, de documentation et de formation à l'ensemble des directions territoriales. Dans ce cadre, le SRPSS produit notamment un gabarit de *Programme de prévention* et le transmet aux différentes directions territoriales.

Dans la lettre de présentation de ce *Programme de prévention*, le SRPSS adhère aux objectifs de la LSST qui vise l'élimination à la source des dangers et croit fermement aux mécanismes de participation pour les atteindre.

De plus, le gabarit présente la politique ministérielle, dans laquelle le Ministère précise que sa politique s'applique à l'ensemble des employés du ministère des Transports du Québec. Il formule notamment l'objectif de mettre sur pied un comité de santé et sécurité du travail (CSS) dans chacun de ses établissements et d'en assurer le bon fonctionnement. Il identifie les intervenants en matière de santé et sécurité ainsi que leurs responsabilités. Le CSS et le représentant à la prévention en font partie.

Le gabarit du *Programme de prévention* précise qu'il revient au CSS de chaque direction territoriale de s'assurer que le programme de prévention est propre à son établissement. Il est prévu que ce dernier soit mis à jour annuellement par les directions territoriales et par le SRPSS.

Le SRPSS produit également, en collaboration avec les différentes directions territoriales, un document présentant l'analyse des risques liés aux tâches réalisées par les centres de services. Cette analyse est présentée dans un cartable identifié *Méthodes sécuritaires de travail*. Ce cartable est distribué aux différentes directions territoriales avec le gabarit du *Programme de prévention*.



### Responsables de la santé et de la sécurité

À la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ, aucun CSS n'est en place. Toutefois, deux personnes s'occupent de la GSST, elles seront désignées comme les responsables SST dans le présent rapport. Elles travaillent dans le Service de soutien à la gestion. De façon informelle et non exhaustive, les tâches qui relèvent habituellement du CSS sont réparties entre elles.

À la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ, les responsables SST se rencontrent au besoin, sans fréquence déterminée. L'un s'occupe davantage des tâches qui relèvent de la gestion administrative des accidents, alors que l'autre s'occupe davantage des tâches relatives à la prévention, telles que la mise à jour annuelle du *Programme de prévention* et l'organisation et la planification annuelle des formations reliées à la santé et sécurité. Les besoins de formations sont déterminés en collaboration avec les chefs des cinq centres de service, par des visites de chantier, ou par le SRPSS.

C'est le chef des opérations dans chaque centre de service qui est responsable d'assurer l'application des règles de santé et sécurité. Chaque début de saison, l'été et l'hiver, ils accueillent les travailleurs de leur service. La formation à la tâche des nouveaux travailleurs se fait ensuite par compagnonnage, sans structure particulière.

Lorsqu'un accident survient à l'un des travailleurs de la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ, les responsables SST réalisent une brève enquête avec les personnes impliquées et identifient des correctifs à apporter. En ce qui concerne les activités réalisées par des sous-traitants, les responsables SST affirment n'intervenir d'aucune manière dans la GSST de leurs tâches ni lorsqu'un accident survient.

En ce qui a trait à la gestion de la santé et de la sécurité lors des inspections de structure, les responsables SST n'y interviennent pas spécifiquement, sauf si des inspecteurs, et seulement s'il s'agit d'inspecteurs internes, sont appelés à se questionner sur une tâche qui relève du *Programme de prévention* de la direction territoriale. À titre d'exemple, si pour effectuer une inspection, une entrée en espace clos est nécessaire, l'équipe d'inspection pourrait se référer au responsable SST dans l'application de la procédure à cet effet. Il apparaît toutefois que ce n'est pas chose courante.

### Le Programme de prévention de la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ

La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ est un établissement qui fait partie du secteur d'activité économique 011, appelé Administration publique. Les entreprises œuvrant dans ce secteur d'activité ont l'obligation de mettre en application un programme de prévention.

À la Direction territoriale de l'Estrie du MQT, le gabarit du *Programme de prévention* produit par le SRPSS est utilisé. Il comprend neuf sections. À ce gabarit, une section a été ajoutée. Il s'agit de la section 10 qui traite des moyens de prévention de 24 risques répertoriés par une autre direction territoriale.

Le *Programme de prévention* précise que l'adaptation aux normes devrait toucher notamment l'équipement et l'organisation du travail. Un registre de suivi est prévu à cet effet. Le *Programme de prévention* traite des mesures de surveillance et d'entretien. Un registre d'inspection par activités est également prévu et traite notamment de visite de chantier et d'entretien préventif des véhicules. Finalement, le *Programme de prévention* traite de l'évaluation, du suivi et de la mise à jour qui sont planifiés par le SRPSS dans l'application de ce dernier par les directions territoriales. Il est planifié

qu'une mise à jour du *Programme de prévention* soit envoyée annuellement par la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ, à la Direction des ressources humaines, ce qui n'est pas fait.

C'est le CSS qui est identifié dans le *Programme de prévention* comme étant responsable d'assurer le suivi des registres présentés. Ces derniers ne sont pas utilisés par les responsables SST en place. Le *Programme de prévention* précise que la vérification de l'application du *Programme de prévention* au cours de l'année relève de l'établissement et du CSS.

La section 10 du *Programme de prévention* présente des risques généraux qui peuvent s'appliquer à la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ. Les moyens de préventions qui y sont présentés sont abordés, par risque, notamment les suivants :

#### Risque 4 : Effondrement et bris de matériel

Cette section présente notamment des moyens de prévention relatifs au levage de charge. Notamment, faire valider la capacité de l'équipement de levage ou de la structure et en cas de doute, respecter la capacité de la structure ou de l'équipement. Cette section porte également sur les appareils de levage et présente des moyens de prévention tels que s'assurer que tout appareil de levage utilisé sur un chantier n'ait pas été modifié sans une attestation signée et scellée d'un ingénieur indiquant que cette modification offre une sécurité équivalente à celle de cet appareil à l'état neuf, ainsi que s'assurer que l'appareil de levage soit monté, entretenu et démonté selon les instructions du fabricant.

#### Risques 7 : Accident de véhicule

Dans cette section, il est notamment précisé d'assurer l'entretien préventif du véhicule, ainsi que de redoubler de prudence lorsque le véhicule est équipé d'accessoires ou lorsque les conditions climatiques sont défavorables. Sous la section « Renversement, capotage et perte de contrôle de véhicule », les moyens suivants sont notamment identifiés : assurer l'entretien préventif du véhicule, respecter les limites de charge du véhicule, éviter les manœuvres brusques, surveiller continuellement la stabilité du terrain en portant attention aux obstacles, aux pentes abruptes, ainsi qu'en prenant garde aux terrains mous et aux trous. Il est également spécifié de circuler parallèlement à l'axe de la pente et non perpendiculairement.

#### Risque 9 : Chute à un niveau plus bas

Un moyen de prévention pour ce risque traite de l'analyse de l'environnement et prévoit notamment de vérifier l'aire de travail au sol et de s'assurer d'avoir un sol suffisamment ferme et compacté, dépourvu de débris, trous, huile, glace, etc. Sous une section identifiée plate-forme de levage pour la signalisation, il est spécifié que l'opérateur doit absolument avoir suivi une formation, ainsi que d'être certain que le véhicule est sur un terrain ferme et plat.

#### Le cartable : Méthodes sécuritaires de travail

Le cartable *Méthodes sécuritaires de travail* est laissé à la disposition des chefs de service et des travailleurs avec le *Programme de prévention* dans les cinq centres de service. Il est utilisé comme document de référence, sans nécessairement être associé au *Programme de prévention* par la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ. Il présente l'analyse de risque de 61 tâches.

Certaines tâches qui y sont répertoriées impliquent l'utilisation de véhicule sur roues, tels que conduite de chargeur sur roues, pelle hydraulique, rouleau compacteur et niveleuse. Les risques reliés à leur utilisation sont présentés et pour chacun, le risque de renversement est identifié.

Des mesures préventives sont associées à ce risque de renversement, notamment : vérifier le manuel du fabricant pour savoir jusqu'à quel degré de pente la machine peut être manœuvrée en toute sécurité; ne pas circuler avec le godet trop haut lorsqu'il est chargé; placer la pelle sur un terrain plat; circuler avec la pelle dans le sens de l'axe de la pente et non transversalement; pour avancer ou reculer la pelle en stationnant dans une pente abaisser le bras au maximum; se placer le plus possible sur une surface plate et descendre les stabilisateurs; utiliser des pieds hydrauliques pour garder un bon équilibre; préparer un emplacement sécuritaire; prendre connaissance des obstacles de la nature et du terrain avant l'opération; prendre connaissance de la disposition du chantier afin d'y déceler les zones périlleuses (tranchées, talus, pentes, terrain, meuble, etc.).

### La gestion de la santé et de la sécurité lors des inspections de structures

#### Le Manuel d'inspection des structures

La Direction des structures qui chapeaute l'inspection de structure au provincial produit un manuel de référence pour l'ensemble des inspecteurs au Québec. Il s'agit du *Manuel d'inspection des structures*.

Deux chapitres de ce manuel sont plus pertinents en regard de la GSST, il s'agit du chapitre un qui traite des modalités du programme d'inspection et du mandat de ses différents intervenants : la direction territoriale, la Direction des structures et l'inspecteur; ainsi que du chapitre 14 qui aborde directement la sécurité lors des inspections.

Le *Manuel d'inspection des structures* encadre les formations exigées pour les inspecteurs. En plus des formations sur l'inspection de structure, tout le personnel affecté à l'inspection des structures doit recevoir une formation en santé et sécurité et être informé sur la bonne utilisation des équipements de sécurité. De plus, les inspecteurs doivent suivre le cours Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction et recevoir, préférablement, une formation spécifique sur les normes de signalisation.

Le *Manuel d'inspection des structures* traite des dangers reliés à l'inspection. Il précise notamment que l'inspection doit être planifiée de façon à éviter le plus possible les impacts sur la circulation des usagers de la route.

Également, on y indique que l'inspection proprement dite commence par l'examen de l'environnement immédiat de la structure et que pour ce faire, l'équipe d'inspection :

- Révise le travail à accomplir en notant la présence d'obstacles tels que des arbres, des fils électriques, etc., qui pourraient nuire à une inspection sécuritaire;
- Discute des risques inhérents à l'inspection afin d'établir la procédure appropriée pour limiter ou éliminer les risques.

#### La gestion des équipements d'accès

Les directions territoriales du MTQ ne sont pas propriétaires d'équipement roulant. Lorsqu'elles en ont besoin, elles en font généralement la location auprès du centre de gestion de l'équipement roulant (CGER) de leur région administrative.

De 80 à 90 % des inspections au Ministère sont effectuées avec des passerelles aériennes ou des nacelles. Ces équipements spécialisés ne sont pas gérés par le CGER.

Le Ministère assure la gestion de nacelles articulées par des ententes contractuelles annuelles avec des fournisseurs spécialisés. C'est la Direction des contrats et ressources matérielles qui s'en occupe.

La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ effectue directement la location des passerelles auprès de firmes de location spécialisées. Des ententes contractuelles sont effectuées avec eux. Pour ce faire, elle utilise le gabarit du contrat qui était auparavant produit et utilisé par le Ministère pour la location des passerelles. Dans ce contrat, des vérifications relatives à la SST sont prévues.

Le *Manuel d'inspection des structures* traite de l'inspection au moyen d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne. Si l'équipe d'inspection utilise une nacelle ou une passerelle aérienne non régie par un contrat annuel entre le Ministère et le fournisseur, elle doit, avant de procéder à l'inspection, s'assurer que l'équipement utilisé respecte les dispositions de l'article 3.10.8 du Code de sécurité pour les travaux de construction et que, notamment :

- Le propriétaire ou le loueur de la nacelle ou de la passerelle aérienne a établi un « Programme d'entretien préventif » conformément aux recommandations du constructeur de l'équipement, énumérant les parties à vérifier, la nature de l'examen (visuel, par magnétoscopie, par ultrasons, etc.), ainsi que la fréquence des vérifications quant aux mesures préventives relatives aux éléments structuraux;
- Le *Registre d'entretien*, contenant le « Programme d'entretien préventif », se trouve à bord du camion.

Dans tous les cas où une nacelle ou une passerelle aérienne est utilisée, les opérateurs doivent avoir reçu une formation spécifique sur l'utilisation de ces équipements.

Outre les inspections effectuées avec les passerelles et les nacelles, de 10 à 20 % des inspections nécessitent la location d'autres types d'équipement d'accès. La gestion de la location de ces équipements est laissée à la discrétion des directions territoriales.

Pour certaines de ces inspections, la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ a l'habitude de requérir aux services de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier. La location du véhicule Merlo et de son opérateur est effectuée à taux horaire.

## **2.2 Entreprise CIMA+, bureau de Sherbrooke**

### **2.2.1 Structure générale de l'établissement**

L'entreprise CIMA+ a été fondée en 1990. Elle emploie plus de 2 000 personnes au Canada, en Afrique ainsi qu'en Asie. Elle se spécialise dans les services-conseils et les services d'expertises dans les domaines de l'ingénierie, de la gestion de projets, de l'urbanisme, des nouvelles technologies et de l'environnement.

Dans le domaine du transport, l'entreprise CIMA+ réalise et planifie des projets d'inspection, de construction, et de réfection d'infrastructures de transport. Elle gère des mandats d'inspection et de surveillance d'ouvrages existants ainsi que des projets de conception et de surveillance de nouvelles structures. Elle exerce autant en milieu urbain que rural. Pour ce faire, elle compte plus de 350 professionnels et techniciens.

La figure 3, produite par la CSST, présente de façon simplifiée l'organisation de l'entreprise CIMA+ et la figure 4, celle de son bureau de Sherbrooke :

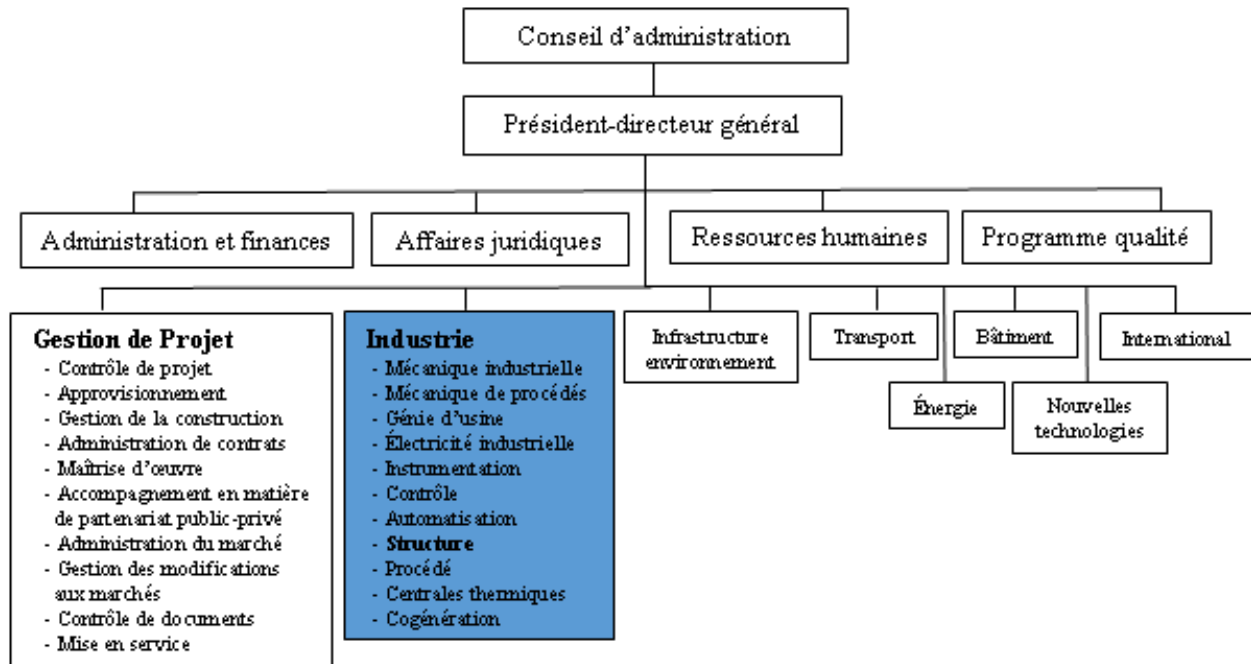


Figure 3 : Organigramme simplifié de l'entreprise CIMA+  
(Source : Entreprise CIMA+, modifié par la CSST)

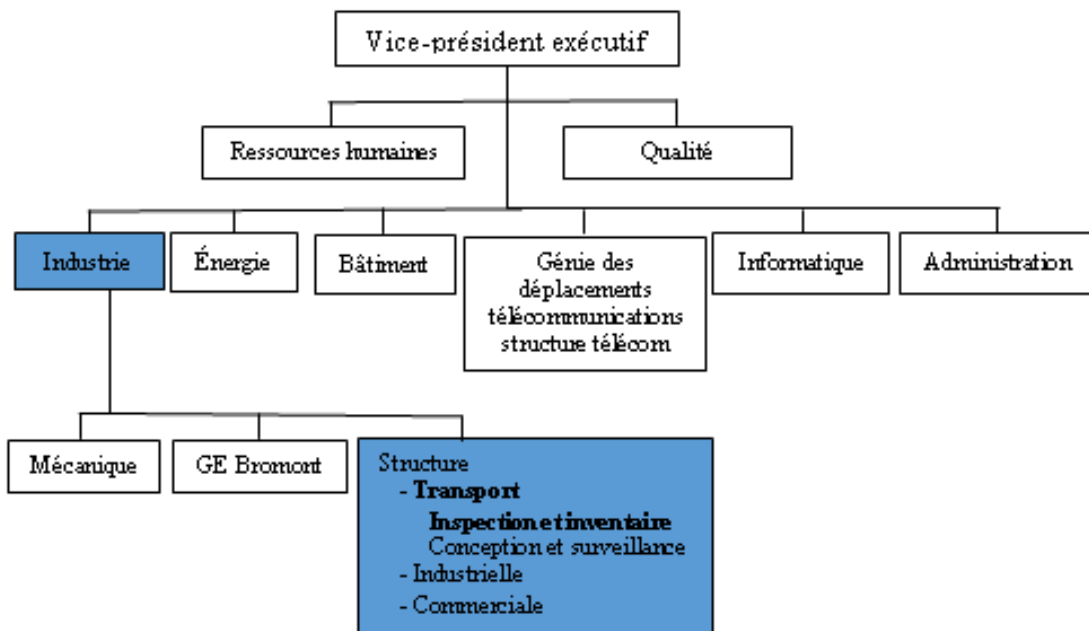


Figure 4 : Organigramme simplifié du bureau de Sherbrooke de l'entreprise CIMA+  
(Source : Entreprise CIMA+, modifié par la CSST)

L'entreprise CIMA+, chapeaute l'ensemble de ses entreprises, incluant l'entreprise CIMA+ Canada qui s'occupe de l'international. Sinon, l'entreprise CIMA+ détient des bureaux au Canada et au Québec. Le bureau de Sherbrooke est le plus important de la région de l'Estrie et chapeaute le secteur de l'industrie pour l'ensemble des entreprises de CIMA +.

Le secteur de l'industrie regroupe principalement les activités d'ingénieries pour des projets industriels. Au bureau de Sherbrooke, ce secteur regroupe environ 230 employés. Il comprend un Département de structure qui regroupe trois départements : transport, industriel et commercial. Ces derniers desservent une clientèle qui leur est propre.

Le département de transport regroupe une ----- d'employés (ingénieurs, techniciens, dessinateurs, auxiliaires techniques, etc.). La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ est le principal client de ce département.

### **2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité du travail**

Le bureau de Sherbrooke de l'entreprise CIMA+ est un établissement qui fait partie du secteur d'activités économiques 021, appelé Autres services commerciaux et personnels.

Depuis 2013, donc au moment de l'accident, l'entreprise CIMA+ est ----- . ----- consiste à la mise en place d'un système de gestion de la santé, sécurité et environnement (SGSSE). Ce programme vise l'élaboration d'une méthode d'analyse de risque pour les travaux réalisés hors des bureaux, et ce, pour l'ensemble des secteurs.

Par ailleurs, en date de l'accident, un ----- et une ----- s'occupent de la gestion de la santé et sécurité du travail. Ils travaillent alors dans le Département de la gestion de projet de l'entreprise CIMA +.

L'établissement possède un programme de prévention. Il est identifié *Plan de prévention en établissement et sur les lieux de travail*. En date de l'accident, il est affiché dans les bureaux et disponible sur le site intranet de l'entreprise.

Dans son programme de prévention, l'entreprise CIMA+ s'engage notamment à :

- Respecter son *Programme de prévention*, en établissement et sur les lieux de travail;
- Rendre disponible sur les lieux de travail et en temps opportun, les matériaux et l'équipement nécessaire et conforme à la réalisation sécuritaire du travail à effectuer;
- Informer tous les travailleurs de son *Programme de prévention* et des dangers inhérents au type de travail à effectuer et des mesures préventives;
- Surveiller la mise en application de son *Programme de prévention*.

Le *Programme de prévention* précise que toutes les règles de sécurité relatives aux tâches exécutées doivent être appliquées. Il y est également spécifié que les équipements utilisés doivent être constamment tenus en bon état et appropriés au type de travail effectué.

L'analyse des activités à risque présente une section identifiée « Véhicules », à laquelle est associé notamment le risque de blessures diverses liées à l'état des véhicules. Les mesures préventives qui y sont associées précisent notamment que tout véhicule ou appareil utilisé doit :

- Être tenu en bon état, de sorte que son utilisation ne compromette pas la sécurité des travailleurs;
- Être vérifié par une personne compétente avant son utilisation initiale et périodiquement par la suite lorsqu'il est en usage;
- Offrir après tout changement ou réparation de pièce une sécurité aussi grande qu'à l'état neuf. Pour ce faire, le véhicule ou l'appareil ne doit pas être modifié sans une attestation signée et scellée d'un ingénieur, voulant que cette modification offre une sécurité équivalente à celle de l'appareil à l'état neuf.

## **2.3 Entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier**

### **2.3.1 Structure générale de l'établissement**

L'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier œuvre en construction dans les secteurs commercial, institutionnel, résidentiel, des immeubles locatifs et de la rénovation. L'entreprise exécute des travaux d'excavation, d'aménagement, de génie civil, de voirie, de construction de route, de travaux de béton, de ponts, d'aqueducs et d'égouts. L'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier effectue aussi la location et la vente d'équipement ainsi que la location et la vente d'immobilier.

----- Le nombre de travailleurs employés par l'entreprise change en fonction de ses besoins contractuels et a varié dans le passé d'une vingtaine de travailleurs à une centaine. Au moment de l'accident, l'entreprise avait ----- travailleurs à son emploi. Ce sont des travailleurs ----- qui occupent ---.

L'entreprise possède différents équipements roulants, notamment le véhicule Merlo impliqué dans l'accident et un camion fardier utilisé pour le déplacer.

-----.

L'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier, en ce qui a trait à l'inspection de ponts, effectue des contrats pour la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ depuis 2009. L'entreprise avait déjà auparavant effectué d'autres types de contrats relativement à des constructions de routes.

### **2.3.2 La gestion de la santé et de la sécurité du travail**

L'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier est classée dans le secteur d'activité économique 001, appelé Bâtiment et travaux publics. Les entreprises œuvrant dans ce secteur d'activité ont l'obligation de mettre en application un programme de prévention. L'établissement possède un programme de prévention.

Le *Programme de prévention* de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier fait d'abord état de la politique de l'entreprise en matière de santé et de sécurité. Celle-ci mentionne que la productivité et la prévention des accidents vont de pair et que le but du programme est de prévenir le plus d'accidents et de maladies possibles sur le chantier de construction.

Le *Programme de prévention* décrit les responsabilités de la direction. Cette dernière doit :

- Informer le responsable et les travailleurs au chantier du contenu des planifications sécuritaires;
- Rendre disponibles sur les lieux du travail tous les matériaux et équipements nécessaires à la réalisation sécuritaire des travaux;
- Faire respecter les planifications sécuritaires et le programme de prévention du maître d'œuvre.

Le maître d'œuvre est identifié par l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier sur une liste des numéros de téléphone d'urgence. Il s'agirait donc, selon le *Programme de prévention*, de la direction territoriale de l'Estrie du MTQ et de l'entreprise CIMA+. Aucune des entreprises impliquées dans l'inspection du pont P-14635 n'a consulté le programme de prévention de l'une ou l'autre. Il est à noter que l'accident ne survient pas sur un chantier de construction et que la notion de maîtrise d'œuvre ne s'applique pas.

Une section du *Programme de prévention* de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier, intitulée « Planification sécuritaire », identifie les risques et les mesures préventives associées à différentes phases d'un projet de construction et aux équipements utilisés. Des sections sur les nacelles aériennes, les plates-formes élévatrices et les chariots élévateurs y sont notamment présentées.

La section portant sur la plate-forme élévatrice traite du risque de chute de hauteur et chute de la plate-forme pour lequel sont mentionnées, entre autres, les mesures de prévention suivantes :

- Lorsque l'usage de stabilisateurs ou de supports extensibles de mise à niveau est prescrit, s'assurer qu'ils sont bien calés et mis en place selon les instructions du fabricant;
- S'assurer que les lieux d'utilisation présentent une surface ferme et de niveau et sont exempts de dangers tels que tranchées, fossés, trous, cahots, pentes abruptes et obstacles en hauteur.

On associe, aussi à la plate-forme élévatrice, le risque d'accrochage et de basculement pour lequel on mentionne, entre autres, les mesures de prévention suivantes :

- Déterminer et définir les voies de circulation et les trajets nécessaires aux déplacements de la plate-forme;
- Vérifier l'état et la résistance des sols le long du parcours et aux endroits des manœuvres;
- Éliminer les obstacles qui risquent de nuire aux déplacements et aux manœuvres;
- Toujours vérifier les conditions du sol et des voies de circulation à la suite de fortes pluies ou lors du dégel.

Dans le cas de l'utilisation d'une nacelle aérienne et d'un chariot élévateur, les mêmes risques ainsi que les mêmes mesures préventives que dans le cas de l'utilisation de la plate-forme élévatrice sont mentionnés. Il est précisé que les stabilisateurs ou supports extensibles de mise à niveau ne sont pas disponibles sur le véhicule Merlo 30.9.



## SECTION 3

### 3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

#### 3.1 Description du lieu de travail

Le site de l'accident est situé dans la municipalité de Windsor. Le pont P-14635 traverse l'autoroute 55, à la hauteur du km 71, dans un axe nord-est/sud-ouest. Le pont est soutenu par deux culées et quatre piliers, dont deux sont fondés dans le terre-plein. Le terre-plein est d'une largeur d'environ 60 m. Il est en pente descendante de part et d'autre des autoroutes. En raison des pentes qui engendrent une accumulation naturelle d'eau, la végétation diffère au centre du terre-plein. On y retrouve une zone marécageuse de largeur variable, de l'ordre de quelques mètres (environ 8 m). Les dénivelés entre les accotements de l'autoroute 55 direction sud et de l'autoroute 55 direction nord et la limite de la zone marécageuse sont respectivement d'environ 6 m et 2 m, correspondant à des pentes moyennes respectives de 18 % (10,2°) et 20 % (11,3°). Dans la zone de l'accident, soit au bas de la pente du côté de l'autoroute 55 direction sud, à l'ouest de la zone marécageuse, la pente est de l'ordre de 30 % (17°), sur une bande d'environ 15 m de largeur.

Les pentes du terre-plein sont recouvertes de végétation basse dense (des herbes) et de quelques jeunes conifères disséminés. Dans la zone marécageuse, on retrouve une végétation typique de ce type de milieux (quenouilles et autres).

Un plan détaillé de l'arpentage du site est présenté à l'annexe.

Selon monsieur « F », ing., le jour de l'accident, il y avait de la fine pluie par alternance. Le relevé météorologique du mois de juin et juillet, notamment en ce qui a trait aux précipitations, est présenté à l'annexe D. Il en est de même pour le relevé météorologique qui a trait aux vents (annexe F). Aucun vent significatif n'a été rapporté par les témoins.

Les figures qui suivent présentent le site de l'accident.

#### Légende des figures 5 à 9







-  : Bande d'environ 15 m présentant une pente de l'ordre de 30 % (17°)
-  : Zone marécageuse au centre du terre-plein
-  : Pente de chaque côté du terre-plein
-  : (Flèche orange) : Autoroute 55 sud
-  : (Flèche verte) : Autoroute 55 nord
-  : Lieu de l'accident



Figure 5 : Site de l'accident  
(Source : CSST)

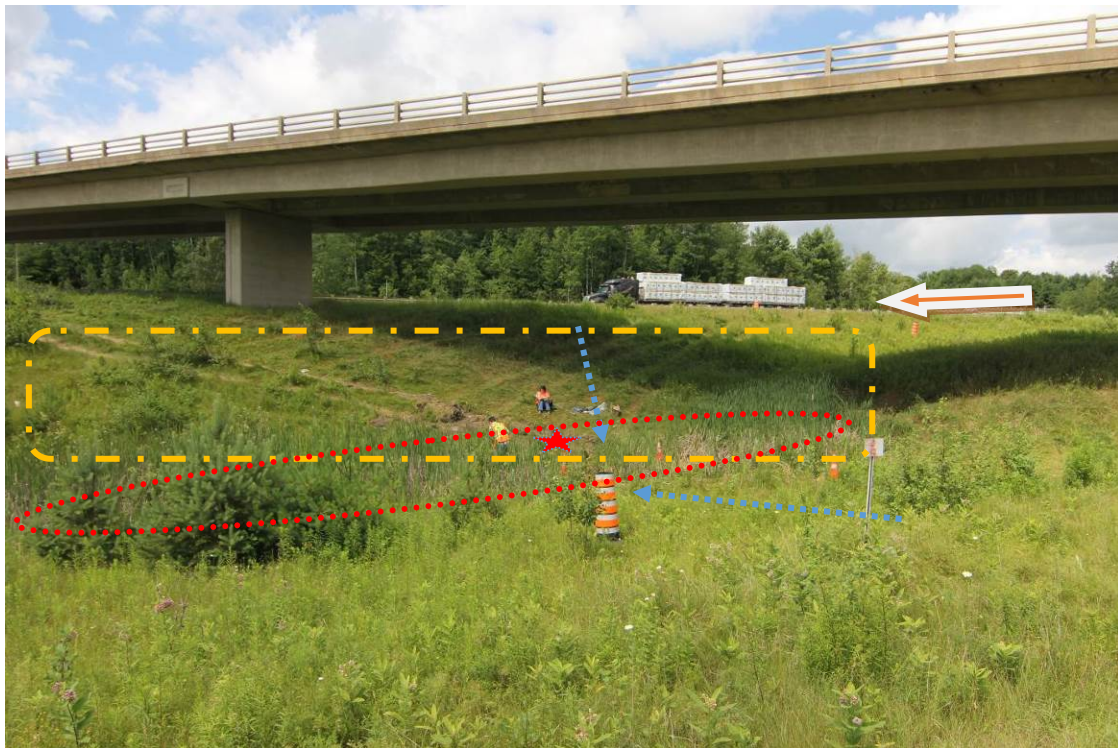


Figure 6 : Site de l'accident  
(Source : CSST)



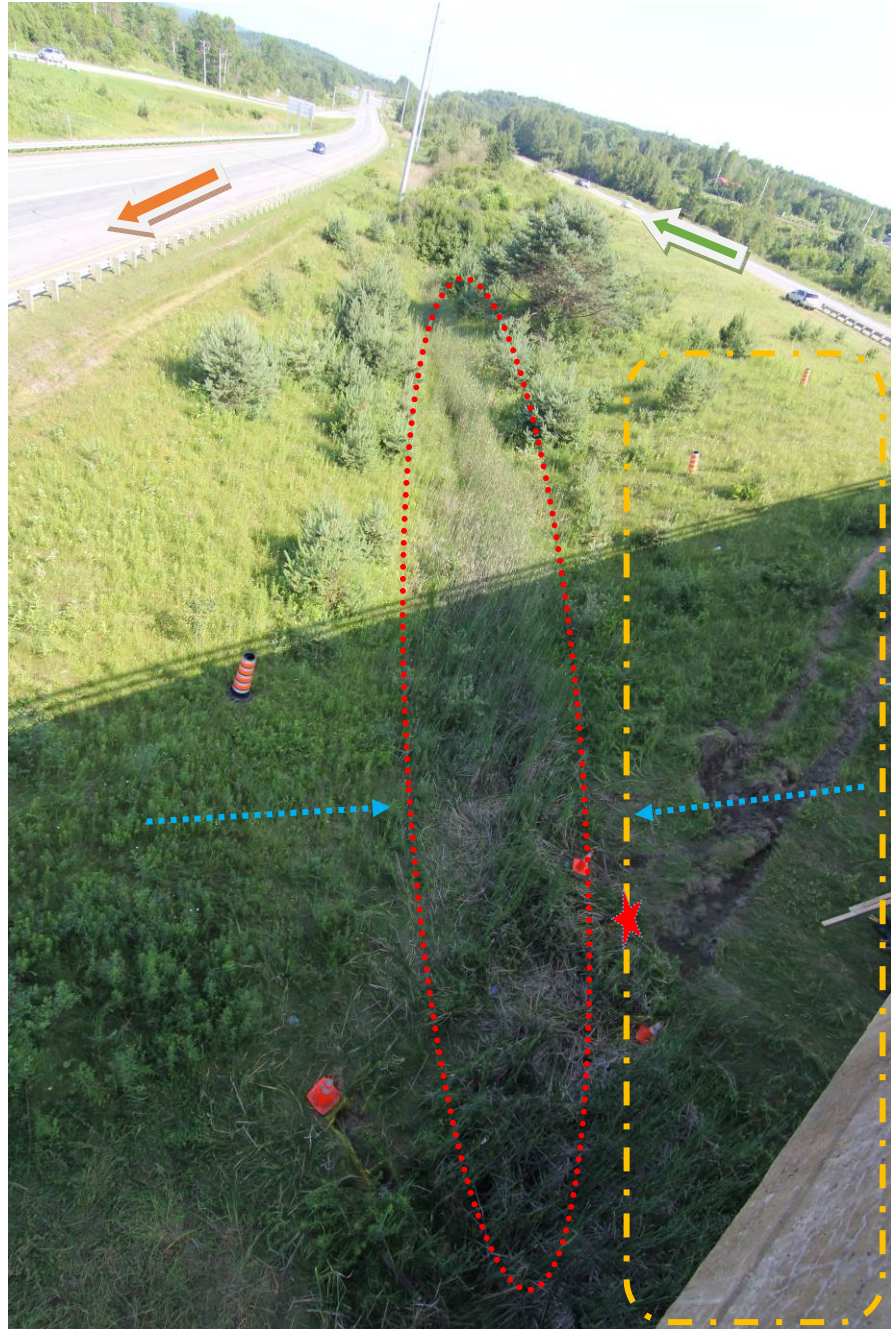


Figure 7 : Site de l'accident, vue du pont  
(Source : CSST)





Figure 8 : Site de l'accident  
(Source : CSST)



Figure 9 : Site de l'accident  
(Source : CSST)

## 3.2 Description du travail à effectuer

### 3.2.1 Les équipements utilisés lors de l'accident

#### 3.2.1.1 Le véhicule Merlo

Le véhicule impliqué dans l'accident est une tractrice agricole à bras télescopique, de la compagnie Merlo, de modèle multifarmer 30.9 Classic, de l'année 2004.

L'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier a acheté le véhicule auprès de l'entreprise J.L.M machineries, localisée à Saint-Majorique-de-Grantham. L'entreprise se spécialise dans la vente de machinerie de levage et de manutention, neuves et usagées. Le véhicule a été acheté usagé en 2006.

Au moment de l'accident, le véhicule indique environ 1 200 heures à son compteur.

La plaque signalétique du véhicule présente les informations suivantes :

Fabricant : Merlo  
Modèle : MF 30.9 Classic  
Année de fabrication : 2004  
S.A.V.: B448111  
Charge max : 3 000 kg  
Poids : 7 000 kg  
Chassis No. B43C1569

Le véhicule est immatriculé ----- au Québec.

Trois manuels du fabricant ont été remis par le vendeur à monsieur «E » lors de l'achat du véhicule :

- Un manuel sur les notices d'instructions pour l'utilisation et l'entretien de la Tractrice agricole avec bras télescopique multifarmer 30.9 Classic, ci-après nommé le manuel du fabricant;
- Un manuel sur les pièces détachées de ce modèle de véhicule;
- Un manuel sur les instructions d'utilisation pour le moteur DEUTZ du véhicule.

Le fabricant, la société Merlo S.P.A., ci-après nommée Merlo, est localisé en Italie. Son distributeur officiel au Québec est l'entreprise Manulift E.M.I. Ltée, ci-après nommé l'entreprise Manulift.

Les véhicules Merlo autorisés au Québec gravitent par ces compagnies. Ils sont enregistrés dans un registre et suivis par le fabricant ou ses représentants. Notre véhicule ne se retrouve pas dans ce registre, c'est-à-dire qu'il n'a pas cheminé par Merlo pour entrer au Québec. Selon monsieur « E », l'entreprise Manulift aurait refusé de faire le suivi et l'entretien du véhicule pour cette raison. C'est monsieur « E » qui effectue l'entretien de son véhicule, en fonction de ses connaissances.

Le modèle multifarmer de Merlo existe dans la version 30.6 et 30.9 et dans les séries Classic, Top et Classic2, Top2. De l'information permettant de mieux comprendre les différences entre ces séries de véhicules est présentée en annexe C du présent rapport.

Le véhicule impliqué dans l'accident est muni d'un système de contrôle de la stabilité longitudinale. Il s'agit d'un système de contrôle antirenversement frontal. Ce système assure automatiquement le blocage des mouvements du bras télescopique, sauf la rentrée et la direction, et ce, dès l'approche d'une condition opérationnelle à la limite de la stabilité de la machine. L'opérateur en est informé par une alerte sonore et lumineuse.

Également, les deux essieux du véhicule peuvent osciller et sont sélectivement blocables. Lorsque le bras télescopique est utilisé, l'essieu arrière peut osciller alors que l'essieu avant est bloqué. Une commande dans la cabine permet aussi à l'opérateur de commander l'oscillation des essieux pour corriger selon les nécessités l'inclinaison transversale du châssis. Il s'agit du correcteur de devers transversal. C'est l'opérateur qui effectue la correction à partir de la cabine. Il évalue la correction avec un niveau à bulle intégré au tableau de bord.

Le déploiement maximum du bras télescopique de ce véhicule est d'une longueur de 8,2 m (26,8 pi) et d'un angle de 69°. Le fabricant Merlo estime la vitesse maximale moyenne d'extension du bras télescopique à 440 mm/s, ce qui signifie qu'environ 10 secondes sont nécessaires à sa pleine extension.

Le fabricant offre des modèles de véhicule avec ou sans prédisposition nacelle. Dans cette appellation, le terme nacelle fait référence au terme plate-forme privilégié dans le présent rapport. La prédisposition nacelle est une option de conception, elle ne peut pas être ajoutée sur un véhicule par la suite. La prédisposition nacelle est disponible sur la série Classic depuis 2005. Le véhicule utilisé lors de l'accident est un modèle de la série Classic de l'année 2004, sans prédisposition nacelle.

Le modèle de véhicule multifarmer 30.9 de la série Classic à prédisposition nacelle est conçu avec une nacelle d'un poids de 200 kg. La prédisposition nacelle sur le véhicule permet de connecter hydrauliquement et électriquement la plate-forme au véhicule. La plate-forme est ainsi reliée au système de sécurité intégré du véhicule. La charte de levage de personnel qui est moindre que celle utilisée pour lever une charge est intégrée au système de sécurité.

Sur ce véhicule doté de la prédisposition nacelle, la limite maximum de pente autorisée par le fabricant lorsqu'il est utilisé avec sa plate-forme de levage est de 5 % (2,86°), aussi bien dans un sens longitudinal que transversal. De plus, la plate-forme possède un dispositif de sécurité qui empêche les mouvements du bras télescopique aux abords des valeurs de pente autorisée. Dans un premier temps, à partir du moment où la plate-forme est inclinée de 4° (avec un facteur d'erreur de +/- 3°), une pré-alerte sonore intermittente s'actionne. À ce stade, les commandes du bras télescopique restent actives. Si la plate-forme est inclinée de 7° (+/- 3°), les dispositifs sonores et lumineux s'actionnent et seuls les mouvements de rentrée et de descente du bras télescopique restent possibles.

Outre la plate-forme de 200 kg prévue avec la prédisposition nacelle, le distributeur Manulift vend également des plates-formes à fourche qui peuvent, au Québec, être installées sur les véhicules Merlo avec ou sans prédisposition nacelle, s'ils sont munis de leur fourche de levage.

D'autres modèles de plate-forme plus grosse que celle de 200 kg prévue sur le modèle de véhicule à prédisposition nacelle existent pour d'autres modèles de véhicule, notamment la plate-forme PTE.ZM2 de 560 kg.

La figure suivante présente les dimensions du véhicule Merlo multifarmer 30.9 Classic2.

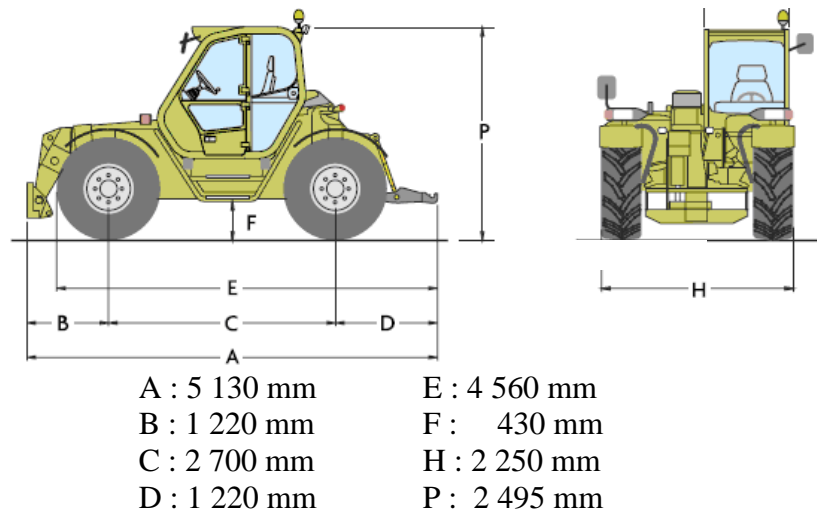


Figure 10 : Dimension du véhicule Merlo multifarmer 30.9 Classic2  
(Source : Fiche technique de Merlo (réf. bibliographique))

Les figures suivantes présentent le véhicule Merlo impliqué dans l'accident. Sur ce véhicule, un contrepoids de fabrication artisanale est installé à l'arrière du véhicule et la plate-forme de modèle PTE.ZM2 de 560 kg est installée sur le bras télescopique. Le positionnement du bras télescopique est spécifié sur les figures.



Figure 11 : Véhicule Merlo vue du côté droit  
(Bras rétracté et non incliné)  
(Source : CSST)





Figure 12 : Véhicule Merlo vue de l'arrière droit  
(Bras déployé et incliné légèrement)  
(Source : CSST)



Figure 13 : Véhicule Merlo vue de l'arrière droit  
(Bras déployé de 6 m (20 pi) et à un angle de 60°)  
(Source : CSST)





Figure 14 : Véhicule Merlo vue du côté gauche  
(Bras déployé et incliné légèrement)  
(Source : CSST)

### 3.2.1.2 La plate-forme de levage

Le véhicule impliqué dans l'accident est muni, à l'extrémité de son bras télescopique, de la plate-forme de levage de la compagnie Merlo, de modèle PTE.ZM2, de l'année 2004. Sa plaque signalétique présente les informations suivantes :

No de série : ----  
Fabricant : TRE EMME, Merlo Group, Italy  
Modèle: PTE.ZM2  
Année de fabrication : 2004  
S.A.V. : D024ACZ  
Poids : 560 kg  
Capacité maximale : 300 kg

La plate-forme de levage est la propriété de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier. Elle a été achetée en même temps et chez le même fournisseur que le véhicule Merlo. Monsieur « E » déclare avoir demandé au vendeur une plate-forme de levage pour son véhicule et que ce dernier lui a proposé cette plate-forme. Aucun manuel du fabricant de la plate-forme n'a été remis à monsieur « E » lors de l'achat.

La plate-forme peut être repliée pour son déplacement, c'est-à-dire que les deux extrémités se rabattent sur l'intérieur.

Les figures suivantes présentent la plate-forme de levage en question :

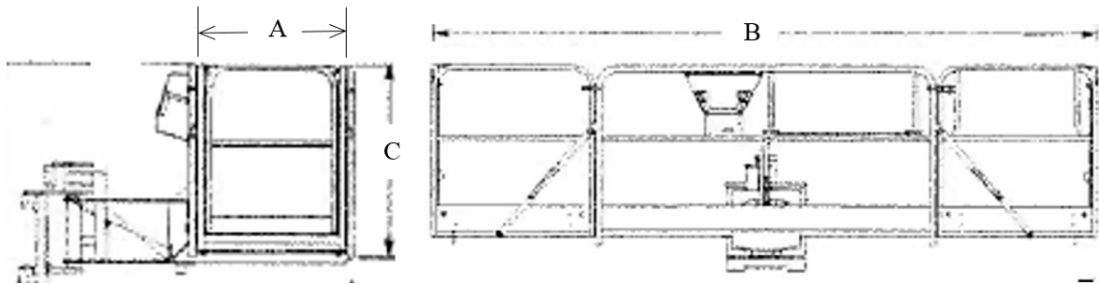


Figure 15 : Plate-forme PTE.ZM2 repliée (endommagée) :  
(Source : CSST)



Figure 16 : Plate-forme PTE.ZM2 ouverte (endommagée)  
(Source : CSST)

Les dimensions suivantes ont été relevées sur la plate-forme ouverte :



- (A) Largeur : 915 mm
- (B) Longueur : 4 610 mm
- (C) Hauteur : 1 140 mm

Figure 17: Dimensions de la plate-forme PTE.ZM2

(Source: Manuel d'instructions de plate-formes TRE EMME, modifié par la CSST)

Nous avons obtenu un manuel d'instructions pour des modèles de plate-formes TRE EMME. Le manuel en question n'est pas daté et certaines informations qui y sont présentées divergent des informations qui se retrouvent sur la plaque signalétique de la plate-forme impliquée dans l'accident, notamment en ce qui a trait à son poids. C'est le poids présenté sur la plaque signalétique de la plate-forme qui est retenu dans cette enquête, soit 560 kg.

Selon ce manuel, il y aurait un point d'ancrage dans la plate-forme à la hauteur du sol, servant à attacher les dispositifs de sécurité de protection contre les chutes. Ce point d'ancrage n'a pas été vu lors de l'analyse de la plate-forme sur le véhicule Merlo impliquée dans l'accident.

Comme le véhicule Merlo 30.9 Classic n'est pas muni de la prédisposition nacelle, il n'est pas conçu pour recevoir le branchement électrique de la plate-forme. Seuls les branchements hydrauliques pouvaient être connectés au bras télescopique et ainsi permettent l'alignement latéral de la plate-forme.

### 3.2.1.3 Le contrepoids

Sur le véhicule Merlo impliqué dans l'accident, un contrepoids est installé à l'arrière du véhicule, sur le système d'attelage à trois points d'attache. Ce contrepoids a été fabriqué et installé de façon artisanale par monsieur « E ». Il s'agit d'un baril de plastique rempli de béton. Le baril est d'une hauteur d'environ 1 100 mm et son diamètre est d'environ 540 mm. Sa capacité et son poids sont évalués à approximativement 260 litres et 580 kg (réf. : expertise mécanique de Technorm (annexe E)). Il est installé à une hauteur de 710 mm du sol à partir de sa base.

Les figures suivantes présentent le système d'attelage du véhicule impliqué dans l'accident et le contre poids :



Figure 18 : Le système d'attelage à trois points d'attache  
(Source : CSST)



Figure 19 : Le contre poids installé sur le véhicule Merlo impliqué dans l'accident  
(Source : CSST)

### 3.2.2 L'inspection générale

Le *Manuel d'inspection des structures* précise que le but principal du *Programme d'inspection* consiste à détecter au plus tôt les défauts qui affectent les éléments des structures de manière à pouvoir prendre les mesures nécessaires afin d'assurer la sécurité des structures, ainsi que la sécurité et le confort des usagers. Également, le programme vise à prolonger la vie utile des structures et à recueillir les données nécessaires à la planification d'interventions préventives et correctives.

Le *Programme d'inspection* du Ministère est constitué d'inspections courantes et d'inspections particulières. Les inspections courantes sont l'inspection générale et l'inspection annuelle. L'inspection du pont P-14635, en cours le jour de l'accident, est une inspection générale.

L'inspection générale s'applique à toutes les structures concernées par le *Programme d'inspection* du Ministère. Elle consiste à examiner systématiquement tous les éléments d'une structure dans le but de détecter les défauts, d'en déterminer l'importance et d'évaluer leur incidence sur la capacité, la stabilité et la vie utile de la structure ainsi que sur le confort et la sécurité des usagers. L'intervalle entre les inspections générales d'une même structure varie entre deux et quatre ans.

Le *Manuel d'inspection des structures* précise que l'équipement d'accès nécessaire à l'inspection est particulier à chaque structure et que l'équipement le plus approprié doit donc être déterminé lors de la planification de l'inspection. Il peut s'agir, par exemple, d'une échelle, d'une embarcation, d'une passerelle ou d'une nacelle. Les équipements d'accès doivent être conformes au Code de sécurité pour les travaux de construction (R.R.Q., c. S-2.1, r.4).

Dans le *Manuel d'inspection des structures*, les éléments difficiles d'accès sont les éléments pour lesquels l'utilisation d'un équipement spécial d'inspection est nécessaire afin de procéder à leur inspection. C'est le cas du pont P-14635.

Une section du *Manuel d'inspection des structures* porte sur les inspections confiées à une firme privée. Lorsque l'inspection est confiée à une firme privée, le fournisseur désigne un chargé de projet qui doit coordonner le travail de l'équipe ou des équipes d'inspection.

Le devis utilisé par la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ pour les firmes privées précise notamment que le prestataire de service, dans ce cas-ci l'entreprise CIMA+, est réputé s'être rendu sur les lieux de chacun de ces ponts afin de prendre connaissance des conditions existantes avant de présenter son offre de service.

Le devis précise que le prestataire de service doit fournir à chaque équipe tout l'équipement d'inventaire et d'inspection pour exécuter le contrat.

Selon le *Manuel d'inspection des structures* et le devis, il est prévu que l'équipement d'accès pour les structures difficiles d'accès : est déterminé par la firme privée lors de la planification de l'inspection; est fourni par la direction territoriale; est prévu par l'inspecteur.



Le devis liste les structures à inspecter à l'intérieur du mandat -----. On y indique pour les trois structures, dans la colonne équipement d'accès, plate-forme élévatrice. Pour la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ, cet équipement peut être le véhicule Merlo, ou un équipement du même genre si ce dernier n'est pas disponible. Pour l'entreprise CIMA+, selon leur rapport d'enquête préliminaire, ce ne serait pas le cas.

La dernière inspection du pont P-14635 a été effectuée en 2010. Selon les informations recueillies, c'est la Direction des structures, en collaboration avec la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ qui a réalisé une évaluation de capacité de la structure. Pour cette évaluation de capacité, c'est la passerelle qui a été utilisée.

Auparavant, en 2009 et vers 2006, l'inspection générale du pont P-14635 a été effectuée avec le véhicule Merlo de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier. L'inspection se serait déroulée sans accident. Toutefois, certaines insatisfactions nous sont relatées, dont celle de ne pas avoir le contrôle de la plate-forme. Il est mentionné qu'à certaines occasions, il arrivait que les inspecteurs se cognent la tête sur la structure, ce que l'on reprochait à l'opération de la plate-forme par l'opérateur.

Également, il nous est relaté que lors d'inspections de structures réalisées avec le véhicule Merlo de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier, pour ne pas se faire coincer les doigts entre le béton de la structure et le métal de la plate-forme, l'inspecteur devait porter attention à ne pas se mettre les mains un peu partout sur les côtés, ce qui est un réflexe naturel en hauteur, mais qui ne pardonne pas. Pour cette raison, l'inspecteur ne demandait pas spécifiquement à l'opérateur d'accoter la plate-forme sur la structure pour être plus près pour l'inspection, mais il arrivait qu'accidentellement, au moment d'aligner la plate-forme avec la structure : « que ça cogne ».

Il est déterminé par le Service des inventaires et du plan de la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ que pour le mandat -----, les inspections générales, dont celle du pont P-14635, seront réalisées avec le véhicule Merlo de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier.

L'inspection du pont P- 14635 est habituellement effectuée en deux jours. Les inspecteurs portent les équipements de protection requis pour les chutes de hauteur, ainsi qu'un casque, des bottes de sécurité et des lunettes de protection. Ils portent également sur eux les équipements nécessaires à l'inspection du pont. L'inspection générale du pont P-14635 se fait habituellement de la manière suivante, dans cet ordre :

- Elle débute dans le talus enroché de l'autoroute 55 direction sud, puis sur la voie asphaltée sous le pont et ensuite sur la partie plane du terre-plein;
- Les déplacements du véhicule dans cette partie du site sont effectués alors que la plate-forme de levage est en position élevée. Les inspecteurs inspectent la structure pendant que le véhicule se déplace;
- Dans la pente ouest du terre-plein, le véhicule Merlo parcourt le pont en effectuant des va-et-vient dans la pente. Lorsqu'il se déplace, l'opérateur rétracte le bras télescopique et abaisse la plate-forme à environ un mètre du sol. Le véhicule se déplace en angle dans la pente. Le bras télescopique est dirigé vers le pont et la plate-forme alignée parallèlement à ce dernier;
- En se déplaçant d'une largeur de plate-forme à la fois, l'opérateur positionne le véhicule Merlo à l'endroit souhaité, il appose son frein de stationnement et place la cabine à niveau à l'aide du correcteur de devers;

- L'opérateur déploie ensuite le bras télescopique vers le pont;
- Lorsque les inspecteurs ont terminé l'inspection et ont besoin d'être déplacés, ils l'indiquent à l'opérateur qui les positionne à nouveau. Ils effectuent des allées et venues dans la pente, en se déplaçant graduellement vers l'est et donc vers le bas de la pente;
- L'inspection se poursuit de la même manière, en sortant du terre-plein, vers l'autoroute 55 direction nord, jusqu'au talus opposé.

Pour permettre de comprendre le déplacement du véhicule sous le pont, les figures qui suivent présentent une partie de l'itinéraire parcouru par le véhicule Merlo le jour de l'accident.

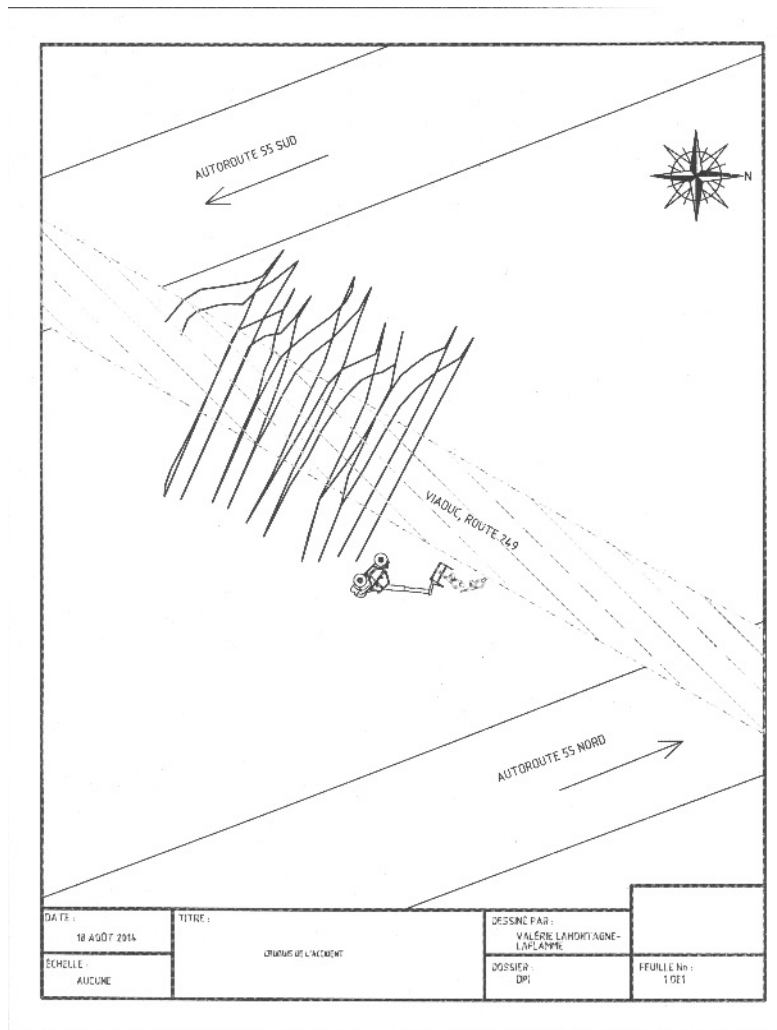


Figure 20 et figure 21 : Partie de l'itinéraire parcourue par le véhicule Merlo lors de l'inspection du pont P-14635 le jour de l'accident  
(Source : CSST)



## SECTION 4

### 4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

#### 4.1 Chronologie de l'accident

##### Vers 2006

La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ commence à utiliser le véhicule Merlo pour certaines structures difficiles d'accès lors des inspections.

Pour ce faire, une équipe d'inspection interne de la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ réalise l'inspection d'une structure difficile d'accès, autre que le pont P-14635. Alors que l'accès à la structure s'avère problématique, M. « E » effectue à proximité des travaux pour sa compagnie avec le véhicule Merlo. M. « G » de la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ à l'époque se dirige vers lui pour s'informer de son véhicule et requérir ses services. À l'issue de cette discussion et après s'être assuré que M. « E » a suivi le cours santé et sécurité générale sur les chantiers de construction, l'inspection du pont par le MTQ se termine avec le véhicule Merlo. Il en serait de même pour les inspections planifiées dans la semaine en cours et dans les deux mois suivants.

Des tests avec le véhicule Merlo sont aussi réalisés sur une chaussée asphaltée sous un pont. Il est envisagé de l'utiliser pour traverser d'une chaussée à l'autre, à même le fossé, sans savoir s'il sera utilisé pour y travailler directement.

Lors de ces tests, il est identifié que les manœuvres de virage dans les voies de circulation sont limitées par la longueur du véhicule, en raison de la présence du contrepoids. Aussi, les inspecteurs sont déplacés alors que la plate-forme est en position élevée. Comme il y a beaucoup de mouvements et que c'est instable dans la plate-forme, il est déterminé qu'on ne doit pas procéder de cette manière.

L'utilisation du véhicule Merlo est alors intéressante à différents points de vue, notamment parce qu'elle évite de fermer la voie au-dessus de la structure ce qui a moins d'impact sur la circulation et ne nécessite pas d'entente contractuelle.

Le véhicule Merlo continue d'être utilisé par la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ par la suite.

##### En 2009, aux environs du 20 juin

Le pont P-14635 est inspecté avec le véhicule Merlo de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier.

##### En 2010

La Direction des structures réalise une évaluation de capacité de la structure P-14635, avec la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ. Une passerelle aérienne est utilisée pour accéder à la structure.

##### Vers avril 2013

La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ produit une offre de service. Une soumission leur est présentée et signée par l'entreprise CIMA+. La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ mandate l'entreprise CIMA+ pour effectuer l'inspection de trois structures, dont le pont P-14635. Un devis est préparé et signé par la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ.

Puisqu'il est déjà prévu que l'entreprise CIMA+ utilise le véhicule Merlo pour l'une des structures de ce mandat et afin de ne pas entraver le trafic en utilisant un équipement d'accès aérien comme la passerelle, la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ choisit d'utiliser le véhicule Merlo de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier pour l'inspection du pont P-14635.

La Direction territoriale de l'Estrie du MTQ contacte monsieur « E », lui demande de majorer ses taux pour l'année en cours et l'informe qu'il sera contacté par monsieur « H » de l'entreprise CIMA+. Il en informe également l'entreprise Signalisation de l'Estrie.

### **Dans la semaine du 27 juin 2013**

Monsieur « H » dans le département de transport, contacte monsieur « E » pour confirmer la tenue de l'inspection du pont P-14635 et l'informe qu'il sera remplacé par monsieur « F », ing., pour cette inspection.

### **Le 1<sup>er</sup> juillet 2013**

L'opérateur effectue l'inspection du véhicule Merlo avant de le charger sur le camion fardier. Il complète une fiche d'inspection à cet effet.

### **Le 2 juillet 2013**

#### **Vers 7 h 45**

L'opérateur arrive sur le site avec le véhicule Merlo. En attendant l'équipe d'inspection, il inspecte le terrain. Il vérifie si les conditions du terrain sont les mêmes qu'en 2009 et ne constate pas de changement majeur.

#### **Vers 8 h 30 – 8 h 45**

Messieurs « F », ing. et « I », ing. quittent les bureaux de l'entreprise CIMA+ de Sherbrooke pour se rendre sur le site d'inspection. Ils arrivent vers 9 h.

### **À partir de 9 h environ**

L'opérateur prépare la plate-forme et y fait monter les inspecteurs. Ils s'attachent sur le garde-corps de cette dernière.

L'inspection débute du côté de l'autoroute 55 direction sud, dans le talus enroché, puis sur la voie asphaltée et sur la partie plane du terre-plein. Pour l'inspection de cette section, l'opérateur déplace le véhicule sans abaisser la plate-forme.

Avant de s'engager dans la pente ouest du terre-plein, l'opérateur sort de sa cabine et inspecte pour une seconde fois le bas de la pente, près de la zone marécageuse, précisément où il entrevoit passer.

L'équipe décide de ne pas s'arrêter pour dîner puisqu'elle espère terminer l'inspection du pont dans la même journée. L'opérateur mange dans sa cabine.

Dans la pente ouest du terre-plein, l'opérateur effectue un ou deux va-et-vient puis retourne inspecter à pied la prochaine voie envisagée avant de s'y engager. Alors qu'il quitte sa cabine, les inspecteurs restent dans la plate-forme. L'opérateur abaisse la plate-forme pour les déplacements. Habituellement, l'opérateur garde un contact visuel avec les inspecteurs qui lui font signe au besoin.

Il a été soulevé que pendant l'inspection, parfois, alors que le bras télescopique était déployé, le véhicule reculait et le bras télescopique, donc la plate-forme, venait s'accoter très doucement sur les poutres du pont, ce qui immobilisait le véhicule. Pour cette raison, la précaution était prise de ne pas se mettre les mains sur le garde-corps, pour éviter de se les coincer entre la plate-forme et la structure.

L'opérateur effectue environ quatre allées et venues dans la pente. La cinquième fois qu'ils reculent dans la pente, l'opérateur immobilise le véhicule à la limite de la zone marécageuse. Il vérifie dans le rétroviseur et par le hublot de côté si les pneus laissent des marques au sol. Il précise que ce n'était pas enfoncé, que les pneus portaient complètement sur la couche de végétation. Il actionne le frein de stationnement. Il place ensuite la cabine à niveau, selon lui 2° de plus vers la pente par sécurité et déploie le bras télescopique vers le pont.

À ce moment, la roue arrière droite du véhicule est la plus près de la zone marécageuse et sa roue avant gauche, la plus loin. Le bras télescopique est dans un angle estimé à l'œil par l'opérateur, d'environ 60° et déployé sur une longueur d'environ 20 pi (6 m). Selon lui, le bras télescopique n'était pas déployé à son maximum. Selon lui, la plate-forme est parfaitement alignée sur le pont, parallèle à ce dernier, dans un angle approximatif de 20° avec le bras télescopique.

Après avoir positionné la plate-forme, l'opérateur regarde les inspecteurs dans l'attente de leurs indications pour positionner la plate-forme. Il regarde les inspecteurs au moment où ils s'apprêtent à prendre des relevés. Monsieur « F », ing. affirme qu'à ce moment les inspecteurs se trouvaient au centre de la plate-forme. Subitement, le véhicule se renverse vers son côté droit, pivotant en partie sur sa roue arrière droite. Il entraîne avec lui vers le sol de la pente opposé les deux ingénieurs se trouvant dans la plate-forme. Monsieur « F », ing. saute de la plate-forme juste avant qu'elle touche le sol. Monsieur « I », ing. reste dans la plate-forme jusqu'à l'impact. L'opérateur est dans la cabine du véhicule pendant le renversement.

L'opérateur affirme avoir réussi à rétracter le bras télescopique d'environ 4 à 5 pi (1,2 à 1,5 m) pour tenter de récupérer le renversement, mais sans succès.

## **Vers 13 h 16**

Des secours sont appelés. Les inspecteurs et l'opérateur sont transportés au Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke, à Fleurimont. Monsieur « F », ing. et l'opérateur sont légèrement blessés. Monsieur « I », ing. décède des suites de ses blessures.

## **4.2 Constatation et information recueillie**

### **4.2.1 L'inspection de structure au MTQ : Rôle et responsabilité des intervenants**

La réalisation du *Programme d'inspection des structures* relève de la Direction des structures et des directions territoriales. Le mandat confié à la direction territoriale, ainsi qu'à l'inspecteur est défini dans le *Manuel d'inspection des structures*.

Le mandat de la direction territoriale est notamment de planifier et réaliser les inspections prescrites par le *Programme d'inspection*, selon les exigences et les intervalles préétablis, et conformément aux règles de sécurité. Pour remplir ce mandat, la direction territoriale doit notamment mettre à la disposition des inspecteurs l'équipement de protection individuelle requis, l'équipement courant

d'inspection ainsi que les équipements spéciaux pour effectuer l'inspection des structures difficiles d'accès.

Le mandat de l'inspecteur est abordé sous différents volets, dont la formation et les responsabilités de ce dernier. La formation de base des inspecteurs en structures relève de la Direction des structures ou d'un organisme reconnu par celle-ci. L'inspection est une opération qui consiste essentiellement à faire un examen visuel permettant de constater le bon état ou le degré de détérioration d'une structure et de déterminer les actions à prendre afin d'assurer sa stabilité et de prolonger sa vie utile.

Dans le cas d'inspections générales confiées à une firme privée, la tâche et les responsabilités du chargé de projet et des inspecteurs sont spécifiées dans le *Manuel d'inspection des structures*.

Le chargé de projet ainsi que tous les membres de l'équipe d'inspection générale doivent avoir réussi les formations théoriques données par un organisme reconnu par la Direction des structures et avoir l'expérience correspondant à des exigences prédéfinies dans le *Manuel d'inspection des structures*.

L'ingénieur chargé de projet est l'interlocuteur du fournisseur auprès du Ministère et responsable de l'ensemble des inspections générales des structures visées dans le contrat qui lui est confié. Il lui revient de s'assurer que toutes les activités relatives à l'inspection soient exécutées conformément aux exigences et que les données recueillies soient précises et fiables. Il doit également auditer au moins une structure dans le groupe de ponts du devis. Selon les informations recueillies, pour le mandat en cours le jour de l'accident, il s'agit de monsieur « J » pour l'entreprise CIMA+.

L'ingénieur de l'équipe d'inspection signe le rapport de l'inspection générale de la structure. Le jour de l'accident, il s'agit de Monsieur « I », le travailleur décédé.

Pour ce mandat, la planification des inspections est confiée à monsieur « H » pour le Département de transport du bureau de Sherbrooke de l'entreprise CIMA+. Il coordonne l'ensemble des sous-traitants. Il prévoit effectuer l'inspection du pont P-14635 avec monsieur « I », ing. Cependant, la semaine précédente, monsieur « F » est désigné pour le remplacer dans l'équipe d'inspection.

#### **4.2.2 Formation et expérience**

Monsieur « E » de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier

-----

C'est habituellement monsieur « E » qui effectue l'entretien de ses équipements.

-----

#### **4.2.3 La pesée du véhicule**

Dans un premier temps, le véhicule a été pesé pour déterminer la répartition des charges sous ses roues. La pesée est effectuée sur une surface de béton horizontale. Le contrepois est installé sur le trois points d'attache du véhicule et la plate-forme de levage est à la position relatée par l'opérateur.

Le bras télescopique du véhicule est déployé dans un angle de 60°, sur une longueur de 6 m (20 pi) et la plate-forme est orientée à un angle de 20° en rapport au bras télescopique. À cette position, la hauteur mesurée du plancher de la plate-forme au sol est de 5,91 m.

La pesée est effectuée en positionnant une balance sous chacune des roues. La graduation des balances présente une marge d'erreur potentielle de plus ou moins 25 kg (graduation de la balance). Les résultats de la pesée sont les suivants :

Roue avant droite : 2 650 kg  
Roue avant gauche : 2 900 kg  
Roue arrière gauche : 1 250 kg  
Roue arrière droite : 1 300 kg  
  
Charge totale : 8 100 kg

Les pneus utilisés sur ce véhicule sont de marque Goodyear et de modèle 460/70R24. Ils sont mesurés d'une largeur d'environ 440 mm et d'un diamètre d'environ 1 190 mm.

#### **4.2.4 Expertise géotechnique (Inspec-Sol inc.)**

L'entreprise Inspec-Sol inc., ci-après nommée Inspec-Sol, a été mandatée pour effectuer l'expertise du sol à l'endroit de l'accident. L'expertise a été réalisée le 11 juillet 2013. Le rapport est joint à l'annexe D.

Dans le cadre de cette expertise, l'arpentage du site de l'accident est effectué. Les plans d'arpentage sont présentés en annexe du rapport d'Inspec-Sol. Il relate, notamment, la position du véhicule, avant et après son renversement, les sondages prélevés par l'expert et la position du pont.

L'expertise géotechnique présente notamment les informations suivantes :

##### Inclinaison du véhicule

Selon l'expert, la pente ouest du terre-plein à l'endroit de l'accident, est de l'ordre de 30 % (17°) sur une bande de 15 m de largeur.

La position du véhicule avant le renversement a été établie à des fins d'expertise, en tenant compte des dimensions du véhicule, de sa position après le renversement et des traces laissés par ce dernier dans la pente. L'inclinaison longitudinale et transversale du véhicule est précisée par le plan d'arpentage :

- Pente longitudinale  
De roue avant à roue arrière (côté droit) : 18 % (10,2°)  
De roue avant à roue arrière (côté gauche) : 21 % (11,9°)
  
- Pente transversale  
De roue avant droite à roue avant gauche (essieu avant) : 28 % (15,6°)  
De roue arrière droite à roue arrière gauche (essieu arrière) : 23 % (12,9°)

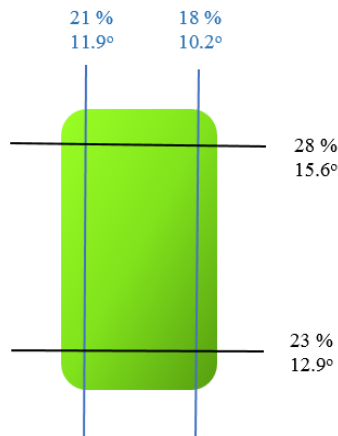


Figure 22 : Inclinaison longitudinale et transversale du véhicule sur la pente  
(Source : CSST)

#### Répartition des charges sous les roues

L'expert estime à l'aide des données issues de la pesée du véhicule que les charges normales au terrain pour le véhicule sur un plan incliné à 30 % (17°) sont les suivantes :

- Roue avant droite : 2 544 kg (25,0 kN)
- Roue avant gauche : 2 784 kg (27,3 kN)
- Roue arrière gauche : 1 197 kg (11,7 kN)
- Roue arrière droite : 1 245 kg (12,2 kN)

#### Sondages

L'échantillonnage des sols a été effectué en surface, sur une épaisseur de l'ordre de quelques décimètres. Les sondages suivants ont été prélevés :

- Six sondages à la tarière manuelle, identifiée TA-1 à TA-6;
- Un sondage à la pelle manuelle, identifié PM-1.

Un échantillon intact a été prélevé dans le sondage PM-1 et des échantillons remaniés ont été prélevés dans chacune des couches rencontrées dans les sondages à la tarière.

Les sondages PM-1 et TA-2 ont été réalisés à la position identifiée de la roue arrière droite du véhicule avant le renversement. Le sondage TA-6 est le sondage le plus éloigné de la zone marécageuse.

#### Eau souterraine

Lors de l'expertise, l'eau dans la zone marécageuse était à l'élévation 172,45 m. Dans les sondages effectués en bordure de cette zone (TA-1, TA-2 et TA-3), l'eau souterraine était à la même élévation. Dans les autres sondages (TA-4 à TA-6), l'eau souterraine n'a pas été atteinte.

### Nature des sols (Unité stratigraphique)

Les sondages effectués montrent que le site est constitué, dans sa partie supérieure, d'une couche de terre végétale gazonnée recouvrant un remblai. D'ordre général, l'épaisseur de la couche végétale est d'environ 0,15 m. En dessous d'elle, le remblai est subdivisé en deux couches. D'abord, une couche de remblai sablo-silteux d'environ 0,22 m d'épaisseur, suivi d'une couche de remblai granulaire, dont l'épaisseur est indéterminée. Le tableau 4 du rapport d'expertise présente en détail les caractéristiques des sondages réalisés pour chacune de ces couches (annexe D). En résumé, le tableau comprend les informations suivantes :

- Présence de racines  
Dans la couche de terre végétale, la densité des racines présentes est importante et donne à cette couche une cohésion importante. Dans la couche de remblai sablo-silteux, les racines sont absentes ou peu nombreuses.
- Teneur en eau des sols  
Les teneurs en eau, tant de la couche de terre végétale que de celles du remblai sablo-silteux varient entre 40 % et 50 % dans le secteur à proximité de la zone marécageuse. Ces teneurs en eau diminuent de manière importante lorsqu'on s'éloigne de cette zone. Elles sont de l'ordre de 20 %, dans le sondage TA - 6 situé à environ 4 m de la zone marécageuse.
- Résistances au cisaillement des sols  
Les résistances au cisaillement<sup>2</sup> mesurées au milieu des deux premières unités stratigraphiques des sondages démontrent que la résistance est moins importante dans la couche du dessus que dans celle en dessous et est moindre près de la zone marécageuse que lorsqu'on s'en éloigne.

### Généralités

L'expert précise que les déformations des sols de fondation pouvant générer une déstabilisation d'une structure donnée, dans ce cas le véhicule, peuvent être causées soit :

- Par un tassement excessif des sols sous la charge appliquée;
- Par une rupture par cisaillement généralisée si la pression appliquée par la structure excède la capacité portante des sols.

### Observation de terrain

Lors de la visite du site, aucune marque évidente de déformation excessive ou de rupture n'a été notée dans le secteur où se trouvait le véhicule avant le renversement.

### Surface de contact d'un pneu

La surface de contact au sol d'un pneu est de forme circulaire. La pression mesurée des pneus après l'accident est comprise entre 162 kPa (23,5 psig) et 193 kPa (23,5 psig). Sur une surface inclinée à 30 % (17°), en tenant compte des charges normales au terrain estimées par l'expert, il est évalué que le diamètre de la surface de contact au sol varie entre 0,46 m pour la roue avant gauche et 0,29 m pour la roue arrière droite.

---

<sup>2</sup> La résistance au cisaillement représente la pression requise pour générer une rupture par cisaillement du sol.

L'épaisseur du sol influencée par les surcharges est, selon l'expert, généralement de l'ordre de 1,5 à 2,0 D (D étant le diamètre de zone surchargée).

L'expert détermine donc que l'épaisseur de la couche superficielle du sol qui est sollicitée par la charge d'une roue et qui est susceptible de se comprimer est de l'ordre de 600 mm.

#### Tassements

Un essai de compressibilité a été effectué sur l'échantillon intact PM-1, sous des charges de 200, 250, 300 et 350 kPa. Ces charges correspondent à l'ordre de grandeur des charges appliquées par le véhicule sous chacune des roues.

Les résultats de cet essai montrent que sous une charge de 200 kPa, les tassements sont importants au début de la mise en charge, qu'ils atteignent 20 mm rapidement (environ 2 à 2,5 minutes), puis 25 mm à la fin du tassement primaire (après une durée d'environ 5 minutes). Le tassement primaire mesuré après 5 minutes sous des charges de 250, 300 et 350 kPa est respectivement de 28 mm, 31 mm et 33 mm.

D'un point de vue qualitatif, ces essais déterminent que sous une charge appliquée, la couche de terre végétale gazonnée se comprime rapidement, jusqu'à atteindre une valeur seuil, après laquelle les tassements se poursuivent, mais plus lentement et deviennent moins importants.

Ces résultats, représentés graphiquement, permettent de déterminer le module de déformation instantanée de la couche superficielle. Cette valeur est estimée à 1 500 kPa. Considérant cette valeur, ainsi que les valeurs obtenues lors des essais de compressibilité, l'expert évalue que des tassements de l'ordre de 50 mm sous la roue arrière droite auraient pu survenir dans les instants précédant le renversement.

Pour les autres roues et considérant qu'elles étaient situées à des élévations supérieures et sur des matériaux à teneurs en eau moins élevées et donc moins compressibles, des tassements de l'ordre de 10 mm à 20 mm sont évalués par l'expert.

#### Capacité portante

La capacité portante ultime des sols contre la rupture par cisaillement estimée à partir des résultats des sondages au scissomètre est d'environ 250 kPa pour la roue arrière droite et de plus de 370 kPa pour les autres roues.

Ces capacités et les charges appliquées au terrain par les roues du véhicule permettent de déterminer un coefficient de sécurité<sup>3</sup> contre le cisaillement généralisé. Le coefficient de sécurité obtenu de ces essais varie entre la valeur minimale de 1,37, calculée pour la roue arrière droite, et la valeur maximale de 2,28, calculée pour les roues arrière gauches et avant droites. L'expert estime que la valeur du coefficient de sécurité pour la roue avant gauche est comprise entre ces deux valeurs.

<sup>3</sup> Le coefficient de sécurité (FS) correspond au rapport de la capacité portante ultime sur la pression appliquée. Un coefficient de sécurité supérieur à 1,0 indique des conditions stables alors qu'un coefficient de sécurité inférieur à 1,0 indique des conditions de rupture.



Les valeurs obtenues sont supérieures à l'unité de référence (1,0) et montrent que la rupture par cisaillement des sols de fondation est à exclure.

#### Les conclusions de l'expert géotechnique d'Inspec-Sol

Les observations visuelles et les résultats obtenus lors de cette expertise indiquent que les conditions géotechniques évaluées ne peuvent être à elles seules la cause du renversement du véhicule, mais pourraient potentiellement y avoir contribué.

Les données recueillies indiquent que le renversement du véhicule n'a pu être causé par rupture par cisaillement généralisé, c'est-à-dire à cause d'une capacité portante insuffisante des sols de fondation et que cette cause n'est pas à considérer.

Considérant la variabilité des sols sous les roues, il n'est pas à exclure que lors de l'arrêt du véhicule dans sa position avant le renversement et du levage subséquent de la plate-forme, la répartition des charges sur les diverses roues ait engendré des tassements différentiels entre les roues.

L'expert est d'avis que parmi les quatre roues du véhicule, la roue arrière droite est celle dont les tassements auraient été les plus importants puisque cette roue était près de la zone marécageuse où les sols sont plus compressibles. Le tassement différentiel maximal entre les diverses roues est estimé à environ 40 mm. Également, ce résultat confirme le témoignage de l'opérateur qui stipule que les premiers mouvements précédant le renversement se sont fait ressentir dans le secteur de la roue arrière droite.

De plus, l'expert évalue, en tenant compte d'une marge d'erreur reconnue en raison de la non-homogénéité du sol, que ce tassement différentiel entre les roues aurait pu atteindre 50 mm.

L'expert conclut qu'un tel tassement différentiel entre les roues n'a pu suffire à renverser le véhicule, sauf si l'équilibre de ce dernier était déjà précaire. Le tassement différentiel entre les roues aurait alors potentiellement engendré le déplacement du centre de gravité combiné du véhicule et de ses équipements hors de l'état d'équilibre et ainsi contribué à son renversement.

#### **4.2.5 Expertise mécanique sur le véhicule (Technorm inc.)**

Une expertise mécanique a été demandée afin d'éliminer la possibilité qu'une défaillance mécanique du véhicule ait occasionné son renversement et afin de commenter l'utilisation de ce véhicule sur le terrain de l'accident.

Cette expertise a été réalisée le 8 juillet 2013, par l'entreprise Technorm inc., ci-après nommée Technorm. Le rapport d'expertise, qui est joint à l'annexe E, présente notamment les informations suivantes :

#### Le véhicule

L'expert constate dans la cabine d'opération du véhicule, la présence d'un cadran de contrôle anti-renversement longitudinal et d'un indicateur d'assiette transversale (photographies 7 et 8 du rapport d'expertise).

Également, une ouverture dans le tableau de bord, prévue par le fabricant à cet effet, contient des fiches plastifiées rappelant des consignes de sécurité à respecter lors de l'utilisation du véhicule (photographies 9 et 10 du rapport d'expertise). Ces fiches précisent notamment que :

- L'opérateur doit s'assurer des bonnes conditions du terrain avant d'effectuer des manœuvres de soulèvement;
- La manutention des charges doit se faire avec beaucoup d'attention, et une fois la machine nivelée;
- Il est interdit de soulever des charges supérieures à celles prévues au tableau des charges, et ce, même si le dispositif anti-renversement n'intervient pas et même lorsqu'un équipement est attelé au système de trois points d'attache. Le tableau des charges est présenté sur l'une de ces fiches;
- Il est interdit de soulever des charges avec la machine travaillant sur un terrain disjoint et non nivelé;
- Il est interdit de soulever du personnel si la plate-forme spéciale de travail (nacelle) n'est pas installée.

Ces éléments sont également présentés dans le manuel du fabricant fourni par monsieur « E ».

#### Recommandation du fabricant

Le manuel du fabricant Merlo énonce que la machine est conçue et fabriquée suivant les spécifications de Merlo et qu'afin d'éviter des accidents, la machine ne doit pas être modifiée sans l'accord écrit du fabricant et ne doit également pas être utilisée dans des conditions pour lesquelles elle n'a pas été conçue.

Également, le manuel du fabricant spécifie les limites maximales d'inclinaison surmontables avec une charge appliquée à l'extrémité du bras télescopique. Ces limites sont de 35 % (19,3°) avec la charge en amont, 25 % (14°) avec la charge en aval et 10 % (5,7°) dans le sens transversal de la machine. Il y est aussi indiqué qu'il est très important, avant d'effectuer toute opération de soulèvement, de s'assurer de bien niveler la machine. La figure suivante présente les limites en question :

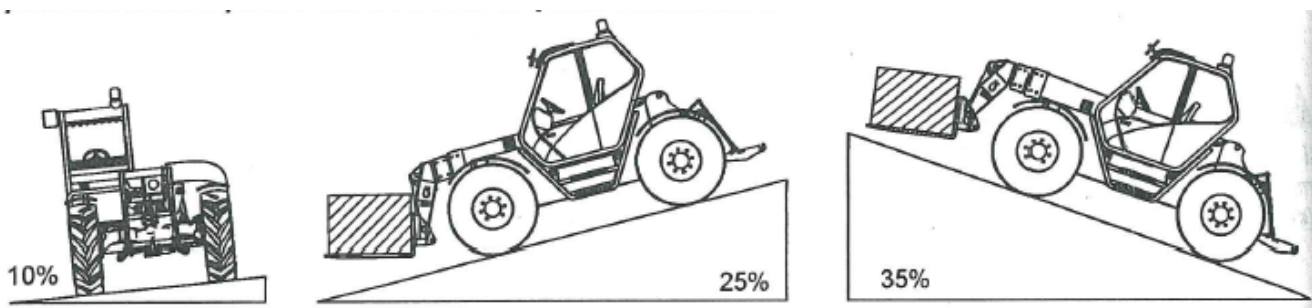


Figure 23 : Limites maximales d'inclinaison surmontables avec une charge  
(Source : Manuel du fabricant)

Le manuel du fabricant précise qu'il est permis de soulever des charges sur un terrain non nivelé, mais à la condition d'utiliser le correcteur d'assiette transversale pour ramener la machine dans des

conditions d'utilisation prévues. Pour ce faire, l'opérateur doit contrôler le nivelage de l'appareil en utilisant le niveau à bulle placé en cabine. Si le bras de la machine est soulevé au-delà de la limite de sécurité, l'activation du correcteur d'assiette est interdite par un dispositif spécial.

Les extraits du manuel soulevés par l'expert se retrouvent à l'annexe 3 de son rapport (annexe E).

#### La plate-forme de levage

L'expert indique que le véhicule impliqué dans l'accident n'est pas équipé d'une plate-forme de levage prévue pour celui-ci. La plate-forme prévue pour un modèle de véhicule Merlo 30.9 est de dimensions et surtout de masse inférieure (200 kg) à celle qui y est installée (560 kg). De plus, l'expert rapporte que le véhicule ne possède pas les systèmes de contrôle de sécurité nécessaires à l'installation d'une plate-forme. En conséquence, les commandes et dispositifs de sécurité prévus avec la plate-forme ne peuvent être fonctionnels lors de son utilisation.

#### La présence du contrepoids artisanal

Le contrepoids installé sur le système à trois points d'attache du véhicule est de fabrication artisanale. Cette modification va à l'encontre des recommandations du fabricant qui spécifie que le véhicule ne doit pas être modifié sans son accord écrit. Selon l'expert, la présence du contrepoids augmente la masse de l'appareil, en modifie la stabilité en déplaçant son centre de gravité vers l'arrière et affecte l'efficacité de ses dispositifs de sécurité.

#### La pression des pneus

L'expert a mesuré la pression des pneus du véhicule, soit :

- Pneu avant droit : 193,05 kPa (28 psig)
- Pneu arrière droit : 182,71 kPa (26,5 psig)
- Pneu avant gauche : 162,03 kPa (23,5 psig)
- Pneu arrière gauche : 162,03 kPa (23,5 psig)

L'expert précise que les pressions mesurées sont inférieures aux recommandations du fabricant qui stipule dans la notice d'utilisation et d'entretien que la pneumatique doit être maintenue à une pression de 300 kPa (43,5 psig) pour les pneus du modèle utilisé. Aussi, l'expert souligne que les pressions mesurées sont inégales entre les pneus et moindres du côté gauche.

Selon lui, la pression mesurée des pneus après l'accident et le remorquage est représentative de la pression qui prévalait le jour de l'accident.

#### L'inclinaison de la pente

L'expert spécifie que le véhicule se trouvait sur un terrain affichant une inclinaison excédant les recommandations d'utilisation du fabricant.

#### Les conclusions de l'expertise mécanique de Technorm

L'expert conclut qu'à l'exception d'une pression insuffisante au niveau de la pneumatique, l'état mécanique du véhicule qui prévalait au moment des événements n'est pas relié à la cause du renversement. Aucun bris mécanique pouvant y être associé n'a été identifié sur le véhicule.

Il conclut que c'est l'utilisation abusive de l'appareil équipé d'une pneumatique affichant une pression insuffisante, qui serait directement reliée aux événements. Selon l'expert, le fait d'avoir une

pneumatique sous gonflée, combiné à l'ajout d'un contrepoids à l'arrière de l'appareil, ainsi que le fait d'avoir équipé ce dernier d'une plate-forme non conçue pour celui-ci, le tout utilisé sur un terrain affichant une inclinaison excédant les recommandations d'utilisation du fabricant, auraient contribué à diminuer la stabilité du véhicule jusqu'à son renversement.

#### **4.2.6 Expertise mécanique sur les causes du renversement (Prolad-Experts inc.)**

À la suite de la première expertise mécanique, il apparaissait pertinent de comprendre le comportement des centres de gravité des équipements utilisés lors de l'accident afin d'identifier les éléments nécessaires au renversement. Pour ce faire, les éléments suivants ont été soulevés :

- La pente excédant les recommandations du fabricant sur laquelle se trouvait le véhicule;
- L'utilisation d'une plate-forme sur un véhicule exempt de la prédisposition nacelle;
- L'utilisation d'une plate-forme plus lourde que celle prévue pour le modèle Merlo 30.9 à prédisposition nacelle;
- Le tassement différentiel du sol entre les roues du véhicule;
- La pneumatique sous-gonflée du véhicule;
- La présence du contrepoids à l'arrière du véhicule.

L'entreprise Prolad-Experts inc., ci-après nommée Prolad-Experts, a été mandatée afin de réaliser une expertise mécanique sur la question. L'expertise en question est présentée à l'annexe F.

L'expertise présente notamment les informations suivantes :

##### La modélisation

L'expertise a permis d'effectuer une modélisation de l'équipement dans les conditions statiques limites préalables au renversement. La modélisation est présentée en annexe du rapport d'expertise.

L'objectif de la modélisation est tout d'abord de déterminer le seuil de renversement statique et le moment de renversement (N·m) de l'équipement dans le scénario suivant, représentant les conditions statiques limites lors du renversement :

- Équipement : Merlo multifarmer 30.9 Classic 2004 (SN B4301569);
- Plate-forme : TRE EMMÉ (Merlo) PTE.ZM2 (SN 3M00088316591/04);
- Position du bras télescopique de l'équipement : déployé sur 8,2 m (26,8 pi) et à un angle de 69° par rapport à l'horizontale (maximum physique de l'équipement);
- La position du centre de gravité de l'équipement avec la plate-forme, avec le bras télescopé à 8,2 m (26,8 pi) et 69°, calculée à partir des données fournies par le fabricant Merlo;
- La position transversale du centre de gravité considérée comme étant au centre de l'équipement tel que précisé par le fabricant;
- Le contrepoids de 580 kg arrimé à l'arrière du véhicule;
- Les deux inspecteurs positionnés au centre de la plate-forme : 200 kg au total placés au centre de la plate-forme, 200 kg étant le poids des deux inspecteurs plus leurs équipements d'inspection;
- Pente longitudinale moyenne sous les roues : 19,5 % (11,03°), de l'arrière vers l'avant;
- Pente transversale sous les roues avant: 28 % (15,64°), du côté droit vers le côté gauche;
- Pente diagonale selon l'axe roue avant gauche / roue arrière droite : 31,72 % (17,6°);

- Compaction du sol : tassement différentiel de 50 mm sous la roue arrière droite;
- Correction de l'assiette de l'équipement (devers transversal) : 9,6° contre le sens de la pente (limite physique de l'équipement). La pente transversale étant de 28 % (15,64°), l'angle du châssis par rapport à la verticale est donc de 6,04°.

Il est à noter que la correction du devers transversal est effectuée à l'aide des deux vérins hydrauliques situés sur chacun des essieux. Toutefois, seul le cylindre de l'essieu avant est blocable lorsque le bras télescopique est en utilisation. Ceci implique donc la présence d'un triangle de stabilité à trois points d'appui dans la modélisation, soit les deux points de contact des roues avant au sol ainsi que le point de pivot central de l'essieu arrière.

Résultat de la modélisation

La modélisation a permis de déterminer que l'équipement, dans les conditions statiques limites édictées, est stable. Afin de quantifier la stabilité de l'équipement, le seuil de renversement statique a été déterminé, dans le sens longitudinal et transversal. Dans le sens longitudinal, vers l'arrière, un angle de 37° (75,35 %) est requis pour initier un renversement dans cette direction. Dans le sens transversal, vers le côté droit, un angle de 25° (46,63 %) est requis pour initier un renversement dans cette direction. En outre, la modélisation indique qu'une pente combinée de 17° (30,57 %) de l'arrière vers l'avant et 17° (30,57 %) du côté droit vers le côté gauche, ou encore une pente diagonale selon l'axe roue avant gauche / roue arrière droite de 23,2° (42,86 %) permettent également d'initier un renversement du côté arrière droit.

Les tableaux suivants présentent les valeurs obtenues, opposées à celles présentes lors du renversement :

	Angle d'inclinaison de l'équipement
<b>Seuil de renversement longitudinal</b>	<b>37°</b>
Angle longitudinal lors du renversement	11,03°

Tableau 1 - Seuil de renversement longitudinal vs angle lors du renversement

	Angle d'inclinaison de l'équipement
<b>Seuil de renversement transversal</b>	<b>25°</b>
Angle transversal lors du renversement	15,64°

Tableau 2 - Seuil de renversement transversal vs angle lors du renversement

	Angles d'inclinaison de l'équipement
<b>Seuil de renversement combiné</b>	<b>17° longitudinal et 17° transversal</b>
Angles lors du renversement	11,03° longitudinal et 15,64° transversal

Tableau 3 - Seuil de renversement combiné vs angles lors du renversement

	Angle d'inclinaison de l'équipement
<b>Seuil de renversement diagonal</b>	<b>23,2°</b>
Angle diagonal lors du renversement	17.6°

Tableau 4 - Seuil de renversement diagonal vs angle lors du renversement

Dans un deuxième temps, toujours afin de quantifier la stabilité de l'équipement dans les conditions statiques limites préalables au renversement, un moment permettant d'initier un renversement du côté droit a été appliqué à l'ensemble. Dans les conditions statiques limites préalables au renversement, le moment de renversement mesuré est de 25 000 N.m. En sollicitation dynamique, ceci représente l'équivalent d'une force latérale de 300 kg appliquée sur le côté gauche de la plate-forme. Selon l'expert, en mode dynamique, le moment de renversement de 25 000 N.m de l'équipement incliné dans la pente est indicatif de l'imminence d'un danger de renversement.

Afin de déterminer la contribution de différents facteurs à la stabilité de l'équipement, le moment de renversement a été calculé en variant les paramètres sujets à l'analyse. Le tableau suivant résume les données obtenues et leurs variations en regard du moment de renversement de la configuration initiale.

	Moment de renversement	Variation
Moment de renversement pour la configuration de référence	25 000 N.m	0 %
Moment de renversement sans le contrepoids	28 000 N.m	+12 %
Moment de renversement avec plus petite plate-forme	27 000 N.m	+8 %
Moment de renversement avec travailleurs déplacés à droite de la plate-forme (2,0m)	23 000 N.m	-8 %
Moment de renversement sans le tassement du sol sous la roue arrière droite (50mm)	29 000 N.m	+16 %
Moment de renversement sans correction du devers de la cabine	5 000 N.m	-80 %
Moment de renversement si l'équipement se trouve sur une surface plane	66 000 N.m	+164 %

Tableau 5 : Moments de renversement calculés

Ces derniers résultats montrent que la présence du contrepoids a un effet négatif sur la stabilité de l'équipement (augmentation de 12 % du moment de renversement sans le contrepoids en place). Ceci s'explique par l'effet de débalancement vers l'arrière provoqué par la présence du contrepoids. Par ailleurs, la présence d'une plate-forme de plus faible poids (200 kg vs 560 kg) aurait eu un effet positif sur la stabilité de l'équipement (augmentation du moment de renversement de 8 %). Les résultats montrent également que le positionnement des deux inspecteurs dans la nacelle a une certaine influence sur la stabilité de l'équipement. Plus spécifiquement, dans le cas où les deux inspecteurs se seraient trouvés à la droite de la plate-forme, on note une réduction de l'ordre de 8 % du moment de renversement nécessaire à un incident. De plus, on note que l'effet du tassement du sol a un effet négatif sur la stabilité de l'équipement, avec une augmentation du moment de renversement de l'ordre de 16 % sans tassement du sol sous la roue arrière droite.

De même, la correction de l'assiette transversale par l'opérateur a un effet important sur la stabilité de l'équipement. En effet, si la modélisation n'inclut pas la correction de devers qui a été faite, le moment de renversement est grandement diminué (réduction de 80 %).

Finalement, toutes les autres conditions de la configuration de base demeurant les mêmes, si l'équipement se trouve sur une surface plane (non inclinée), le moment de renversement est de 66 000 N.m. et se trouve alors augmenté d'un facteur de 2,64 (264 %) lorsque comparé à la configuration de référence. Le moment de renversement obtenu représente une augmentation de la stabilité de 164 %. Ceci confirme que la présence de l'équipement sur la surface inclinée est le facteur contributif principal du renversement qui est survenu.

Par ailleurs, il a été vérifié que pour un scénario avec le bras télescopique déployé de 6 m (20 pi), à un angle de 60°, soit les conditions édictées comme étant celles du renversement, la variation du moment de renversement est de moins de 10 %. Une erreur sur l'évaluation de la position exacte du déploiement de la plate-forme au moment du renversement n'a donc pas une influence déterminante sur les résultats de l'analyse.

De plus, la hauteur moyenne des moyeux de roue au sol a été calculée à 59,4 cm, à la pression de gonflage de 300 kPa (43,5 psig) recommandée par le fabricant. En ce qui concerne le léger sous-gonflement des pneus noté par l'expert de Technorm (pressions variant de 162,03 kPa (23,5 psig) à 193,05 kPa (28,0 psig), les vérifications effectuées par l'expert de Prolad-Experts ont montré un effet de diminution maximale d'environ 0,9 cm sur la hauteur des moyeux (essieux). Sur la stabilité de l'équipement, selon l'expert de Prolad-Experts, ce facteur peut donc être considéré comme ayant un effet négligeable.

#### Discussion de l'expert mécanique de Prolad-Experts

La modélisation de l'équipement dans les conditions statiques limites préalables au renversement a permis à l'expert de démontrer que l'équipement est stable dans ces conditions.

En effet, des pentes transversales et diagonales de l'ordre de 46,63 % (25°) et 42,86 % (23,2°) sont requises pour initier le renversement en mode statique, ce qui est sensiblement plus élevé que les pentes de 28 % (15,64°) et 31,72 % (17,6°) mesurées à l'emplacement des roues. Par ailleurs, ceci se traduit par un moment de renversement du côté arrière droit de l'équipement de 25 000 N.m. Pour appliquer un tel moment, une force de l'ordre de 300 kg devrait être appliquée sur la plate-forme. Aucun des facteurs contributifs étudiés, en combinaison ou à lui seul, ne permet d'expliquer le renversement en mode statique de l'équipement. Selon les résultats de l'expertise, dans les conditions édictées, tout indique que le renversement de l'équipement ne résulte pas d'un déséquilibre en mode statique, mais qu'il se serait plutôt produit en mode dynamique.

#### **4.2.7 Avis technique**

Le véhicule Merlo 30.9 utilisé lors de l'accident est de conception européenne et d'homologation CE selon la directive machine européenne. Il est donc conçu conformément aux normes européennes en vigueur, norme EN, et aux sous-normes qui en découlent.

Le fabricant Merlo considère que son véhicule est tout aussi bien conçu pour être opéré dans un mode élévateur télescopique que dans un mode tracteur, selon l'oscillation des essieux. L'expert en chariot élévateur de la CSST est d'avis qu'au moment de l'accident, le véhicule est utilisé en mode chariot élévateur (mode élévateur télescopique). Il a d'ailleurs produit un avis technique sur la question qui appuie également les propos de cette section du rapport d'enquête (annexe G).

En Europe, dans les pays participants au CEN, le levage de travailleur avec un chariot élévateur est autorisé, mais seulement lorsque le véhicule est conçu à cet effet et que la plate-forme de levage utilisé est intégrée au véhicule, comme c'est le cas pour les véhicules à prédisposition nacelle du fabricant Merlo. À ce moment, le véhicule et sa plate-forme sont considérés comme étant un seul et même véhicule. Des normes européennes spécifiques à ce type d'équipement encadrent leurs utilisations. En Europe, le levage de personnel avec un chariot élévateur non conçu pour lever du personnel n'est plus autorisé.



Le véhicule impliqué dans l'accident est conçu selon la norme européenne EN1459. Cette norme est spécifique à un type de véhicule avec lequel il n'est pas autorisé de lever du personnel et ne traite donc pas de levage de personnel.

Aux États-Unis et au Canada, le levage de personnel avec une plate-forme de levage et un véhicule non conçu pour lever du personnel est encore autorisé. Les normes américaines et canadiennes prévoient donc les dispositions à prendre pour lever du personnel, que l'équipement soit spécifiquement conçu à cet effet, ou non.

Pour des fins d'analyse, l'expert de la CSST considère, de manière non exclusive, la norme américaine ANSI/ITSDF B56.6-2011 Safety Standard for rough Terrain Forklift Trucks qui traite des chariots élévateurs tout terrain spécifiquement et la norme canadienne CSAB335-04 Norme de sécurité pour les chariots élévateurs, dont plusieurs articles sont similaires à la norme américaine.

#### **4.2.8 Le manuel du fabricant**

Les extraits les plus pertinents du manuel du fabricant sont présentés intégralement et textuellement à l'annexe G. Plusieurs de ces extraits ont déjà été soulevés dans le cadre des expertises. Il est à noter que le manuel du fabricant ne traite pas de levage de personnel. Il ne présente donc aucune information à cet effet, notamment en ce qui a trait aux limites d'inclinaison surmontables avec une charge ou aux conditions du sol dans des conditions de levage de personnel.

De plus, soulevons que le manuel du fabricant présente en introduction l'article suivant :

La machine est conçue et fabriquée suivant les spécifications Merlo. Afin d'éviter des accidents et pour assurer des meilleures performances, la machine ne doit pas être modifiée sans l'accord écrit du fabricant et ne doit pas être utilisée dans des conditions et pour des raisons non prévues. Pour obtenir un fonctionnement en sécurité de cette machine, lire attentivement les règles de sécurité dans ce manuel. Toutes les informations, dessins et données sont basés sur le produit actuel au moment de la publication. [...].<sup>4</sup>

#### **4.2.9 Législation**

##### **4.2.9.1 La Loi sur la santé et la sécurité du travail (L.R.Q., c. S-2.1) (LSST)**

L'article 51 de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) stipule, notamment, que :

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. Il doit notamment : [...]

(3°) 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; [...]

<sup>4</sup> MERLO S.P.A. Manuel du fabricant : Notice d'instructions pour l'utilisation et l'entretien Tractrice agricole avec bras télescopique Multifarmer 30.9 Classic, valable du SAV B439511, 2004, Italie, p. 1-1.

(5°) utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur; [...]

(7°) fournir un matériel sécuritaire et assurer son maintien en bon état; [...]

(9°) 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; [...]<sup>5</sup>

#### **4.2.9.2 La norme américaine ANSI/ITSDF B56.6-2011**

La norme américaine ANSI/ITSDF B56.6-2011 : Safety Standard for rough Terrain Forklift Trucks traite des chariots élévateurs tout terrain spécifiquement. Elle présente, notamment, les articles suivants :

##### **[...] Part I Introduction [...]**

###### **2 Definition**

A rough terrain forklift truck is defined as a wheeled-type truck designed primarily as a fork truck with a vertical mast and/or a pivoted boom, variable reach or of fixed length, which may be equipped with attachments. This truck is intended for operation on unimproved natural terrain as well as the disturbed terrain of construction sites. [...]

##### **Part II For the user [...]**

###### **5.2 Modifications, Nameplates, Markings, and Capacity**

5.2.1 [...] no modifications or alterations to a rough terrain forklift truck, which may affect the capacity, stability, or safe operations of the truck, shall be made without the prior written approval of the original truck manufacturer or its successor thereof [...]. [...]

5.2.3 If the rough terrain forklift truck is equipped with front end attachment(s) or optional forks, the user shall see that the truck is marked to identify the forks or attachment(s), show the approximate weight of the truck and fork or attachment combination, and show the capacity of the truck with forks or attachment(s) at maximum elevation with load laterally centered. [...]

5.3.2 Some of the conditions that may affect stability are ground and floor conditions, grade, speed, loading (rough terrain forklift trucks equipped with attachments behave as partially loaded trucks even when operated without a load on the attachment), dynamic and static forces, improper tire inflation, and the judgment exercised by the operator. [...]

<sup>5</sup> QUÉBEC, Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) : L.R.Q.,c. S-2.1. Éditeur officiel du Québec, à jour en décembre 2012.

### 5.15 Elevating Personnel

5.15.1 [...] If a rough terrain forklift truck must be used to lift people, the following precautions for the protection of personnel shall be taken:

(a) provide a personnel platform which complies with the design requirements listed in Part III of this Standard; [...]

(h) be certain that the mast or boom travel is vertical – do not operate on a side slope unless the rough terrain forklift truck is leveled; [...]

(j) be certain that the rough terrain forklift truck has a firm footing; [...]

(n) be certain that the path of platform travel is clear of hazards, e.g., storage racks, scaffolds, overhead obstructions, and electrical wires; [...]

(q) always lower the platform if you must move the rough terrain forklift truck for adjustments in positioning; [...]

(s) a trained operator shall be in position to control the rough terrain forklift truck, or available to operate controls if the platform is not equipped with controls. When the operator is not in the operating position, block the truck wheels and apply the parking brake with all travel controls in neutral;

(t) the combined mass (weight) of the platform, load, and personnel shall not exceed one-third of the capacity at the related load center position as indicated on the information plate(s) of the rough terrain forklift truck on which the platform is used; [...]

### 5.17 Operator Training [...]

5.17.2 An effective operator training program should center around user company's policies, operating conditions, and rough terrain forklift trucks. The program should be presented completely to all new operators and not be condensed for those claiming previous experience. [...]

## 6 Operating safety rules and practices

### 6.1 Operator Responsibility

6.1.1 Safe operation is the responsibility of the operator. [...]

6.1.4 Before operating any rough terrain forklift truck, truck operators shall have read and be familiar with the operator's manual for the particular truck being operated; [...]

### 6.2 General [...]

6.2.6 Understand rough terrain forklift truck limitations and operate the truck in a safe manner so as not to cause injury to personnel. [...]

6.4.2 For rough terrain forklift trucks equipped with lateral levelling:

(a) Always level the frame before raising the boom or mast, with or without load.

(b) Lateral levelling should not be used to position an elevated load: instead, lower the load and reposition the rough terrain forklift truck [...]

6.5 Operator Care of the Rough Terrain Forklift Truck

6.5.1 At the beginning of each shift and before operating the rough terrain forklift truck, check its condition, giving special attention to the following:

(a) tires and their inflation pressure [...]

7 Maintenance and rebuild practices [...]

7.2 Specifications

Maintenance and inspection of all rough terrain forklift trucks shall be performed in conformance with the manufacturer's and user's recommendations and the following practices: [...]

7.2.12 Modifications and additions that affect capacity and safe rough terrain forklift truck operation shall not be performed without manufacturer's prior written approval. Capacity, operation, and maintenance instruction plates, tags, or decals shall be changed accordingly. [...]

### **Part III For the manufacturer [...]**

8.24 Platforms for Elevating Personnel

8.24.1 Design requirements for the manufacture of the platform shall include the following: [...]

(b) floor dimensions which shall not exceed two times the load center distance listed on the rough terrain forklift truck nameplate, measured parallel to the longitudinal center plane of the truck, nor have a width greater than the overall width of the truck [measured across the load bearing tires plus 10 in. (250 mm) on either side] [...].<sup>6</sup>

#### **4.2.9.3 La norme canadienne B335-04**

La norme canadienne CSAB335-04 : Norme de sécurité pour les chariots élévateurs, présente notamment les articles suivants :

[...] 3 Définitions [...]

Utilisateur – Personne ou organisation responsable de l'utilisation de chariots élévateurs. [...]

<sup>6</sup> AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE and INDUSTRIAL TRUCK STANDARDS DEVELOPMENT FOUNDATION. *Safety Standard for rough Terrain Forklift Trucks*, édition 2011, États-Unis, p. 1 à 28.

#### 4.8 Pratiques générales de sécurité [...]

##### 4.8.2 Pratiques générales de sécurité pour les utilisateurs de chariots élévateurs

Les utilisateurs de chariots élévateurs doivent adhérer aux pratiques générales de sécurité suivantes :

- a) Les utilisateurs doivent voir à ce que les caristes soient formés et connaissent bien tous les modes d'emploi et toutes les mises en garde fournis par le fabricant.
- b) Les utilisateurs doivent s'assurer que tout ajout ou toute modification d'un chariot élévateur est approuvé par le fabricant ou par un ingénieur, conformément à l'article 4.8.7.1, et que les caristes ont reçu une formation adéquate expliquant les effets possibles de ces changements sur l'utilisation du chariot élévateur. [...]

##### 4.8.6.2

Certaines conditions peuvent nuire à la stabilité, par exemple l'état du sol [...], la pente, [...], la charge (les chariots équipés d'accessoires se comportent comme des chariots partiellement chargés, même si ces accessoires ne portent aucune charge), [...], les forces dynamiques et statiques, un gonflage inadéquat des pneus et le jugement du cariste. [...]

##### 4.8.7 Modifications, plaques signalétiques, marquages et charge utile

###### 4.8.7.1

On ne doit effectuer ni modifications ni ajouts qui influent sur la charge utile ou l'utilisation sécuritaire sans l'autorisation écrite du fabricant. [...] Si on effectue des modifications ou ajouts de ce type, on doit changer en conséquence les plaques, étiquettes ou décalcomanies indiquant les limites de charge utile, les utilisations appropriées et les instructions d'entretien.

###### 4.8.7.2

Si le chariot est équipé d'un accessoire frontal [...], l'utilisateur doit voir à ce que ce chariot porte des marquages indiquant :

- a) la présence de l'accessoire ;
- b) le poids approximatif du chariot équipé de ses accessoires ; et
- c) la charge utile du chariot équipé de l'accessoire à la hauteur maximale, la charge étant centrée latéralement. [...]

#### 4.9 Procédures d'utilisation sécuritaires [...]

##### 4.9.5.8

Dans le cas des chariots élévateurs tout terrain équipés d'un dispositif de mise à l'horizontale dans le sens transversal, on doit toujours mettre le châssis au niveau avant d'élever le mât ou la flèche, avec ou sans charge. [...]. [...]

##### 4.9.9 Levage de travailleurs

###### 4.9.9.1 [...]

Si une plateforme de travail est utilisée sur un chariot destiné à la manutention de matériaux, elle doit satisfaire aux articles [...] et 4.9.9.3 en ce qui a trait à la protection des travailleurs.

[...]S'il faut utiliser un chariot élévateur tout terrain pour élever des travailleurs, les articles 4.9.9.3.2 et 4.9.9.3 s'appliquent. [...]

#### 4.9.9.3.2

Les utilisateurs de chariots équipés d'une plateforme de travail doivent :

a) fournir une plateforme conforme aux exigences de conception prescrites dans la ANSI/ASME B56.1 ou la B56.6, selon le cas ; [...]

#### 4.9.9.3.3

Les caristes d'un chariot équipé d'une plateforme de travail doivent :

a) s'assurer que le mât ou la flèche se déplace verticalement et : [...]

(ii) éviter d'utiliser un chariot élévateur tout terrain sur une pente latérale s'il n'a pas été mis au niveau ; [...]

c) s'assurer que le chariot repose sur une assise solide et au niveau; [...]

g) s'assurer qu'un espace libre adéquat est maintenu entre la plateforme de travail et les aires environnantes pouvant présenter des dangers comme [...], les obstacles au-dessus des têtes et [...]; [...]

i) toujours abaisser la plateforme avant de déplacer le chariot élévateur pour en ajuster la position;

j) rester dans une position qui permet de contrôler le chariot;

k) s'assurer que le poids combiné de la plateforme, de la charge et des travailleurs ne dépasse pas : [...]

(ii) le tiers de la charge utile indiquée sur la plaque signalétique du chariot élévateur tout terrain sur lequel la plateforme est utilisée ; [...]<sup>7</sup>

### **4.2.10 L'analyse des dimensions de la plate-forme en fonction de la norme américaine**

L'article 8.24.1 (b) de la partie III de la norme américaine ANSI/ITSDF B56.6 (2011), déjà cité précédemment, précise les exigences de la norme relativement aux dimensions de la plate-forme.

La largeur maximale du véhicule Merlo impliqué dans l'accident est de 2,25 m (7,38 pi). Selon l'article 8.24.1 (b), la largeur maximale de la plate-forme pour un véhicule de cette largeur ne doit pas dépasser 2,75 m (9 pi). La largeur de la plate-forme impliquée dans l'accident est de 4,61 m (15,1 pi). Elle excède donc de 1,86 m (6,1 pi) les exigences de la norme.

<sup>7</sup> ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Norme de sécurité pour les chariots élévateurs*, édition 2005 (mise à jour en 2008), Canada, p. 8 à 24 (CAN/CSA-B335-04).

### 4.3 Énoncés et analyse des causes

#### 4.3.1 Le positionnement de la plate-forme par un chariot élévateur modifié alors que celui-ci se situe dans une forte pente et à proximité d'une zone marécageuse provoque son renversement.

Pour effectuer l'inspection du pont P-14635, le véhicule Merlo multifarmer 30.9 Classic de 2004, sur lequel un contrepoids de fabrication artisanale est ajouté à l'arrière du véhicule sur le système à trois points d'attache, est muni de la plate-forme de levage de 560 kg de Merlo, modèle PTE.ZM2 de 2004. Pour permettre aux inspecteurs d'effectuer l'inspection du pont, l'opérateur du véhicule Merlo effectue environ quatre allées et venues dans la pente ouest du terre-plein de l'autoroute 55. La cinquième fois qu'il recule dans la pente, l'opérateur immobilise le véhicule à la limite de la zone marécageuse. Il indique avoir apposé le frein de stationnement, mis la cabine à niveau à l'aide du correcteur de devers 2° de plus vers la pente par sécurité et déployé le bras télescopique vers le pont. Il évalue avoir déployé le bras télescopique sur une distance de 6 m (20 pi), dans un angle de 60°. Il aligne ensuite latéralement la plate-forme parallèlement au pont. Monsieur « F » affirme qu'à ce moment les inspecteurs se trouvaient au centre de la plate-forme. Au moment où les inspecteurs s'appêtent à inspecter, le véhicule se renverse vers son côté droit, pivotant en partie sur sa roue arrière droite.

L'expertise mécanique de Technorm conclut qu'à l'exception d'une pression insuffisante au niveau de la pneumatique, l'état mécanique du véhicule qui prévalait au moment des événements n'est pas relié à la cause du renversement. Aucun bris mécanique pouvant y être associé n'a été identifié sur le véhicule.

L'expertise géotechnique d'Inspect-Sol indique que les conditions géotechniques évaluées ne peuvent être à elles seules la cause du renversement du véhicule, mais pourraient potentiellement y avoir contribué.

De plus, l'expert géotechnique d'Inspect-Sol exclut que le renversement du véhicule ait été causé par rupture par cisaillement généralisé, c'est-à-dire à cause d'une capacité portante insuffisante des sols de fondation.

Ce dernier précise que considérant la variabilité des sols sous les roues, il n'est pas à exclure que lors de l'arrêt du véhicule dans sa position avant le renversement et du levage subséquent de la plate-forme, la répartition des charges sur les diverses roues ait engendré des tassements différentiels entre les roues. Parmi les quatre roues du véhicule, la roue arrière droite est celle dont les tassements auraient été les plus importants puisque cette roue était près de la zone marécageuse où les sols sont plus compressibles. Ce résultat confirme le témoignage de l'opérateur qui stipule que les premiers mouvements précédant le renversement se sont fait ressentir dans le secteur de la roue arrière droite. Le tassement différentiel maximal entre les diverses roues est estimé par l'expert à environ 40 mm. Il évalue également, en tenant compte d'une marge d'erreur reconnue dans le milieu en raison de la non-homogénéité du sol, que ce tassement différentiel aurait pu atteindre 50 mm. L'expertise précise également que les tassements du sol sont importants dans les 2 à 2,5 premières minutes et se termine après 5 minutes.

L'expert géotechnique d'Inspect-Sol conclut qu'un tel tassement différentiel entre les roues n'a pu suffire à renverser la tractrice, sauf si l'équilibre de cette dernière était déjà précaire.

La modélisation effectuée dans le cadre de l'expertise mécanique de Prolad-Experts amène l'expert à conclure dans un premier temps que dans le scénario édicté, en mode statique, le véhicule Merlo ne se renverse pas. Considérant ce résultat, dans un deuxième temps, la modélisation a été refaite tenant en compte un scénario limite, toujours en mode statique. Pour ce faire, en rapport au scénario édicté, les modifications suivantes ont été apportées afin d'évaluer la stabilité de l'équipement dans les conditions statiques limites préalables au renversement. Pour ce faire, dans la modélisation, le bras télescopique est déployé à son maximum 8 m (26 pi) et 69° plutôt qu'à 6 m (20 pi) et 60°, les travailleurs sont déplacés à droite de la plate-forme (du côté du renversement) plutôt que positionnés au centre tel que dans le scénario initial et le tassement du sol sous la roue arrière droite est de 50 mm plutôt que de 40 mm.

La modélisation de l'équipement dans les conditions statiques limites préalables au renversement a permis à l'expert de démontrer que l'équipement est stable dans ces conditions. En effet, des pentes transversales et diagonales de l'ordre de 25° (46,63 %) et 23,2° (42,86 %) sont requises pour initier le renversement en mode statique, ce qui est sensiblement plus élevé que les pentes de 15,64° (28 %) et 17,6° (31,72 %) mesurées à l'emplacement des roues.

Par ailleurs, la modélisation de l'équipement dans les conditions statiques limites préalables au renversement a permis de déterminer un moment de renversement du côté arrière droit de l'équipement de 25 000 N.m. Pour appliquer un tel moment, une force de l'ordre de 300 kg devrait être appliquée sur la plate-forme. Le moment de renversement de 25 000 N.m indique selon l'expert l'imminence d'un danger de renversement.

De plus, l'expertise mécanique de Prolad-Experts a permis de déterminer que dans cet ordre d'importance : la pente, le tassement différentiel du sol sous les roues du véhicule et plus important sous la roue arrière droite, ainsi que la présence du contrepoids ont contribué au renversement du véhicule. Il est déterminé que l'utilisation d'une plate-forme de 560 kg en opposition à une plate-forme de 200 kg a un effet contributif au renversement. Mais rappelons que le véhicule Merlo 30.9 Classic n'est pas conçu par le fabricant pour utiliser une plate-forme de levage de personnel à l'extrémité de son bras télescopique. Toutefois, si le véhicule Merlo 30.9 avait été un véhicule à prédisposition nacelle comme prévu par le fabricant pour lever du personnel, il aurait été muni d'une plate-forme de 200 kg.

Pour leur part, le positionnement des deux inspecteurs à droite dans la plate-forme plutôt qu'au centre et le déploiement du bras à son maximum plutôt que tel que relaté par l'opérateur ont un effet contributif au renversement, mais l'expert juge que l'impact de l'imprécision de cette donnée sur les résultats est négligeable. Il en serait de même pour le sous-gonflement des pneus en rapport à la pression recommandée par le fabricant. Également, l'expert précise que la correction de devers appliquée au véhicule a un effet contributif important sur la stabilité du véhicule. Toutefois, précisons que la position du véhicule sur la pente ne permet pas une mise à niveau complète. En effet, à cette position sur la pente, une fois que le maximum de correction de devers possible sur ce véhicule est appliqué, il reste encore 6,04° à corriger pour être à niveau.



Somme toute, aucun des facteurs contributifs étudiés, en combinaison ou à lui seul ne permet d'expliquer le renversement, ni dans les conditions édictées ni dans les conditions limites analysées, c'est à dire en mode statique de l'équipement. Tout indique que le renversement de l'équipement se serait produit en mode dynamique. Conséquemment, d'autres hypothèses ont été explorées par l'expert de Prolad-Experts :

- Hypothèse de renversement en mode dynamique : action du vent  
La plate-forme est une structure ouverte qui offre peu d'emprise au vent. Cette hypothèse apparaît donc selon l'expert très peu plausible. De plus, l'opérateur du véhicule et l'inspecteur survivant n'ont pas relaté de vents violents préalablement au renversement. Les données météorologiques présentées montrent également que des vents peu importants de l'ordre de 13 à 15 km/h sévissaient au moment de l'incident. Selon l'expert, ceci n'est aucunement suffisant pour générer une force de 300 kg sur le côté de la plate-forme.
- Hypothèse de renversement en mode dynamique : glissement  
Dans un deuxième temps, un scénario où un glissement de l'équipement sur le sol serait survenu est analysé par l'expert. Selon lui, afin de permettre un renversement, un glissement latéral des pneus sur le sol de plusieurs pieds aurait été nécessaire, de même qu'un arrêt soudain sur une pierre, un remblai ou un autre objet. Dans tous les cas, ce glissement aurait laissé des traces claires au sol, ce qui n'a pas été observé sur le site de l'accident.
- Hypothèse de renversement en mode dynamique : déplacement de l'équipement alors que la plate-forme est en hauteur  
Un autre scénario envisagé par l'expert implique un renversement lorsque l'équipement se déplace sur ses roues, avec la plate-forme en hauteur. Les débattements de la suspension, les mouvements oscillatoires de la structure et du bras, les manœuvres transitoires (freinage, accélération, virage) ainsi que les chocs transmis par les anfractuosités du sol pourraient alors générer des moments suffisants pour expliquer le renversement. Le déplacement de l'équipement avec la plate-forme en hauteur ne correspond toutefois pas avec les circonstances de l'incident décrites par les deux témoins (-----).
- Hypothèse de renversement en mode dynamique : déploiement du bras télescopique alors que la plate-forme est en hauteur ou contact entre la plate-forme et le pont  
Un scénario additionnel en mode dynamique de l'équipement qui peut être envisagé est un renversement lorsque le bras télescopique est en déploiement alors que la plate-forme est déjà en hauteur. Le mouvement oscillatoire du bras ainsi que le choc à la suite de l'arrêt brusque en fin de course du mouvement de télescopage pourraient alors générer des moments potentiellement suffisants pour expliquer le renversement.

Une autre possibilité est un impact ou un contact entre la plate-forme et le pont sous lequel l'équipement se trouvait. Dans ce dernier cas, selon l'expert, il est évident que le choc ou la force transmis à la plate-forme pourrait avoir initié le renversement.

Selon les éléments que l'expert a analysés et les résultats de ses calculs, il s'agit potentiellement des explications les plus plausibles pour expliquer le renversement.

Par ailleurs, le fait que le tracteur Merlo 30.9 Classic ne possédait pas la prédisposition nacelle est clairement, selon l'expert, un facteur contributif au renversement. En effet, le tracteur modèle 30.9 Classic n'est aucunement conçu pour lever du personnel et n'aurait donc jamais dû être utilisé à cette fin.

À cet effet, le manuel du fabricant liste la gamme d'accessoires de marque Merlo autorisés sur ce véhicule. Il est noté qu'aucune plate-forme de levage de personnel ne se retrouve dans cette liste. La plate-forme installée sur l'équipement au moment du renversement ne constitue pas un équipement approuvé par le fabricant Merlo.

L'expert exclut donc les hypothèses suivantes: l'effet du vent sur la plate-forme, un glissement latéral des pneus sur le sol sur plusieurs pieds et le déplacement de l'équipement sur ces roues alors que la plate-forme est en hauteur. L'expert retient plutôt l'hypothèse du déploiement du bras télescopique alors que la plate-forme est en hauteur ou un contact entre la plate-forme et le pont comme étant l'hypothèse la plus probable. Il note également l'absence de prédisposition nacelle comme ayant contribué au renversement.

À l'effet de cette hypothèse, il nous est notamment relaté qu'il arrivait que la plate-forme vienne s'accoter, ou cogner accidentellement sur la structure lors de son positionnement. Ce genre de contact avec le pont aurait été suffisant pour engendrer la force nécessaire manquante et initier le renversement. Sinon, le simple arrêt du bras télescopique à la fin de sa course aurait potentiellement pu suffire.

L'utilisation d'une plate-forme de levage de personnel de 560 kg sur un véhicule non conçu à cet effet, la forte pente sur laquelle il se trouve et l'inclinaison restante malgré la correction de devers appliqué, le tassement différentiel du sol engendré par la proximité de la zone marécageuse, la présence du contrepoids de fabrication artisanale à l'arrière du véhicule, ont chacun dans leur proportion, contribué au renversement du véhicule alors que ce dernier était à finaliser le positionnement de la plate-forme de levage pour permettre l'inspection du pont.

Cette cause est retenue.

#### **4.3.2 L'utilisation du véhicule non conçu pour soulever du personnel auquel ont été ajoutés une plate-forme et un contrepoids est dangereuse.**

Pour effectuer l'inspection du pont P-14635 et que les inspecteurs accèdent à la structure, le véhicule Merlo multifarmer 30.9 Classic, sur lequel un contrepoids de fabrication artisanale est ajouté à l'arrière, est muni de la plate-forme de levage Merlo PTE.ZM2 non conçue pour ce dernier.

Dans le manuel du fabricant, du véhicule utilisé lors de l'accident, le fabricant ne traite pas de levage de personnel. De plus, il précise qu'afin d'éviter des accidents, le véhicule ne doit pas être utilisé dans des conditions et pour des raisons non prévues. Le fabricant précise également qu'afin d'éviter des accidents le véhicule ne doit pas être modifié sans son accord écrit.

Plus précisément, le fabricant indique que ses équipements ne peuvent être montés et utilisés que sur les machines pour lesquelles ils ont été fabriqués. À cet effet, il décline toute responsabilité pour l'utilisation d'équipements qui ne sont pas fabriqués par lui-même ou pour lesquels l'accouplement à la machine de base n'est pas expressément approuvé.

La seule référence quant au levage de personnel dans le manuel du fabricant indique qu'il est interdit de : « soulever du personnel si n'est pas installée la spécial plate-forme de travail (« nacelle ») »<sup>8</sup>.

Les normes analysées, la norme canadienne B335-04 et la norme américaine ANSI/ITSDF B56.6-2011, reprennent également le principe qu'on ne doit effectuer ni modifications ni ajouts qui influent sur la charge utile ou l'utilisation sécuritaire sans l'autorisation écrite du fabricant.

Également, les normes analysées spécifient que si le chariot est équipé d'un accessoire frontal, l'utilisateur doit voir à ce que ce chariot porte des marquages indiquant : la présence de l'accessoire, le poids approximatif du chariot équipé de ses accessoires et la charge utile du chariot équipé de l'accessoire.

Lorsque l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier se procure le véhicule auprès du vendeur, une plate-forme de levage non compatible avec le véhicule lui est vendue. De plus, lorsque l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier ajoute le contrepoids à l'arrière du véhicule, il ne se procure aucune autorisation écrite du fabricant. Il a été démontré que l'ajout du contrepoids a contribué au renversement du véhicule. De plus, selon monsieur « E », le distributeur Manulift refuse de faire l'entretien de son véhicule, ce qui élimine la possibilité que le distributeur détecte d'une quelconque manière les problématiques quant à la mauvaise utilisation de la plate-forme, ou l'ajout du contrepoids.

Le véhicule utilisé lors de l'accident est conçu selon la norme européenne EN1459 qui est spécifique à un type de véhicule avec lequel il n'est pas autorisé de lever du personnel. En Europe, le levage de personnel avec un chariot élévateur non conçu à cet effet, n'est plus autorisé. Toutefois, si le fabricant le permet, le levage de personnel avec un chariot élévateur est autorisé lorsque ce dernier est conçu à cet effet et que la plate-forme de levage utilisé est intégrée au véhicule (compatible), comme c'est le cas des véhicules à prédisposition nacelle du fabricant Merlo.

Le fabricant, qui est européen, offre des modèles de véhicule avec ou sans prédisposition nacelle. La prédisposition nacelle est une option de conception, elle ne peut pas être ajoutée sur un véhicule par la suite.

Le véhicule utilisé lors de l'accident est un modèle de la série Classic de 2004 sans prédisposition nacelle. Sur le véhicule sans prédisposition nacelle, le fabricant spécifie que les limites maximales d'inclinaison surmontables avec une charge appliquée à l'extrémité du bras télescopique sont de 35 % (19,3°) avec la charge en amont, 25 % (14°) avec la charge en aval et 10 % (5,7°) dans le sens transversal de la machine.

Le modèle de véhicule multifarmer 30.9 de la série Classic à prédisposition nacelle est conçu avec une nacelle d'un poids de 200 kg. La prédisposition nacelle sur le véhicule permet de relier la plate-forme au système de sécurité intégré au véhicule. Sur ce modèle de véhicule doté de la prédisposition nacelle, la limite maximum de pente autorisée par le fabricant lorsqu'il est utilisé avec sa plate-forme de levage est de 5 % (2,86°), aussi bien dans un sens longitudinal que transversal.

De plus, le système de détection du niveau de la plate-forme ne permet pas le déploiement du bras télescopique lorsque cette dernière est dans une inclinaison trop importante, longitudinalement ou

<sup>8</sup> MERLO S.P.A. Manuel du fabricant : Notice d'instructions pour l'utilisation et l'entretien Tractrice agricole avec bras télescopique Multifarmer 30.9 Classic, valable du SAV B439511, 2004, Italie, p. 3-7.

transversalement, donc, lorsque le véhicule se trouve sur une pente trop forte, ou que la correction de devers est inadéquate.

Outre la plate-forme de 200 kg prévue avec la prédisposition nacelle, le distributeur Manulift vend également des plates-formes à fourche qui peuvent, au Québec, être installées sur les véhicules Merlo avec ou sans prédisposition nacelle, s'ils sont munis de leur fourche de levage.

Au Canada et aux États-Unis, il est encore permis de lever des travailleurs avec un véhicule conçu pour lever des charges, même si la plate-forme n'y est pas intégrée. Les normes analysées, canadienne et américaine, présentent donc les prescriptions quant aux conditions de levage de personnel, ainsi que pour la plate-forme de travail à utiliser sur un chariot destiné à la manutention de matériaux. Selon ces prescriptions normatives, la plate-forme impliquée dans l'accident excède de 1,86 m (6,1 pi) la largeur permise. Aussi, les normes analysées précisent notamment :

- D'éviter d'utiliser un chariot élévateur tout terrain sur une pente latérale s'il n'a pas été mis au niveau ;
- De s'assurer que le chariot repose sur une assise solide et au niveau;
- De s'assurer qu'un espace libre adéquat est maintenu entre la plate-forme de travail et les aires environnantes pouvant présenter des dangers.

Aussi, le fabricant indique dans son manuel de s'assurer des bonnes conditions du terrain avant d'effectuer des manœuvres de soulèvement. Il précise qu'il est interdit de soulever des charges avec la machine travaillant sur un terrain disjoint et non nivelé.

Le jour de l'accident, l'opérateur inspecte le terrain à plusieurs reprises avant et pendant l'inspection.

Le fabricant indique que le bras télescopique soulevé réduit la stabilité latérale de la machine sur des terrains en pente. Les normes analysées abordent également la notion de stabilité en spécifiant que certaines conditions peuvent y nuire, par exemple : l'état du sol, la pente, la charge (elle précise que les chariots équipés d'accessoires se comportent comme des chariots partiellement chargés, même si ces accessoires ne portent aucune charge), les forces dynamiques et statiques, un gonflage inadéquat des pneus et le jugement du cariste.

Tel que démontré, la mise à niveau par la correction de devers contribue de façon importante à la stabilité du véhicule. À cet effet, les normes analysées spécifient que dans le cas des chariots élévateurs tout terrain équipés d'un dispositif de mise à l'horizontale dans le sens transversal, on doit toujours mettre le châssis au niveau avant d'élever le bras télescopique, avec ou sans charge.

Au moment du renversement, le véhicule se trouve dans une pente de l'ordre de 30 %. L'inclinaison longitudinale du véhicule sur cette pente se situe entre 18 % et 21 % et son inclinaison transversale entre 23 % et 28 %, alors que la recommandation du fabricant dans des conditions de levage de personnel est de 5 %.

De plus, la roue arrière droite du véhicule se trouve à la limite d'une zone de type marécageux dont les sols sont plus compressibles et la correction de devers, malgré l'intention de l'opérateur, n'est pas à niveau de 6,04°.

L'utilisation de ce type de véhicule est polyvalente, mais présente tout de même des limites importantes. De toute évidence, lorsque le véhicule est modifié par l'ajout d'un contrepoids et d'une plate-forme et qu'il est utilisé pour lever du personnel, alors que son utilisation est dangereuse, les pentes, ainsi que le sol du terre-plein des autoroutes 55 à Windsor n'ont pas permis d'assurer sa stabilité.

Cette cause est retenue.

#### **4.3.3 La gestion de la santé et de la sécurité du travail en ce qui a trait au choix de l'équipement d'accès à la structure lors de l'inspection du pont est déficiente.**

On entend par la gestion de la santé et de la sécurité l'ensemble des activités de planification, d'organisation, de direction et de contrôle nécessaires pour qu'un milieu de travail soit sécuritaire pour les travailleurs qui y œuvrent.

À cet effet, le Ministère a établi que l'inspection d'une structure doit commencer par l'examen de son environnement immédiat et que pour ce faire, l'équipe d'inspection doit notamment identifier les éléments qui pourraient nuire à une inspection sécuritaire afin d'établir la procédure appropriée pour limiter ou éliminer les risques. Le *Manuel d'inspection des structures* précise que l'équipement d'accès nécessaire à l'inspection est particulier à chaque structure et que l'équipement le plus approprié doit donc être déterminé lors de la planification de l'inspection.

Relativement à l'utilisation de véhicules sur roue, le Ministère a déterminé différents moyens de prévention reliée aux risques identifiés lors de leur utilisation. On doit notamment :

- S'assurer que tout appareil de levage utilisé sur un chantier n'a pas été modifié sans une attestation signée et scellée d'un ingénieur indiquant que cette modification offre une sécurité équivalente à celle de cet appareil à l'état neuf;
- S'assurer de l'entretien préventif du véhicule et redoubler de prudence lorsque le véhicule est équipé d'accessoires;
- Vérifier le manuel du fabricant pour savoir jusqu'à quel degré de pente la machine peut être manœuvrée en toute sécurité;
- Vérifier l'aire de travail au sol et s'assurer d'avoir un sol suffisamment ferme et compacté;
- Être certain que le véhicule est sur un terrain ferme et plat;
- Prendre connaissance de la disposition des lieux afin d'y déceler les zones périlleuses (talus, pentes, terrain, etc.).

Pour l'entreprise CIMA+, son programme de prévention précise que toutes les règles de sécurité relatives aux tâches exécutées doivent être appliquées. Il spécifie également que les équipements utilisés doivent être constamment tenus en bon état et appropriés au type de travail effectué.

À cet effet, on doit rendre disponible sur les lieux de travail l'équipement nécessaire et conforme à la réalisation sécuritaire du travail à effectuer en plus d'informer tous les travailleurs des dangers inhérents au type de travail à effectuer et des mesures préventives. Le devis utilisé par la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ pour les firmes privées précise que le prestataire de service (l'entreprise CIMA+) est réputé s'être rendu sur les lieux de chacun des ponts prévus au mandat afin de prendre connaissance des conditions existantes.

Plus spécifiquement, dans son analyse de risque, l'entreprise CIMA+ indique que tout véhicule utilisé doit être vérifié par une personne compétente avant son utilisation initiale et périodiquement par la suite lorsqu'il est en usage et il doit également offrir après toute réparation ou changement de pièce une sécurité aussi grande qu'à l'état neuf. Pour ce faire, le véhicule ou l'appareil ne doit pas être modifié sans une attestation signée et scellée d'un ingénieur, voulant que cette modification offre une sécurité équivalente à celle de l'appareil à l'état neuf.

Finalement, en ce qui a trait à l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier, son *Programme de prévention* décrit les responsabilités de la direction qui doit informer le responsable et les travailleurs au chantier du contenu des planifications sécuritaires, rendre disponibles sur les lieux du travail tous les matériaux et équipements nécessaires à la réalisation sécuritaire des travaux et faire respecter les planifications sécuritaires et le programme de prévention du maître d'œuvre. À cet effet, son *Programme de prévention* traite des dangers et des moyens de préventions reliées à l'utilisation des plates-formes élévatrices et des chariots élévateurs, notamment le fait de s'assurer que les lieux d'utilisation présentent une surface ferme et de niveau et sont exempts de dangers tels que fossés ou pentes abruptes, de déterminer et définir les voies de circulation et les trajets nécessaires au déplacement des véhicules, de vérifier l'état et la résistance des sols le long du parcours et aux endroits des manœuvres, principalement à la suite de forte pluie.

À la lecture des paragraphes précédents concernant la gestion de la santé et de la sécurité reliée à l'inspection des structures des trois organisations impliquées dans l'accident, nous pourrions croire que toutes les mesures sont prises pour assurer la sécurité des travailleurs qui œuvrent sur les projets.

Cependant, malgré toutes les mesures prévues, le véhicule Merlo de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier a été introduit à la direction territoriale de l'Estrie du MTQ par un concours de circonstances en 2006, alors qu'il était difficile d'accéder à une structure et utilisé depuis, sans que jamais il n'y ait eu d'analyse complète, notamment en ce qui a trait à la conformité du véhicule et de ses équipements, ainsi qu'à ses limitations.

Bien que cette analyse n'ait jamais été effectuée en 2006, les directives établies par le Ministère et l'entreprise CIMA+ auraient dû, si elles avaient été appliquées en 2013, déceler des problématiques en lien avec le véhicule Merlo de l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier ou du terrain sur lequel allait être opéré ce véhicule.

Une brève analyse aurait été en mesure de déceler que l'utilisation de ce véhicule sur le site de l'accident était dangereuse et ne respectait ni les recommandations du fabricant ni les prescriptions normatives. En effet, le véhicule Merlo est choisi et utilisé, alors qu'il est notamment muni d'un contrepoids artisanal sans l'autorisation écrite de son fabricant, qu'il est muni d'une plate-forme de levage qui ne lui est pas compatible (véhicule exempt de la prédisposition nacelle et plate-forme hors dimension), que les pentes présentes sur le site et sur lequel est utilisé le véhicule sont au-delà des recommandations du fabricant et que le site présente une zone marécageuse arrosée par la pluie des jours précédents.

Malgré tout, la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ choisit ce véhicule pour accéder à la structure du pont et le fournit à l'entreprise CIMA+ qui l'utilise sans analyse. Les deux organisations font fi de leurs procédures respectives et s'en remettent à l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier pour assurer la sécurité de leurs travailleurs, alors que ce dernier est convaincu que son véhicule et son utilisation sur ce site sont sécuritaires.

Au bilan des mesures de préventions analysées auprès des trois organisations, les risques et les dangers reliés à l'utilisation de ce véhicule étaient en grande partie couverts. Ils n'ont toutefois pas été considérés dans le choix et dans l'utilisation de cet équipement sur le site de l'accident.

Une analyse de risque et une planification rigoureuse de l'inspection en ce qui a trait au choix de l'équipement auraient permis d'éviter cet accident.

Cette cause est retenue.

## SECTION 5

### 5 CONCLUSION

#### 5.1 Causes de l'accident

1. Le positionnement de la plate-forme par un chariot élévateur modifié alors que celui-ci se situe dans une forte pente et à proximité d'une zone marécageuse provoque son renversement.
2. L'utilisation du véhicule non conçu pour soulever du personnel auquel ont été ajoutés une plate-forme et un contrepoids est dangereuse.
3. La gestion de la santé et de la sécurité du travail en ce qui a trait au choix de l'équipement d'accès à la structure lors de l'inspection du pont est déficiente.

#### 5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 16 octobre 2013, la CSST autorise M. « E » à utiliser le véhicule puisqu'il a suivi une formation telle qu'exigée. Également, la CSST autorise à l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier, l'utilisation du chariot élévateur, à la suite de son inspection et des réparations qui assurent son fonctionnement sécuritaire (rapport RAP0897395).

Le 3 décembre 2013, la reprise des travaux d'inspection du pont est autorisée par la CSST à la suite de la réception d'une procédure de travail sécuritaire produite par la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ. De plus, une dérogation est émise à la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ. Cette dernière exige la mise en place de méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques reliés aux choix et à l'utilisation d'un équipement lorsque des travailleurs accèdent à une structure pour en effectuer l'inspection (rapport RAP0891069).

Le 12 décembre 2013, une dérogation identique est adressée au bureau de Sherbrooke de l'entreprise CIMA+ (rapport RAP0891070).

Le 30 avril 2014, la dérogation adressée à la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ est corrigée, l'établissement ayant mis en place des mesures à cet effet (rapport RAP0891075). À ce moment, la Direction territoriale de l'Estrie du MTQ nous informe de leur intention de ne plus utiliser le véhicule Merlo comme moyen d'accès pour l'inspection de structure. Des mesures de contrôle pour effectuer le choix de l'équipement d'accès ont également été mises en place.

Le 27 mai 2014, la dérogation émise au bureau de Sherbrooke de l'entreprise CIMA + est effectuée. Les correctifs mis en place sont étendus à l'ensemble des établissements de l'entreprise situés au Québec (rapport RAP0897467).



Le contrepoids et la plate-forme de levage ont été retirés du véhicule par l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier. La plate-forme de levage est actuellement démantelée pour réparation. La plate-forme est toujours interdite d'utilisation puisqu'aucune attestation de conformité, à la suite des réparations, n'a été soumise à la CSST. De plus, aucune attestation du fabricant ou de l'un de ses représentants, de la compatibilité entre cette plate-forme et ce véhicule, ne nous a été soumise. Il en va de même pour le contrepoids artisanal. Ainsi, ces deux équipements ne peuvent toujours pas être utilisés avec le véhicule, ou vendus avec le véhicule. Sous les présentes réserves, le 3 juin 2014, la CSST a autorisé l'entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier à vendre le véhicule Merlo (rapport RAP0897470).

### **5.3 Recommandations**

Afin d'éviter qu'un tel accident ne se reproduise, la CSST demande aux associations suivantes d'informer leurs membres des conclusions de cette enquête :

- L'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec;
- L'Association de la construction du Québec;
- L'Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec;
- L'Association des ingénieurs-Conseils du Québec.

## **ANNEXE A**

### Liste des accidentés

**ANNEXE A**

## Liste des accidentés

**Inspecteur décédé :**

**Nom, prénom** : **Monsieur « I », ing.**  
Sexe : Masculin  
Âge : ---- ans  
Fonction habituelle : ----  
Fonction lors de l'accident : Inspecteur ingénieur de l'équipe d'inspection  
Expérience dans cette fonction : ----  
Ancienneté chez l'employeur : ----

**Inspecteur blessé :**

**Nom, prénom** : **Monsieur « F », ing.**  
Sexe : Masculin  
Âge : ---- ans  
Fonction habituelle : ----  
Fonction lors de l'accident : Inspecteur de l'équipe d'inspection  
Expérience dans cette fonction : ----  
Ancienneté chez l'employeur : ----

**Opérateur du véhicule :**

**Nom, prénom** : **Opérateur**  
Sexe : Masculin  
Âge : ---- ans  
Fonction habituelle : ----  
Fonction lors de l'accident : Opérateur du véhicule Merlo  
Expérience dans cette fonction : ----  
Ancienneté chez l'employeur : ----

## **ANNEXE B**

Liste des témoins et des autres personnes rencontrés

**ANNEXE B**

## Liste des témoins et des autres personnes rencontrés

**Personnes rencontrées**Ministère des Transports du Québec, direction territoriale de l'Estrie

- Mme Marie-France Bergeron, ing., chef du Service des inventaires et du plan
- M. André Côté, ing., responsable de l'inspection, Service des inventaires et du plan
- M. Daniel Paquette, technicien principal aux travaux publics, Service des inventaires et du plan
- Mme Francine Douville, chef du service conseillère en ressources humaines, soutien à la gestion
- Mme Élane Proulx, agente de recherche et de développement socio-économique, responsable SST
- Mme Geneviève Boursier-Reid, conseillère en ressources humaines, responsable SST

Entreprise CIMA+ S.E.N.C.

- M. « F », ing., bureau de Sherbrooke
- M. « H », bureau de Sherbrooke
- Mme « K »
- Mme « L »
- M. « B », bureau de Sherbrooke

Services EXP inc.

- M. « M »

Entreprise Construction Jean-Pierre Lauzier inc.

- M. « E »

Manulift E.M.I. Ltée

- M. « N »
- M. « O »

Les équipements R.M. Nadeau

- M. « P »
- M. « Q »
- M. « R »

Inspect-Sol inc.

- M. Kamel K. Hamouche, ingénieur
- M. « S »

Technorm inc.

- M. Jean-Claude Bégin, ing., directeur expertise technique

Prolad Experts inc.

- M. Olivier Bellavigna-Ladoux, ingénieur
- M. Serge-André Meunier, ingénieur

Commission de la santé et de la sécurité du Québec (CSST)

- M. Henri Bernard, ing., expert chariot élévateur

**Personnes contactées :**

CIMA+ S.E.N.C.

- M. « A » du bureau de Sherbrooke
- M. « J » du bureau de Sherbrooke

Ministère des Transports du Québec, direction territoriale de l'Estrie

- M. Gilles Bourque, directeur de la direction territoriale

Témoin de la route

- M. « T », témoin visuel de la route et premier secours
- M. « U », témoin visuel de la route et premiers secours

Signalisation de l'Estrie inc.

- M. « V »
- M. « W »

Services EXP inc.

- M. « X »

Merlo, S.P.A. (Italie)

- M. « Y »
- M. « Z »
- M. « AA »

## **ANNEXE C**

Les modèles de véhicules 30.6 et 30.9 de la gamme multifarmer de Merlo

**ANNEXE C****Les modèles de véhicules 30.6 et 30.9 de la gamme multifarmer de Merlo**

Les éléments qui suivent sont appuyés par la fiche technique du fabricant Merlo disponible sur Internet (réf. bibliographique). Le distributeur Manulift a également été rencontré afin d'éclaircir ces informations. Les informations communiquées par le distributeur ont également été validées auprès du fabricant Merlo en Italie. Un résumé est présenté au tableau 6.

En date de l'accident, les modèles de la gamme multifarmer de Merlo, le 30.6 et le 30.9 sont disponibles en deux versions: Top2, munis de la gestion électronique MERlin® et Classic2 muni d'un système de commande traditionnel.

La série Top2 possède un combiné d'instruments en technologie digitale avec des indicateurs analogiques pour le contrôle des paramètres opérationnels de la machine. Le système MERlin® permet la visualisation en temps réel de tous les paramètres de fonctionnement de la machine, y compris les fonctions de sécurité. Les modèles de la série Classic2 sont dotés de tableau de bord et d'indicateurs lumineux de type traditionnel. Les séries Top et Classic ne se vendent plus depuis une dizaine d'années. Comme la série Classic2, ils ne sont pas munis du système MERlin®. Le modèle du véhicule Merlo utilisé lors de l'accident est le multifarmer 30.9 de la série Classic de 2004, acheté en 2006.

Voici des exemples d'utilisation de ces séries de véhicules :



Figure 24 : Manutentionner  
(Source : Fiche technique de Merlo)





Figure 25 et 26 : Nettoyer (à gauche); Remorquer (à droite)  
(Source : Fiche technique de Merlo)

L'ensemble de ces véhicules, série Classic, Top, Classic2 et Top2 sont munis d'un système de contrôle de la stabilité longitudinale. Il s'agit d'un système de contrôle antirenversement frontal. Ce système assure automatiquement le blocage des mouvements du bras télescopique, sauf la rentrée et la direction, et ce, dès l'approche d'une condition opérationnelle à la limite de la stabilité de la machine. L'opérateur en est informé par une alerte sonore et lumineuse. Ce système est actionné lorsque le dispositif détecte que la charge sur le pont arrière atteint la valeur minimale autorisée.

Les trois éléments qui composent le bras télescopique sur le modèle 30.9 (deux sur le multifarmer 30.6) sont constitués de deux tôles d'acier en U, soudées entre elles, avec coulissement des éléments sur patins antifriction réglables. Un dispositif hydraulique de déploiement des éléments commande le mouvement simultané et progressif du bras télescopique. La vitesse de déploiement du bras est limitée au régime maximum du moteur. Le fabricant Merlo estime la vitesse maximale moyenne d'extension du bras télescopique à 0.44 m/s, ce qui signifie qu'environ 10 secondes sont nécessaires à sa pleine extension. Tous les éléments, les canalisations hydrauliques et les câbles électriques sont montés à l'intérieur du bras. Il s'agit d'un dispositif hydraulique d'accrochage/décrochage commandé depuis la cabine. Le service hydraulique permet l'actionnement des outils avec fonctions hydrauliques.

Selon la charte de levage que l'on retrouve dans le manuel du fabricant du modèle 30.9 Classic, la hauteur maximale de levage de ce modèle est de 8,55 m (env. 28 pi) et la portée maximale est de 5,6 m (env. 18 pi). De plus, la charge maximale est de 3 000 kg, la charge à hauteur maximale est de 2 500 kg et la charge à portée maximale est de 600 kg. Il en est de même pour le modèle 30.9 Classic2 et Top2.

Le bras télescopique est actionné au moyen du levier de commande multifonction, avec commande proportionnelle du télescopage et des services auxiliaires. Le levier de commande permet à l'opérateur d'actionner les principaux mouvements du bras télescopique sans devoir déplacer la main.



Figure 27 : Le levier de commande et le tableau de bord du véhicule impliqué dans l'accident  
(Source : CSST)

Un système d'attache à trois points situé à l'arrière du véhicule permet l'attelage d'équipements. Ce système permet le positionnement longitudinal et l'inclinaison de l'équipement qui y est installé. Sa capacité de charge est de 4 300 kg.

La surface vitrée de la cabine permet une visibilité panoramique sur 360°.



Figure 28 : Visibilité panoramique 360°  
(Source : Fiche technique de Merlo)

Le frein de stationnement, à disque indépendant, est situé sur l'arbre principal de transmission. Il est du type à blocage automatique dès la coupure du moteur diesel avec déblocage successif lors du démarrage. En toute situation, l'opérateur peut actionner le blocage du frein de stationnement.

Les essieux sont de conception et réalisation Merlo. Les ponts oscillants sont de type en portique, c'est-à-dire que leur essieu longitudinal est décalé vers le haut par rapport à l'essieu horizontal des roues de manière à permettre, à parité de pneus, une distance du sol supérieure à celle que l'on obtient avec les ponts de type traditionnel. Les deux essieux de la machine peuvent osciller et sont sélectivement blocables.

Quand les exigences de travail requièrent l'utilisation du bras télescopique, l'essieu arrière peut osciller alors que l'avant est bloqué. En revanche, en configuration tracteur, l'oscillation de l'essieu arrière est bloquée tandis que l'essieu avant peut osciller. En toute situation, quand le bras télescopique est levé au-delà de l'angle de sécurité admis, l'essieu avant se bloque automatiquement pour garantir la stabilité maximale du véhicule. En fonction des exigences opérationnelles, on peut aussi sélectionner le blocage simultané des deux essieux, mais uniquement sur la version Top2.

Une commande dans la cabine permet aussi à l'opérateur de commander l'oscillation des essieux pour corriger selon les nécessités l'inclinaison transversale du châssis. Il s'agit du correcteur de devers transversal. La correction se fait par l'opérateur à partir de la cabine et est évaluée à l'œil, avec un niveau à bulle intégré au tableau de bord. Si le bras télescopique est soulevé au-delà de la limite de sécurité, l'actionnement du correcteur de devers est interdit par un dispositif spécial.

Le fabricant offre des modèles de véhicule avec ou sans prédisposition nacelle. La prédisposition nacelle est une option de conception, elle ne peut pas être ajoutée sur un véhicule par la suite. La prédisposition nacelle est offerte sur les modèles des séries Top, Classic2 et Top2. Elle est disponible sur la série Classic depuis 2005. Le véhicule Classic utilisé lors de l'accident est un modèle sans prédisposition nacelle.

Les véhicules de série Classic, Top, Classic2 et Top2 à prédisposition nacelle sont conçus avec une nacelle d'un poids de 200 kg, d'une capacité de charge de 200 kg et permettant un maximum de deux personnes. La prédisposition nacelle sur le véhicule permet de connecter hydrauliquement et électriquement la plate-forme au véhicule, à partir du système de connexion du bras télescopique. La plate-forme est ainsi reliée au système de sécurité intégré du véhicule. La charte de levage de personnel qui est moindre que celle utilisée pour lever une charge est intégrée au système de sécurité.

Sur ce véhicule doté de la prédisposition nacelle, la limite maximum de pente autorisée par le fabricant lorsqu'il est utilisé avec sa plate-forme de levage est de 5 % ( $2,86^\circ$ ), aussi bien dans un sens longitudinal que transversal. De plus, la plate-forme possède un dispositif de sécurité qui empêche les mouvements du bras télescopique aux abords des valeurs de pente autorisées. Dans un premier temps, à partir du moment où la plate-forme est inclinée de  $4^\circ$  (avec un facteur d'erreur de  $\pm 3^\circ$ ), une pré-alerte sonore intermittente s'actionne. À ce stade, les commandes du bras télescopique restent actives. Si la plate-forme est inclinée de  $7^\circ$  ( $\pm 3^\circ$ ), les dispositifs sonores et lumineux s'actionnent et seuls les mouvements de rentrée et de descente du bras télescopique restent possibles.

La seule plate-forme de 200 kg prévue sur les séries de véhicules Classic, Top, Classic2 et Top2 du modèle multifarmer 30.6 et 30.9 à prédisposition nacelle peut être mise à niveau par un ajustement longitudinal lors de sa mise en place, mais ne peut plus être ajustée par la suite. Elle ne peut pas être ajustée latéralement lors de son utilisation. C'est la correction de devers, si elle est adéquate, qui permet la mise à niveau latérale de la plate-forme. La fonction permet d'incliner la machine et donc l'outillage qui lui est relié, en rapport au terrain sur lequel elle opère.

La charte de levage intégrée au système de sécurité des véhicules à prédisposition nacelle permet le déplacement de la plate-forme sur l'ensemble des déplacements du bras télescopique, incluant l'extension et la hauteur maximale. Il est supposé que la limite de charge de la plate-forme est respectée. La figure suivante présente la charte de levage de personnel du modèle de la gamme de véhicules Merlo multifarmer de la série Classic à prédisposition nacelle

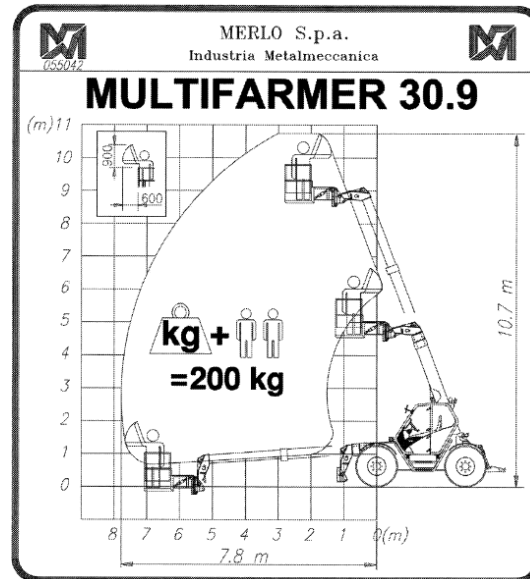


Figure 29 : Charte de levage de personnel  
de la gamme de véhicules Merlo multifarmer de la série Classic à prédisposition nacelle  
(Source : Fabricant Merlo)

Sur les véhicules à prédisposition nacelle, l'opération du bras télescopique s'effectue soit à partir de la cabine, soit à partir de la plate-forme qui est munie d'un panneau de commande. L'activation de l'un de ces systèmes de commande désactive l'autre. Lorsque le bras télescopique est déployé, le déplacement du véhicule sur ces roues est bloqué. Si le frein de stationnement n'est pas apposé, le déploiement du bras télescopique est bloqué. Il n'y a pas de système de communication entre le personnel de la plate-forme et l'opérateur de la cabine.

Le panneau de commande de la plate-forme est également muni d'avertisseurs lumineux et sonores. Il est également muni d'un klaxon et d'une clé de contact pour démarrer ou arrêter le moteur du véhicule. Le levier de commande permet l'extension et la rétraction du bras télescopique, ainsi que son inclinaison. Sur le levier de commande, un bouton de validation de type homme mort doit être maintenu pour permettre les manœuvres du bras télescopique. Ce dernier dispositif empêche une manipulation accidentelle du bras télescopique.

Le distributeur Manulift vend également des plates-formes à fourche qui peuvent, au Québec, être installées sur les véhicules Merlo avec ou sans prédisposition nacelle, et ce simplement s'ils sont munis de fourches de levage.

Certains modèles de véhicule Merlo autre que les modèles multifarmer 30.6 et 30.9 sont munis de pattes stabilisatrices. Également, d'autres modèles sont munis d'une plate-forme plus grosse que celle de 200 kg prévue sur ces modèles de véhicules à prédisposition nacelle, notamment de la plate-forme PTE.ZM2 de 560 kg. Cette dernière peut comme la plate-forme de 200 kg être inclinée longitudinalement à l'installation, mais elle peut aussi, contrairement à celle de 200 kg, être ajustée latéralement lors de son utilisation, à partir de la cabine, ou à partir de la plate-forme selon le dispositif de commande activé.

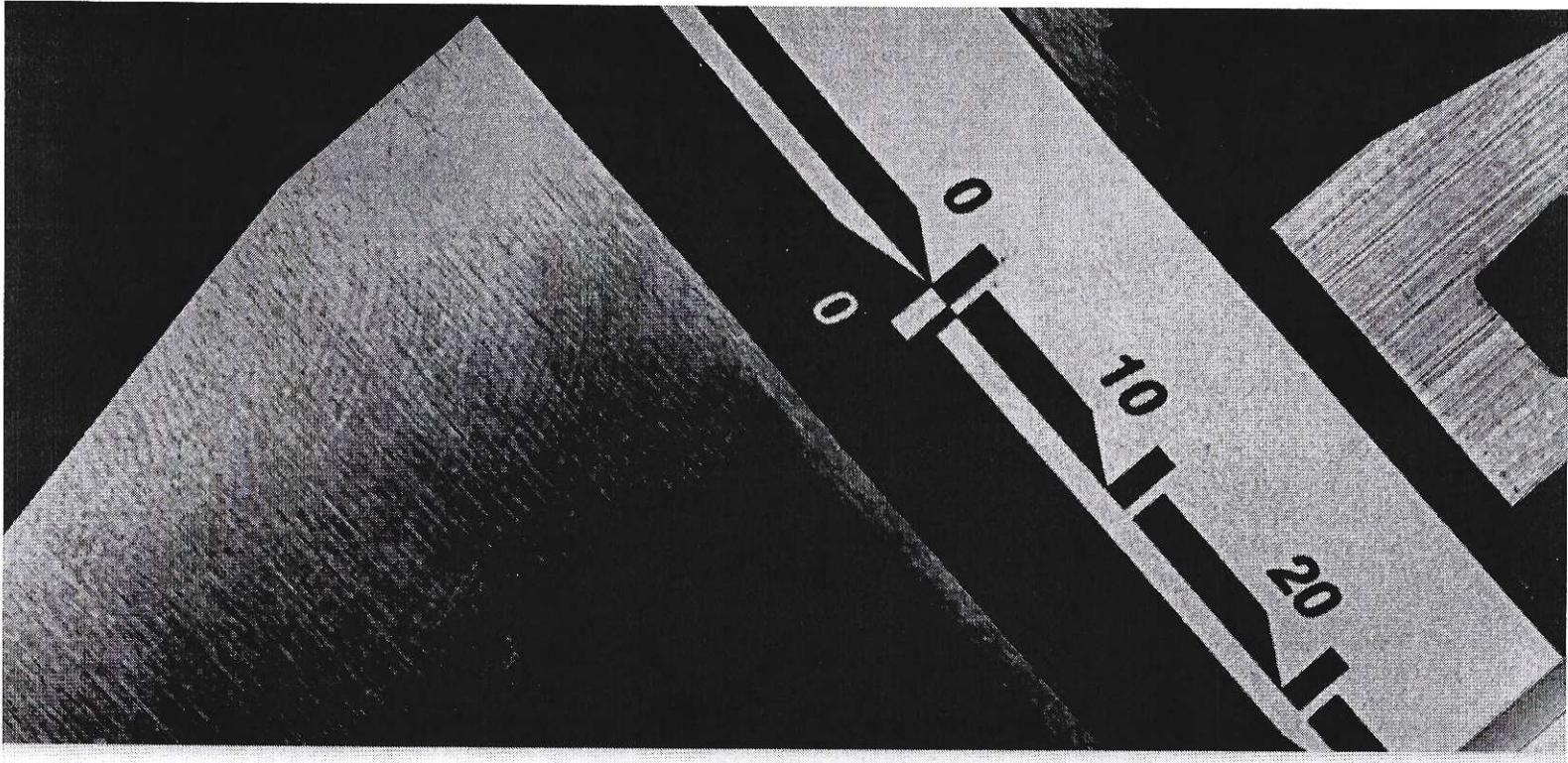
Dispositifs	<b>Multifarmer 30.6 et 30.9</b>			
	Classic	Classic 2	Top	Top2
Système MERlin®.	non	non	oui	oui
Prédisposition nacelle	Oui, à partir de 2005	oui	oui	oui
Nacelle	200 kg, à partir de 2005	200 kg	200 kg	200 kg
Essieux oscillants	avant ou arrière	avant ou arrière	avant ou arrière, ou les 2 bloqués	avant ou arrière, ou les 2 bloqués
Correcteur de devers	oui	oui	oui	oui
Système antirenversement longitudinal	oui	oui	oui	oui
Pattes stabilisatrices	non	non	non	non

Tableau 6: Dispositifs des séries Classic, Top, Classic2 et Top2  
sur la gamme multifarmer de Merlo 30.6 et 30.9  
(Source : Fabricant Merlo)

## **ANNEXE D**

Rapport d'expertise Inspec-Sol inc.



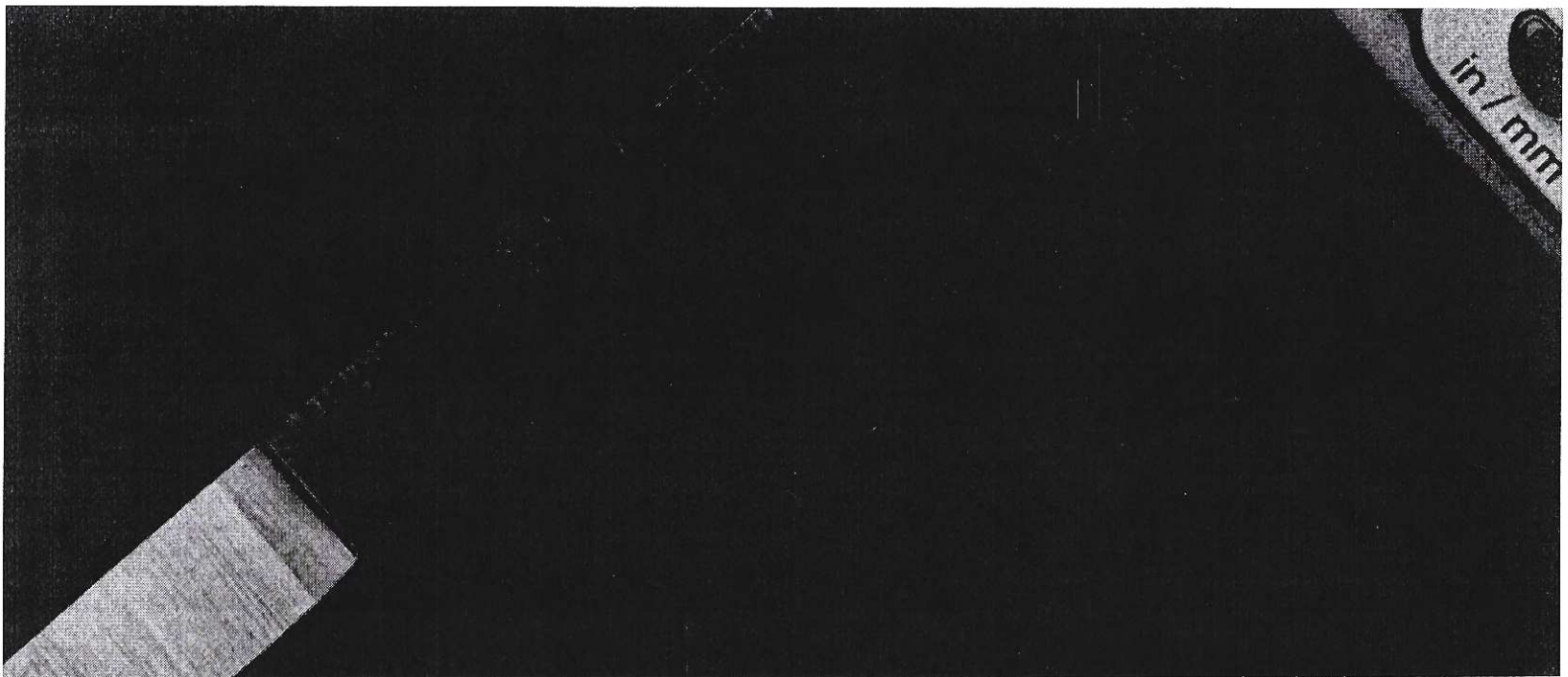


## RAPPORT : Q028149-A1



Commission de la santé et de la sécurité du travail - CSST  
Expertise géotechnique  
Accident – Renversement d'une tractrice agricole  
Autoroute 55 S – Sortie 71  
Windsor, Québec

1<sup>er</sup> octobre 2013



Québec, le 1<sup>er</sup> octobre 2013

Madame Bianka Vaillancourt  
Inspectrice  
Commission de la santé et de la sécurité du travail  
Direction régionale de Saint-Jean-sur-Richelieu  
145, boulevard Saint-Joseph  
Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec) J3B 6Z1

Objet : Expertise géotechnique  
Accident – Renversement d'une tractrice agricole  
Autoroute 55 S – Sortie 71  
Windsor, Québec

---

Madame,

C'est avec plaisir que nous vous transmettons notre rapport d'expertise géotechnique, Q028149-A1, relatif à l'accident mentionné en titre.

Nous vous remercions d'avoir retenu les services techniques et professionnels d'Inspec-Sol et nous espérons avoir le privilège de vous servir à nouveau dans le futur.

Notre objectif sera toujours de vous offrir un service à la mesure de vos attentes!

N'hésitez pas à communiquer avec nous pour tout renseignement complémentaire en composant le 418-658-0112.

Veillez croire, Madame à l'expression de nos sentiments les meilleurs.

**INSPEC-SOL INC**

 Kamel/K. Hamouche, ing., Ph.D.  
Directeur Géotechnique

KKH/mhp



**Commission de la santé et de la sécurité du travail  
(CSST)**

**Expertise géotechnique  
Accident – Renversement d'une tractrice agricole  
Autoroute 55 S – Sortie 71  
Windsor, Québec**

Date : **1<sup>er</sup> octobre 2013**


Réf. :

**Q028149-A1**

Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST)  
Direction régionale de Saint-Jean-sur-Richelieu  
145, boulevard Saint-Joseph  
Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec) J3B 6Z1

Expertise géotechnique  
Accident – Renversement d'une tractrice agricole  
Autoroute 55 S – Sortie 71  
Windsor, Québec

N/Réf. : Q028149-A1  
1<sup>er</sup> octobre 2013

  
Kamel K. Hamouche, ing., Ph.D.

Distribution : CSST – Mme Bianka Vaillancourt  
(Copie par courriel :

Le respect de l'environnement et la préservation de nos ressources naturelles sont des priorités pour Inspec-Sol inc. Dans cette perspective, nous imprimons nos documents recto-verso sur un papier 50 % recyclé.

## TABLE DES MATIÈRES

1.0	Introduction.....	1
2.0	Description du mandat.....	1
3.0	Description du site.....	2
4.0	Description des conditions lors de l'accident.....	2
4.1	Mise en situation.....	2
4.2	Caractéristiques de la tractrice.....	3
4.3	Topographie générale à l'emplacement de la tractrice lors de l'accident.....	4
4.4	Conditions climatiques.....	4
5.0	Travaux de reconnaissance.....	5
5.1	Travaux d'investigation géotechnique au site.....	5
5.2	Sondages au scissomètre portatif.....	5
5.3	Travaux de laboratoire.....	6
5.3.1	Essais standards.....	6
5.3.2	Essai de compression.....	7
6.0	Nature des sols.....	7
7.0	Eau souterraine.....	9
8.0	Analyses des données.....	9
8.1	Généralités.....	9
8.2	Observations de terrain.....	9
8.3	Surface de contact d'un pneu.....	9
8.4	Tassements.....	10
8.5	Capacité portante.....	11
9.0	Conclusion générale.....	11
10.0	Portées et limitations de l'étude.....	12
<hr/>		
Annexe I	Plans de localisation (plan n <sup>os</sup> Q028149-A1-1 et -2)	
Annexe II	Résultats des essais de laboratoire	
Annexe III	Dossier photographique	
Annexe IV	Données météorologiques – juin et juillet 2013	

## 1.0 Introduction

---

Les services professionnels d'Inspec-Sol inc. (**Inspec-Sol**) ont été retenus par madame Bianca Vaillancourt, inspectrice pour la Commission de la santé et de la sécurité du travail (**CSST**), afin de procéder à une expertise géotechnique à la suite du renversement d'une tractrice agricole à bras télescopique (**tractrice**) survenu sur le terre-plein séparant les autoroutes 55 S et 55 N dans le secteur de la sortie 71, à Windsor (Québec).

L'objectif visé par la présente expertise géotechnique est d'évaluer la contribution des conditions géotechniques des sols (surface de roulement) dans le renversement de la tractrice.

Le présent rapport contient les descriptions du site, de la tractrice, de la situation générale préalablement à l'accident, des travaux d'investigation et des sols en place. Une analyse des données recueillies et nos conclusions générales complètent ce rapport. En annexe, nous présentons les documents suivants :

- ◆ Annexe I : Plans de localisation montrant l'ensemble du site et l'emplacement des sondages réalisés (plans n<sup>os</sup> Q028149-A1-1 et -2);
- ◆ Annexe II : Résultats des essais de laboratoire;
- ◆ Annexe III : Dossier photographique;
- ◆ Annexe IV : Données météorologiques – Juin et juillet 2013

Ce rapport est assujéti à un certain nombre de conditions limitatives découlant de la nature inhérente aux profils géologique, géotechnique et hydrogéologique de tout site faisant l'objet d'investigations par sondages. La portée de l'étude réalisée et les limitations qui s'y appliquent sont énoncées à la fin du texte technique (section 10.0). Ces conditions limitatives font partie intégrante de ce rapport et le lecteur est prié d'en prendre connaissance afin de faciliter sa compréhension, son interprétation et son utilisation.

## 2.0 Description du mandat

---

Le mandat octroyé à **Inspec-Sol** consistait à analyser les conditions géotechniques des sols en place et à formuler des commentaires sur la contribution de ces conditions dans l'accident survenu.



### 3.0 Description du site

---

Le site à l'étude est situé dans le terre-plein entre les autoroutes 55 S et 55 N, au niveau de la sortie 71, dans la ville de Windsor (Québec). Il est d'une largeur d'environ 60 m. Il est en pente descendante de part et d'autre des autoroutes vers le centre du terre-plein, où on retrouve une zone marécageuse de forme vaguement ellipsoïdale et de largeur maximale de l'ordre de 8 m (longueur non mesurée). Les dénivelés entre les accotements des autoroutes 55 S et 55 N et la limite de la zone marécageuse sont respectivement d'environ 6 m et 2 m, correspondant à des pentes moyennes respectives de 18 % et 20 % (soit 10° et 11° par rapport à l'horizontale<sup>1</sup>). Dans la zone de l'accident, soit à l'ouest de la zone marécageuse, la pente est de l'ordre de 30 % (soit 17° par rapport à l'horizontale) sur une bande d'environ 15 m de largeur.

Les pentes du terre-plein sont recouvertes de végétation basse (herbe) dense et de quelques jeunes conifères disséminés. Dans la zone marécageuse, on retrouve une végétation typique de ce type de milieux (quenouilles et autres).

Un viaduc traverse l'autoroute 55 dans le secteur de la sortie 71. Ce viaduc est soutenu par deux (2) culées et deux (2) piliers fondés dans le terre-plein.

Le plan n° Q028149-A1-1 de l'annexe I montre la configuration globale du site. Les zones n°s 1 à 5 montrées sur le plan n° Q028149-A1-1 correspondent à l'itinéraire de la tractrice avant l'accident.

### 4.0 Description des conditions lors de l'accident

---

#### 4.1 Mise en situation

Selon les informations qui nous ont été transmises par les représentants de la CSST, le 2 juillet 2013, deux (2) personnes étaient dans une plate-forme pour procéder à l'inspection du viaduc traversant l'autoroute 55 au niveau de la sortie 71. Cette plate-forme était reliée à une tractrice agricole à bras télescopique de type 30.9 conduite par un opérateur. Alors que la plate-forme était relevée et en position pour permettre l'inspection du viaduc dans la zone située à l'ouest de la zone marécageuse, la tractrice s'est renversée entraînant le décès d'une (1) des deux (2) personnes présentes dans la plate-forme. L'accident s'est produit vers 13 h 15.

---

<sup>1</sup> La conversion entre la pente (en pourcentage) et l'inclinaison (en degré) se fait en utilisant la relation Inclinaison (°) = Arctangente (pente (%))

## 4.2 Caractéristiques de la tractrice

Les principales caractéristiques de la tractrice sont les suivantes :

- ♦ Poids : 8 100 kg (environ)
- ♦ Distance centre-à-centre entre l'essieu avant et l'essieu arrière : 2,70 m
- ♦ Distance entre l'extérieur des roues d'un même essieu : 2,25 m
- ♦ Pneus : 119 cm de diamètre et 44 cm de largeur
- ♦ Pression des pneus (mesurées sur la tractrice après l'accident) :
  - ♦ Avant gauche : 162 kPa (23,5 Psi)
  - ♦ Avant droit : 193 kPa (28 Psi)
  - ♦ Arrière gauche : 162 kPa (23,5 Psi)
  - ♦ Arrière droit : 183 kPa (26,5 Psi)

Les essais effectués après l'accident par les représentants de la CSST ont montré que sur un terrain plat et pour une plate-forme dans une position similaire à celle de l'accident, la répartition des charges sur les diverses roues sont telles qu'indiquées dans le tableau n° 1. Nous présentons également dans ce tableau une estimation des charges normales au terrain pour une tractrice sur un plan incliné à 30 %, soit dans la position précédant l'accident.

**Tableau n° 1**  
**Répartition des charges sur les roues**

Roue	Charges normales au plan d'appui			
	Sur terrain plat (mesurées) <sup>1</sup>		Sur terrain incliné de 30 % <sup>2</sup> (situation avant l'accident)	
	kg	kN	kg	kN
Avant droite	2 650	26,0	2 544	25,0
Avant gauche	2 900	28,4	2 784	27,3
Arrière gauche	1 250	12,3	1 197	11,7
Arrière droite	1 300	12,8	1 245	12,2

<sup>1</sup> : Ces données nous ont été transmises par les représentants de la CSST

<sup>2</sup> : Estimé selon la relation : Charge normale = Poids x cos ( $\alpha$ ) ( $\alpha$  étant l'inclinaison du plan)

### 4.3 Topographie générale à l'emplacement de la tractrice lors de l'accident

Lors de l'accident, la plate-forme était hissée d'environ 6 m et en position pour permettre l'inspection du viaduc dans la zone située à l'ouest de la zone marécageuse. La tractrice était orientée nord-ouest – sud-est et selon un axe à 15° (dans le sens horaire) de l'axe est-ouest. Selon les relevés topographiques des points marqués au sol par les représentants de la CSST et correspondant aux positions des roues avant l'accident, les diverses pentes décrivant la position de la tractrice avant son renversement sont les suivantes :

- ◆ Essieu avant : incliné selon une pente de 28 %
- ◆ Essieu arrière : incliné selon une pente de 23 %
- ◆ Roue avant gauche à roue arrière gauche : inclinaison de 21 %
- ◆ Roue avant droite à roue arrière droite : inclinaison de 18 %

La roue la plus proche de la zone marécageuse était la roue arrière droite. Selon les informations qui nous ont été transmises, l'opérateur de la tractrice a mentionné lors de son témoignage que les premiers mouvements précédant le renversement se sont fait ressentir dans le secteur de la roue arrière droite.

### 4.4 Conditions climatiques

Selon les informations recueillies auprès des services d'Environnement Canada, les précipitations, le 2 juillet 2013, dans la région de Sherbrooke<sup>2</sup> étaient de 2,6 mm<sup>3</sup>. Dans les journées précédant le 2 juillet, il était tombé un total cumulé de 39,2 mm de pluie pour les journées comprises entre le 28 juin et le 2 juillet. Ces données indiquent que le 2 juillet le site était humide en surface au moment de l'accident.

Le jour de la visite du site et de l'expertise géotechnique, soit le 11 juillet 2013, il était tombé 2,8 mm de pluie dans la matinée. Dans les journées précédant le 11 juillet, il était tombé un total cumulé de 15,4 mm de pluie pour les journées comprises entre le 6 et le 11 juillet.

Les données météorologiques indiquent qu'il est raisonnable de considérer que les conditions géotechniques (particulièrement les teneurs en eau) des sols en surface lors des prélèvements d'échantillons de sols étaient similaires à celles qui prévalaient le jour de l'accident.

---

<sup>2</sup> Station météorologique la plus rapprochée de Windsor.

<sup>3</sup> Voir données météorologiques des mois de juin et juillet 2013 à l'annexe IV.



## 5.0 Travaux de reconnaissance

### 5.1 Travaux d'investigation géotechnique au site

Pour répondre au présent mandat, seules les conditions des sols en surface devaient être définies et sur une épaisseur de l'ordre de quelques décimètres. Pour cela, six (6) sondages à la tarière manuelle de 10 cm de diamètre, identifiés TA-1 à TA-6, et un (1) sondage à la pelle manuelle (pelle ronde), identifié PM-1, ont été réalisés, le 11 juillet 2013, dans le secteur où s'est produit l'accident. Des échantillons remaniés (VR) ont été prélevés dans chacune des couches rencontrées dans les sondages à la tarière et un (1) échantillon intact a été prélevé dans le sondage PM-1 (voir section 5.3.2).

Les caractéristiques des divers sondages effectués sont présentées dans le tableau n° 2 ci-dessous alors que leur position est montrée sur le plan Q028149-A1-1 de l'annexe I. Les zones n°s 1 à 5 montrées sur ce plan correspondent à l'itinéraire de la tractrice avant l'accident.

**Tableau n° 2**  
**Caractéristiques des sondages réalisés**

Forage n°	Élévation du sol (m)	Profondeur atteinte (m)	Élévation correspondante (m)
TA-1	172,67	0,37	172,30
TA-2	172,58	0,40	172,18
TA-3	172,46	0,40	172,06
TA-4	173,30	0,35	172,95
TA-5	173,80	0,40	173,40
TA-6	174,36	0,25	174,11
PM-1	172,46	0,20	172,26

### 5.2 Sondages au scissomètre portatif

Au droit de chacun des sondages, des essais de scissomètre portatif ont été effectués pour estimer la résistance au cisaillement non drainé  $c_u$  de la couche superficielle. À titre informatif, la résistance au cisaillement représente la pression requise pour générer une rupture par cisaillement du sol. Les résistances au cisaillement ont été mesurées à des profondeurs de 0,1 m et 0,25 m.

### 5.3 Travaux de laboratoire

Tous les échantillons de sols prélevés lors des travaux d'investigation ont été acheminés au laboratoire d'InspeC-Sol de Québec afin d'être soumis à un examen visuel plus approfondi par un ingénieur spécialisé en géotechnique.

#### 5.3.1 Essais standards

Lors de l'examen visuel des sols au laboratoire, certains échantillons jugés pertinents ont été soumis aux analyses standards de laboratoire présentées au tableau n° 3 suivant.

**Tableau n° 3**  
**Caractéristiques des sondages réalisés**

Échantillon	Profondeur (m)	Essais réalisés
TA-1 / VR-02	0,27 – 0,35	Analyse granulométrique Analyses sédimentométriques Teneur en eau Limite de consistance
TA-2 / VR-01	0,0 – 0,17	Analyse granulométrique Analyses sédimentométriques Teneur en eau
TA-2 / VR-02	0,17 – 0,35	Analyse granulométrique Teneur en eau
TA-3 / VR-02	0,1 – 0,15	Teneur en eau
TA-4 / VR-01	0,1 – 0,15	Teneur en eau
TA-5 / VR-01	0,1 – 0,15	Teneur en eau
TA-6 / VR-01	0,1 – 0,15	Teneur en eau
PM-1 / VR-1	0,0 – 0,2	Essai de compression

Les fiches des essais de laboratoire sont présentées à l'annexe II et les résultats de ces essais sont discutés à la section 6.0 ci-dessous.

### 5.3.2 Essai de compression

Un (1) essai de compression a été réalisé sur un bloc échantillon (VR-01) intact soigneusement prélevé à l'aide d'une pelle manuelle dans le sondage PM-1. Cet échantillon a été prélevé à proximité de TA-2, soit près de la position de la roue arrière droite avant le renversement.

Cet essai n'est pas régi par une norme. Il a été réalisé pour simuler le comportement du sol en place sous une charge donnée afin d'évaluer la compressibilité de la zone superficielle (sur une épaisseur de 0,2 m). Pour cet échantillon de forme grossièrement cubique de 0,2 m de hauteur, 0,2 m de largeur et 0,2 m de longueur, des paliers de pressions de 200 kPa, 250 kPa, 300 kPa et 350 kPa ont été appliqués et le tassement primaire correspondant à chaque palier a été mesuré. La photographie n° 3 de l'annexe III montre l'échantillon VR-01 du sondage PM-1 en cours d'essai.

## 6.0 Nature des sols

---

Les sondages effectués ont montré que dans sa partie supérieure, le site était recouvert d'une couche de terre végétale gazonnée recouvrant un remblai (voir photo n° 4). Dans le secteur où s'est produit l'accident, la stratigraphie peut être de manière générale décrite tel que présenté dans le tableau n° 4. Les épaisseurs mesurées des diverses unités stratigraphiques varient de quelques centimètres d'un sondage à l'autre et les valeurs du tableau n° 4 représentent les épaisseurs moyennes.



**Tableau n° 4**  
**Caractéristiques des sondages réalisés**

Unité stratigraphique	Épaisseur (m)	Description
Terre végétale	0,15 m	<p>Essentiellement composée de sable et silt à sable silteux contenant des traces d'argile et de gravier (voir courbe granulométrique TA-2 / VR-01 à l'annexe II). La densité de racines présentes dans cette couche est importante et donne à cette couche une cohésion importante (voir photo n° 5).</p> <p>Les teneurs en eau de cette couche varient entre 40 % et 50 % dans le secteur à proximité de la zone marécageuse. Ces teneurs en eau diminuent de manière importante lorsqu'on s'éloigne de cette zone (elles sont de l'ordre de 20 % à 4 m de la zone marécageuse – sondage TA-6).</p> <p>Les résistances au cisaillement mesurées au milieu de cette couche dans le secteur de la zone marécageuse (TA-1 à TA-3) sont de l'ordre de 35 à 40 kPa.</p>
Remblai sablo-silteux	0,22 m	<p>Sable et silt à sable silteux contenant des traces d'argile et de gravier. (voir courbe granulométrique TA-2 / VR-02 à l'annexe II). Cette couche est similaire à la couche de terre végétale décrite à l'exception que les racines y sont absentes (ou peu nombreuses).</p> <p>Comme la couche de terre végétale, les teneurs en eau de cette couche varient entre 40 % et 50 % dans le secteur à proximité de la zone marécageuse puis diminuent progressivement lorsqu'on s'éloigne de cette zone (elles sont de l'ordre de 20 % à 4 m de la zone marécageuse).</p> <p>Les résistances au cisaillement mesurées au milieu de cette couche sont de l'ordre de 40 à 45 kPa dans le secteur de la zone marécageuse (TA-1 à TA-3). Lorsqu'on s'éloigne de cette zone (TA-4 à TA-6), les résistances au cisaillement augmentent et sont supérieures à 60 kPa.</p>
Remblai granulaire	À partir de 0,37 m de profondeur - épaisseur non mesurée	Remblai de sable graveleux silteux de compacité jugée lâche à moyenne.

## 7.0 Eau souterraine

---

Le 11 juillet 2013, l'eau dans la zone marécageuse était à l'élévation 172,45 m. Dans les sondages effectués en bordure de cette zone (TA-1, TA-2 et TA-3), l'eau souterraine était à la même élévation. Dans les autres sondages (TA-4 à TA-6), l'eau souterraine n'a pas été atteinte.

## 8.0 Analyses des données

---

### 8.1 Généralités

Les déformations des sols de fondation pouvant générer une déstabilisation d'une structure (ou véhicule) donnée peuvent être causées soit 1) par un tassement excessif des sols sous la charge appliquée ou alors 2) par une rupture par cisaillement généralisée si la pression appliquée par la structure excède la capacité portante des sols. Dans les paragraphes suivants, les déplacements potentiellement générés sous les charges imposées par la tractrice sont analysés pour chacune des causes mentionnées ci-dessus.

Il est à noter que la détermination précise des tassements (et des capacités portantes) dans le cas présent est complexe. En effet, le site à l'étude est recouvert de remblai à forte teneur en végétaux (racines). Les conditions géotechniques de tels matériaux sont variables autant d'un point à l'autre sur le site qu'en profondeur dans un même sondage. Il est par conséquent recommandé de considérer les valeurs numériques présentées dans les paragraphes suivants comme un ordre de grandeur plutôt que comme des valeurs absolues.

### 8.2 Observations de terrain

Lors de la visite des lieux, aucune marque évidente de déformation excessive ou de rupture n'a été notée dans le secteur des emplacements des roues avant l'accident.

### 8.3 Surface de contact d'un pneu

Il est généralement considéré que la surface de contact au sol d'un pneu est de forme circulaire. En considérant une surface plane, une pression de pneu comprise entre 162 kPa et 193 kPa et les charges présentées dans le tableau n° 1, la surface de contact<sup>4</sup> au sol varie entre 0,175 m<sup>2</sup> pour la roue avant gauche et 0,07 m<sup>2</sup> pour la roue arrière droite.

---

<sup>4</sup> Basé sur l'équation : Surface de contact S (m<sup>2</sup>) = Charge appliquée Q (KN) / pression du pneu P (KPa)



Pour un véhicule situé sur une surface inclinée à 30 %, et considérant les hypothèses du tableau n° 1, la surface de contact au sol varie entre 0,168 m<sup>2</sup> pour la roue avant gauche et 0,067 m<sup>2</sup> pour la roue arrière droite.

De telles valeurs de surface indiquent que le diamètre correspondant des surfaces de contact varie entre 0,46 m pour la roue avant gauche et de 0,29 m pour la roue arrière droite. L'épaisseur influencée par les surcharges est généralement de l'ordre de 1,5 à 2,0 *D*, *D* étant le diamètre de zone surchargée. Dans le cas à l'étude, les valeurs déduites des diamètres des zones de contact indiquent que l'épaisseur de la couche superficielle sollicitée par la charge d'une roue et susceptible de se comprimer est de l'ordre de 0,6 m.

#### **8.4 Tassements**

L'essai de compressibilité a été effectué sur un échantillon prélevé dans le secteur de la roue arrière droite et les résultats de cet essai sont applicables uniquement à l'emplacement de cette roue. Les résultats de cet essai sont présentés sur les planches n<sup>os</sup> II-1 et II-2 de l'annexe II. Ils montrent que sous une charge de 200 kPa, les tassements sont importants au début de la mise en charge, ils atteignent 20 mm rapidement (environ 2 à 2,5 minutes) puis atteignent 25 mm à la fin du tassement primaire (après une durée d'environ 5 minutes). Le tassement primaire mesuré après 5 minutes pour des pressions de 250, 300 et 350 kPa sont respectivement de 28 mm, 31 mm et 33 mm. Considérant les données de cet essai, le module de déformation instantanée de la couche superficielle est estimé à 1 500 kPa.

D'un point de vue qualitatif, les conclusions issues de cet essai sont que sous une charge appliquée, la couche de terre végétale gazonnée se comprime rapidement jusqu'à atteindre une valeur seuil après laquelle les tassements se poursuivent mais plus lentement et deviennent moins importants.

Dans le cas à l'étude, nous sommes d'avis que seule la terre végétale gazonnée et la couche de sable et silt à sable silteux avec des traces d'argile et de gravier sont sollicitées (voir section 8.3). Les tassements de la couche de remblai granulaire sous-jacente (sable graveleux) sont jugés négligeables. En considérant cette hypothèse, les dimensions de la surface de contact et la pression du pneu, les tassements de l'ordre de 50 mm pour la roue arrière droite auraient pu survenir dans les instants précédant l'accident. Pour les autres roues et considérant qu'elles étaient situées à des élévations supérieures et sur des matériaux à teneurs en eau moins élevées et donc moins compressibles, des tassements de l'ordre de 10 mm à 20 mm nous semblent raisonnables.

## 8.5 Capacité portante

La capacité portante ultime des sols contre la rupture par cisaillement estimée à partir des résultats des sondages au scissomètre est d'environ 250 kPa pour la roue arrière droite (soit celle dans la zone près du marécage) et de plus de 370 kPa pour les autres roues.

Considérant les charges appliquées par les roues dans la position de la tractrice avant le renversement, le coefficient de sécurité FS contre le cisaillement généralisé pour les roues avant est compris entre la valeur minimale de 1,37 pour la roue arrière droite et un maximum de 2,28 pour les roues arrière gauche et avant droite. Rappelons que le coefficient de sécurité correspond au rapport de la capacité portante ultime sur la pression appliquée. Un coefficient de sécurité supérieur à 1,0 indique des conditions stables alors qu'un coefficient de sécurité inférieur à 1,0 indique des conditions de rupture.

Les valeurs des coefficients de sécurité calculés sont supérieures à l'unité pour les conditions précédant le renversement de la tractrice et montrent que la rupture par cisaillement des sols de fondation et donc les déformations excessives susceptibles de générer le renversement de la tractrice sont à exclure.

## 9.0 Conclusion générale

Les observations visuelles et les résultats obtenus indiquent que les conditions géotechniques ne peuvent être à elles seules la cause principale du renversement de la tractrice, mais pourraient potentiellement y avoir contribué.

Les données recueillies indiquent que le renversement de la tractrice n'a pu être causé par rupture par cisaillement généralisé, c'est-à-dire à cause d'une capacité portante insuffisante des sols de fondation et cette cause n'est pas à considérer.

Considérant la variabilité des sols sous les roues, il n'est pas à exclure que lors de l'arrêt de la tractrice dans sa position finale et du levage subséquent de la plate-forme, la répartition des charges sur les diverses roues ait engendré des tassements différentiels entre les roues. Nous sommes d'avis que parmi les quatre (4) roues, la roue arrière droite est celle dont les mouvements (tassements) auraient été les plus importants puisque cette roue était près de la zone marécageuse dont les sols sont plus compressibles. Le tassement différentiel maximal entre les diverses roues est estimé à environ 40 mm. Ce fait confirme le témoignage de l'opérateur mentionné à la section 4.3 et stipulant que les premiers mouvements précédant le renversement se sont fait ressentir dans le secteur de la roue arrière droite.



À notre avis, un tel tassement différentiel (40 mm) ne suffit pas pour renverser une tractrice, sauf si l'équilibre de la tractrice sur la pente inclinée était déjà précaire. Le tassement différentiel a alors potentiellement engendré un déplacement du centre de gravité du système tractrice-plate-forme hors de l'état d'équilibre et contribué à son renversement.

## 10.0 Portées et limitations de l'étude

---

Le présent rapport s'adresse exclusivement à la CSST et aux autres parties identifiées explicitement dans ce rapport et l'utilisation de celui-ci par une tierce partie est interdite, sans le consentement écrit d'**Inspec-Sol** au préalable. En émettant le présent rapport, **Inspec-Sol** affirme être l'auteur de l'étude géotechnique pour le projet tel que décrit. Le rapport doit être pris comme un tout et doit inclure tous les plans et annexes correspondants. Aucune partie du rapport ne peut être utilisée séparément. Toute réutilisation ou redistribution non autorisée du rapport constitue un risque qui incombe uniquement au Client et à son destinataire et pour lequel Inspec-Sol ne peut être tenue responsable.

Les conclusions et recommandations formulées dans ce rapport sont basées sur notre compréhension actuelle du projet ainsi que sur l'utilisation, la topographie et les conditions actuelles du site, de même que sur la portée du mandat accordé par le Client et décrit dans le rapport. L'étude a été effectuée conformément aux règles et aux méthodes généralement reconnues par les professionnels en géotechnique qui pratiquent dans les mêmes conditions et la même région, et aucune autre interprétation n'est permise. Tout usage que pourrait en faire une tierce partie ou toute décision basée sur son contenu, prise par cette tierce partie, est la responsabilité de cette dernière.

Il est important de souligner qu'une étude géotechnique consiste en un échantillonnage aléatoire et ponctuel d'un site et que les commentaires et recommandations inclus dans ce rapport sont basés sur les résultats obtenus aux emplacements des sondages réalisés uniquement. Les conditions géologiques présentées aux emplacements sondés sont celles qui ont été observées au moment de la réalisation des sondages et peuvent toutefois être modifiées de façon significative par des travaux de construction (excavation, drainage, dynamitage, fonçage de pieux) sur le site ou sur les sites adjacents. Elles peuvent aussi être modifiées par l'exposition des sols et du roc à l'humidité, au séchage ou au gel. Les conditions de sol et d'eau souterraine entre les sondages et au-delà de l'endroit investigué peuvent varier autant en plan qu'en profondeur par rapport aux résultats obtenus à l'emplacement des sondages.

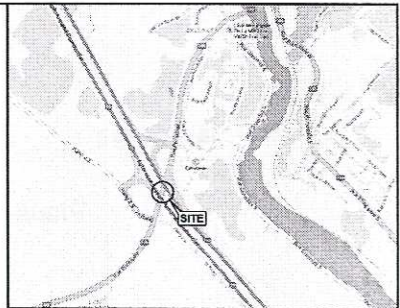
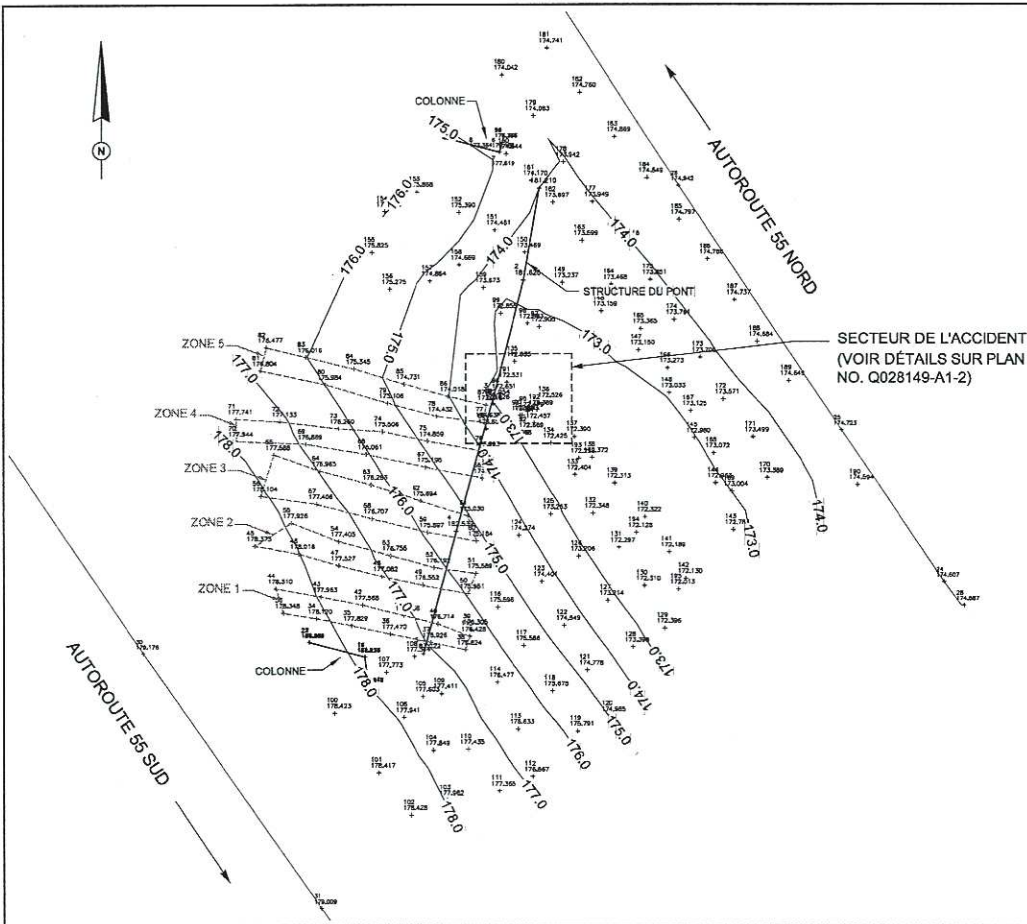
KKH/mhp



## **Annexe I**

---

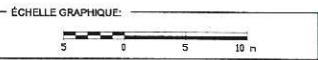
- ◆ Plans de localisation (plan n° Q028149-A1-1 et -2)



PLAN CLÉ

**LÉGENDE**

- ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
- COURBE DE NIVEAU
- ITINÉRAIRE DE LA TRACTRICE AVANT L'ACCIDENT

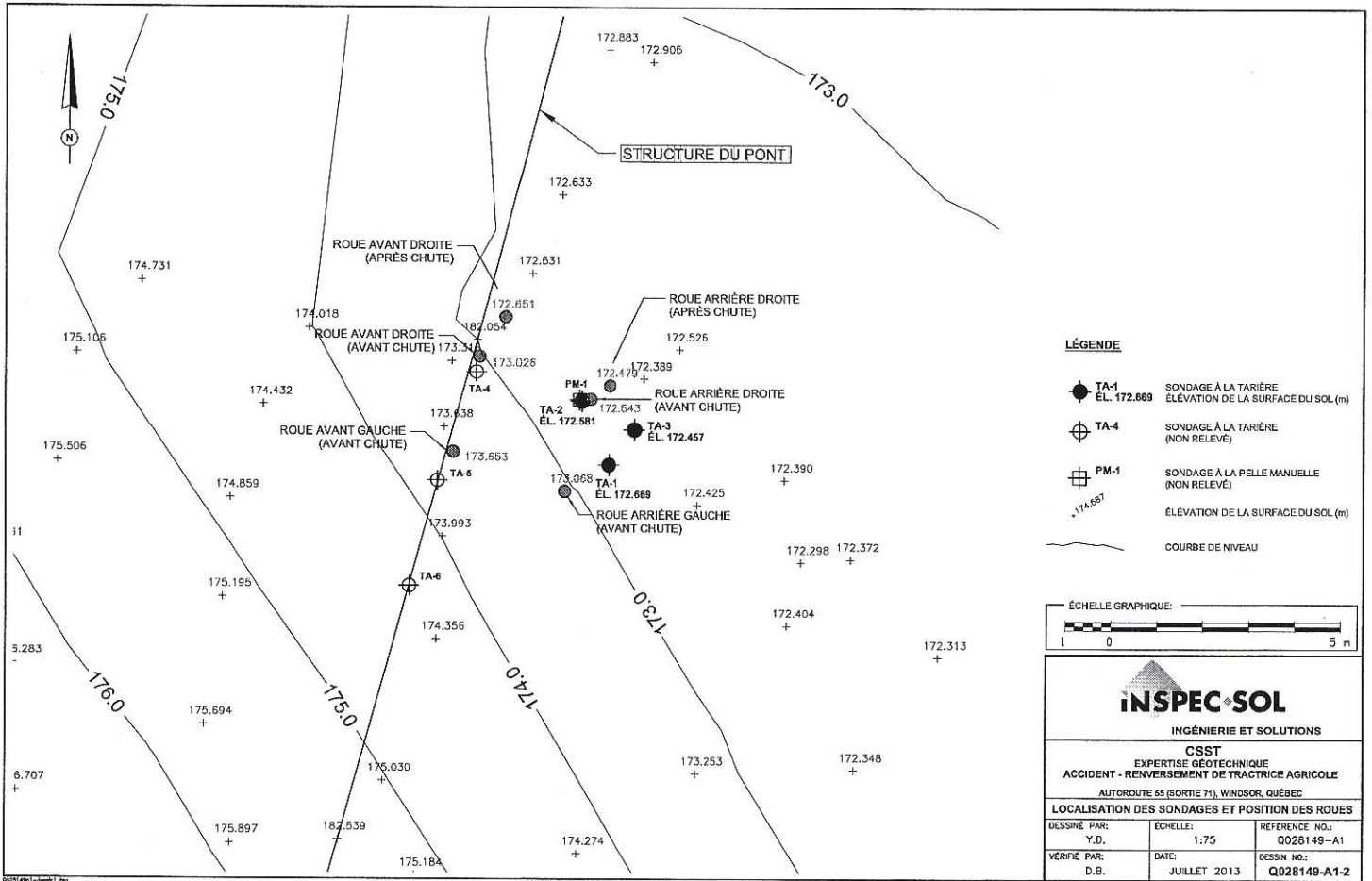


**INSPEC SOL**  
INGÉNIERIE ET SOLUTIONS

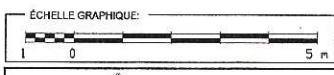
**CSST**  
EXPERTISE GÉOTECHNIQUE  
ACCIDENT - RENVERSEMENT DE TRACTRICE AGRICOLE  
AUTOROUTE 55 (SORTIE 71), WINDSOR, QUÉBEC

**RELEVÉ ALTIMÉTRIQUE**

DESSINÉ PAR: Y.D.	ECHELLE: 1:300	REFERENCE NO.:Q028149-A1
VERIFIÉ PAR: D.B.	DATE: JUILLET 2013	DESSIN NO.:Q028149-A1-1



- LÉGENDE**
- TA-1 SONDAGE À LA TARIÈRE  
EL. 172.669  
ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
  - ⊕ TA-4 SONDAGE À LA TARIÈRE  
(NON RELEVÉ)
  - ⊞ PM-1 SONDAGE À LA PELLE MANUELLE  
(NON RELEVÉ)
  - + 174.667 ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
  - COURBE DE NIVEAU



**INSPEC SOL**  
INGÉNIERIE ET SOLUTIONS

**CSST**  
EXPERTISE GÉOTECHNIQUE  
ACCIDENT - RENVERSEMENT DE TRACTEUR AGRICOLE  
AUTOROUTE 55 (SORTIE 71), WINDSOR, QUÉBEC

**LOCALISATION DES SONDAGES ET POSITION DES ROUES**

DESSINÉ PAR: Y.D.	ÉCHELLE: 1:75	RÉFÉRENCE NO.: Q028149-A1
VÉRIFIÉ PAR: D.B.	DATE: JUILLET 2013	DESSIN NO.: Q028149-A1-2

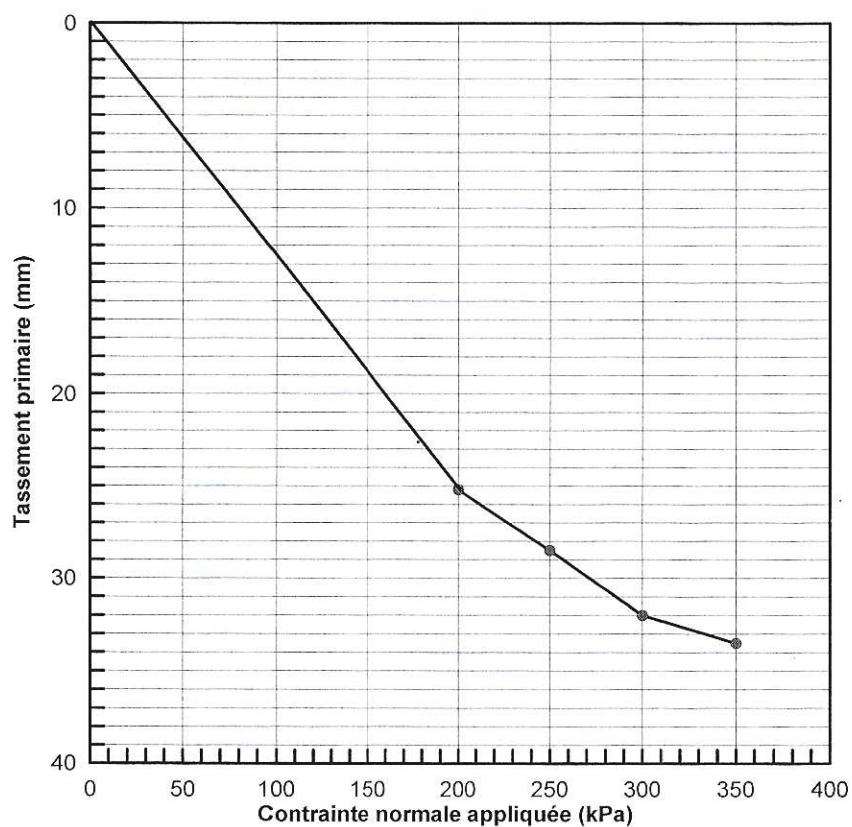
## Annexe II

---

- ◆ Résultats des essais de laboratoire

## Annexe II

## Expertise géotechnique - Essai de compression: Échantillon PM1



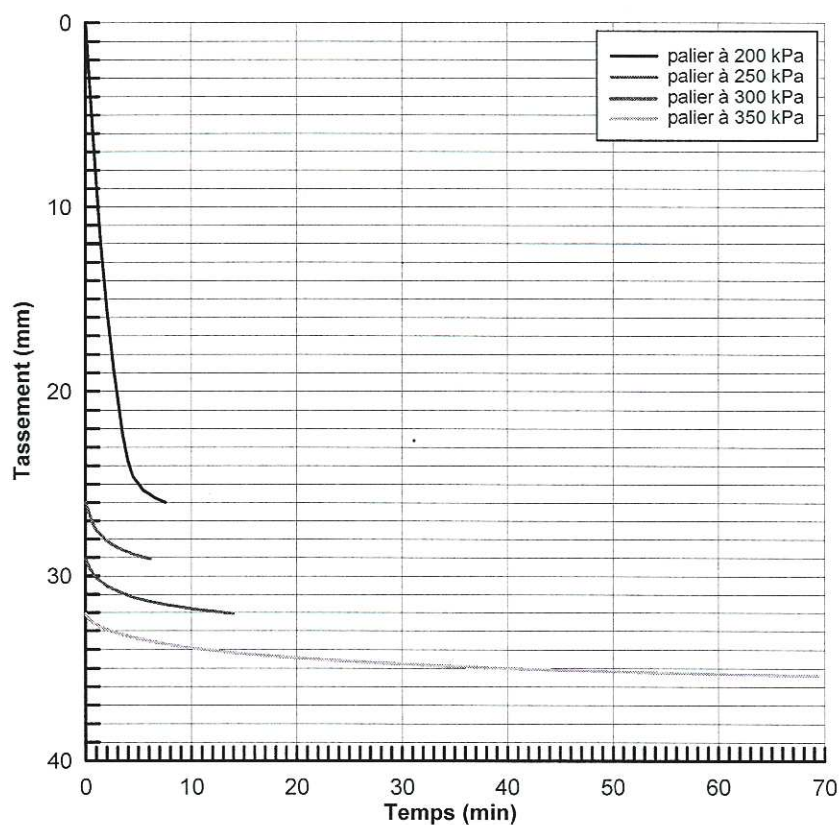
Bloc d'échantillon prélevé sur  
le terre-plein central  
dimensions : 20cm\*20cm\*20cm  
(voir photo n° 3)

Projet : Expertise géotechnique  
Site : Terre-plein central, autoroute 55 sud, sortie 71,  
Windsor, (QC)  
Client : CSST  
Date : 18 juillet 2013

Planche (No) : II-1

Projet (No) : Q028149-A1

## Annexe II Expertise géotechnique - Essai de compression: Échantillon PM1



Bloc d'échantillon prélevé sur le terre-plein central  
dimensions : 20cm\*20cm\*20cm  
(voir photo n°3)

Projet : Expertise géotechnique  
Site : Terre-plein central, autoroute 55 sud, sortie 71 (QC)  
Client : CSST  
Date : 18 juillet 2013

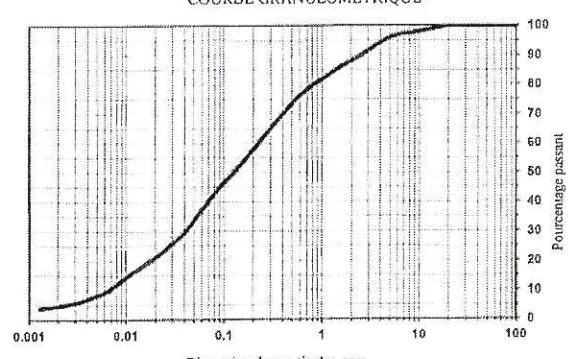
Planche (No): II-2

Projet (No) : Q028149-A1



<b>CLIENT:</b> COMMISSION DE LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS (CSST)  <b>PROJET:</b> NATURE DES SOLS EN PLACE ET ARPENTAGE. LIEU D'UN INCIDENT, AUTOROUTE 55, SHERBROOKE.	<b>PLANCHE NO:</b>  <b>PROJET NO:</b> Q028149-A1 <b>ÉCHANTILLON NO:</b> 210366 <b>DATE:</b> 2013-07-18
<b>Description du matériau:</b> SABLE ET SILT, TRACES D'ARGILE ET DE GRAVIER <b>Localisation du prélèvement:</b> VR-02, TA-1, PROFONDEUR : 0.27 À 0.35M <b>Provenance:</b> MATÉRIAU EN PLACE <b>Usage proposé:</b> <b>Prélevé par:</b> <span style="float: right;"><b>Date de prélèvement:</b></span>	

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																	
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.50 mm	1.25 mm	0.63 mm	0.315 mm	0.16 mm	0.08 mm	0.002 mm	
Résultats cumulatifs	100	100	100	100	100	100	99	98	96	90	84	77	66	54	43.0	4.8	
Résultats individuels																	
Exigences	min.																
	max.																

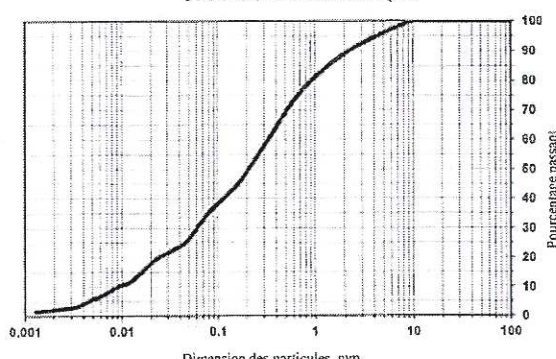
AUTRES ESSAIS	Résultats	ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255)	
		Résultats	
Teneur en eau	39.1 %	Masse volumique sèche maximale	N/A (kg/m <sup>3</sup> )
Limite liquide	29 %	Humidité optimale	(%)
Limite plastique	21 %	Proctor à 0% de pierre :	N/A kg/m <sup>3</sup>
Indice de plasticité	8	Facteur de correction:	N/A
Indice de liquidité	2.26	<b>COURBE GRANULOMÉTRIQUE</b> 	

% gravier	4%	Cu =	D85 = 1.4	D15 =
% sable	53%	Cc =	D60 = 0.2	D10 =
% silt	38.2%		D50 = 0.1	
% argile	4.8%			

Remarques:	
Préparé par: <u>AMÉLIE BELLEFLEUR</u>	Vérifié par: <u>KAMEL HAMOUCHE, ing.</u>

<b>CLIENT:</b> COMMISSION DE LA SANTÉ ET SECURITÉ DES TRAVAILLEURS (CSST)  <b>PROJET:</b> NATURE DES SOLS EN PLACE ET ARPENTAGE. LIEU D'UN INCIDENT, AUTOROUTE 55, SHERBROOKE.	<b>PLANCHE NO:</b>  <b>PROJET NO:</b> Q028149-A1 <b>ÉCHANTILLON NO:</b> 210367 <b>DATE:</b> 2013-07-18
<b>Description du matériau:</b> SABLE SILTEUX, TRACES DE GRAVIER ET D'ARGILE <b>Provenance:</b> MATÉRIAU EN PLACE <b>Usage proposé:</b>	
<b>Localisation du prélèvement:</b> VR-01, TA-2, PROFONDEUR : 0.0 À 0.17M <b>Prélevé par:</b> <b>Date de prélèvement:</b>	

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																	
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.50 mm	1.25 mm	0.63 mm	0.315 mm	0.16 mm	0.08 mm	0.002 mm	
Résultats cumulatifs	100	100	100	100	100	100	100	100	96	91	84	74	59	45	35.2	2.1	
Résultats individuels																	
Exigences	min.																
	max.																

AUTRES ESSAIS	Résultats	ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255)	
		Résultats	
Teneur en eau	47 %	Masse volumique sèche maximale	N/A (kg/m3)
		Humidité optimale	(%)
		Proctor à 0% de pierre :	N/A kg/m3
		Facteur de correction:	N/A
		<b>COURBE GRANULOMÉTRIQUE</b> 	
		% gravier	4%
		% sable	61%
		% silt	33.1%
		% argile	2.1%
		Cu =	D85 = 1.4
		Cc =	D60 = 0.3
			D50 = 0.2
		D15 =	
		D10 =	

Remarques: \_\_\_\_\_

Préparé par AMÉLIE BELLEFLEUR Vérifié par: KAMEL HAMOUCHE, ing.



CLIENT: COMMISSION DE LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS (CSST)	PLANCHE NO:
PROJET: NATURE DES SOLS EN PLACE ET ARPENTAGE. LIEU D'UN INCIDENT, AUTOROUTE 55, SHERBROOKE.	PROJET NO: Q028149-A1
	ÉCHANTILLON NO: 210368
	DATE: 2013-07-18

Description du matériau: SABLE GRAVELEUX ET SILTEUX	Localisation du prélèvement: VR-02, TA-2, PROFONDEUR : 0.17 À 0.35M
Provenance: MATÉRIAU EN PLACE	
Usage proposé:	Prélevé par:
	Date de prélèvement:

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																	
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.50 mm	1.25 mm	0.63 mm	0.315 mm	0.16 mm	0.08 mm	0.002 mm	
Résultats cumulatifs	100	100	100	88	83	80	76	72	66	61	55	50	41	31	21.7		
Résultats individuels																	
Exigences	min.																
	max.																

AUTRES ESSAIS	Résultats	ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255)	
		Résultats	
Teneur en eau	19.7 %	Masse volumique sèche maximale	N/A (kg/m <sup>3</sup> )
		Humidité optimale	(%)
		Proctor à 0% de pierre :	N/A kg/m <sup>3</sup>
		Facteur de correction:	N/A
		<b>COURBE GRANULOMETRIQUE</b>	
		% gravier 34%	Cu = D85 = 33.7 D15 =
		% sable 44%	Cc = D60 = 2.2 D10 =
		% silt et argile 21.7%	D50 = 0.6

Remarques:	
Préparé par: AMÉLIE BELLEFLEUR	Vérfié par: KAMEL HAMOUCHE, ing.

### **Annexe III**

---

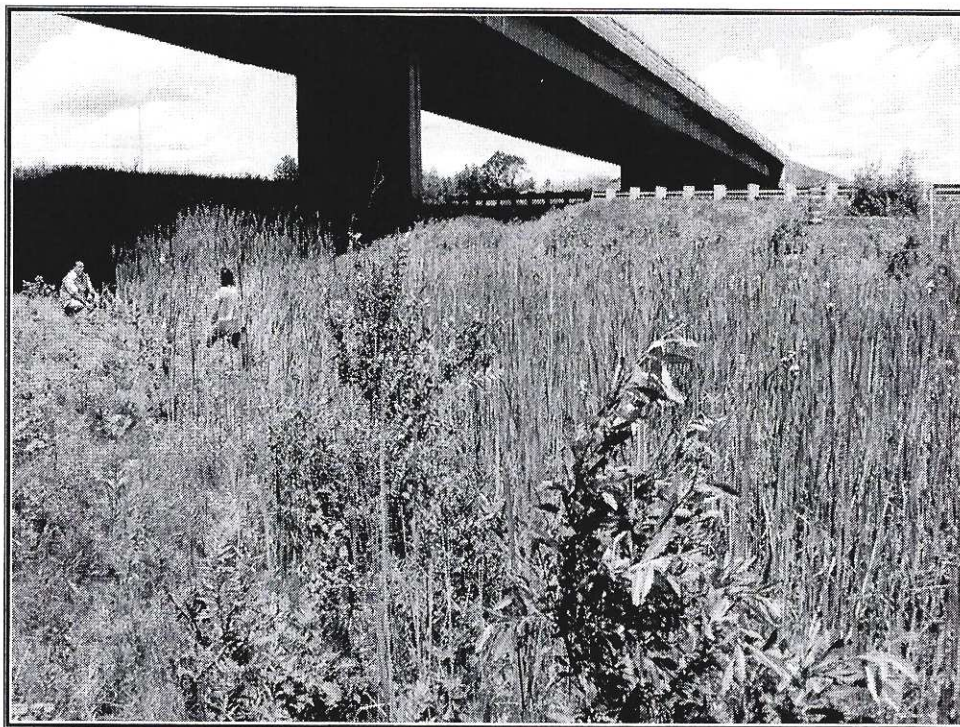
- ◆ Dossier photographique



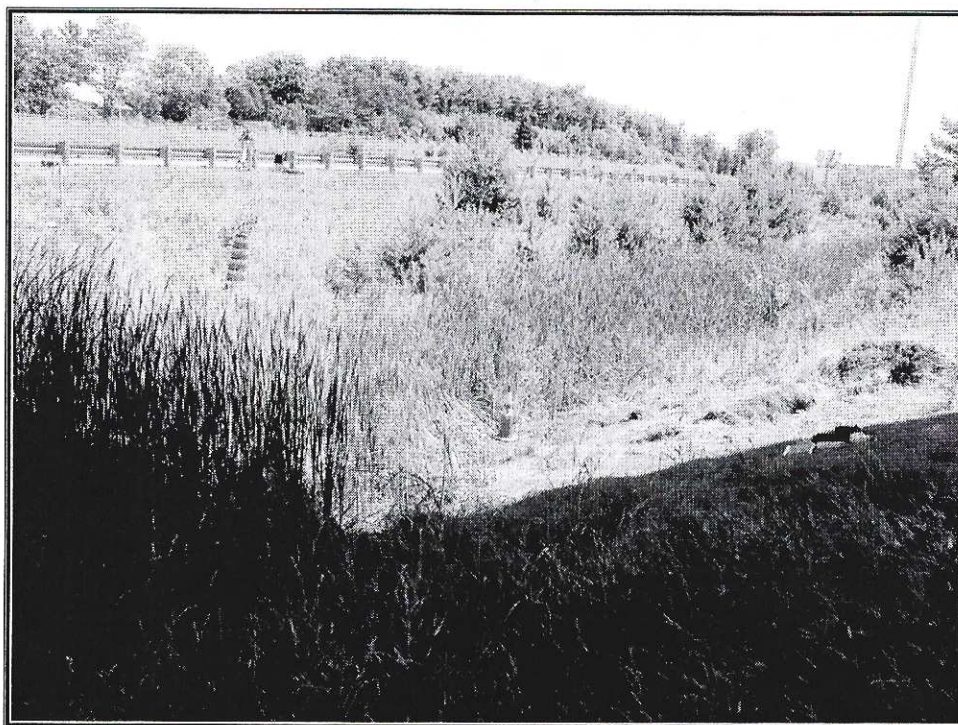
**CSST**

**EXPERTISE GÉOTECHNIQUE**

Accident -Renversement d'une tractrice agricole  
Autoroute 55 S- Sortie 71, Windsor, Québec



**PHOTO 1 :** Vue générale du lieu de l'accident – vue du sud vers le nord.



**PHOTO 2 :** Vue générale du lieu de l'accident – vue d'est en ouest.  
On aperçoit la zone marécageuse.



## CSST

### EXPERTISE GÉOTECHNIQUE

Accident -Renversement d'une tractrice agricole  
Autoroute 55 S- Sortie 71, Windsor, Québec

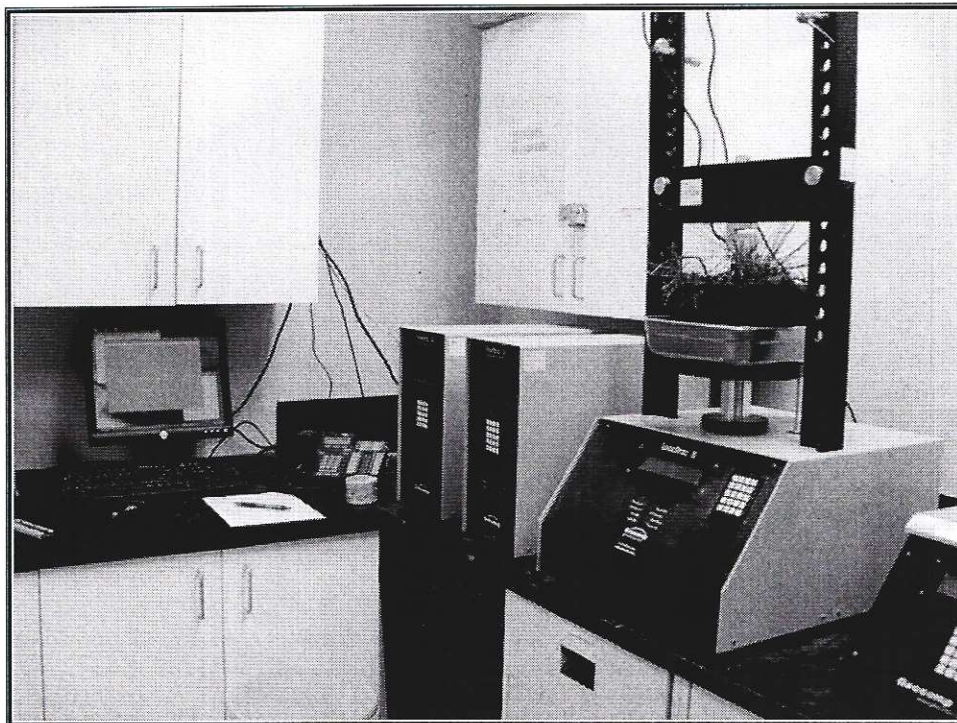


PHOTO 3 : Essai de compression en cours de réalisation sur l'échantillon VR-1 du sondage PM-1.



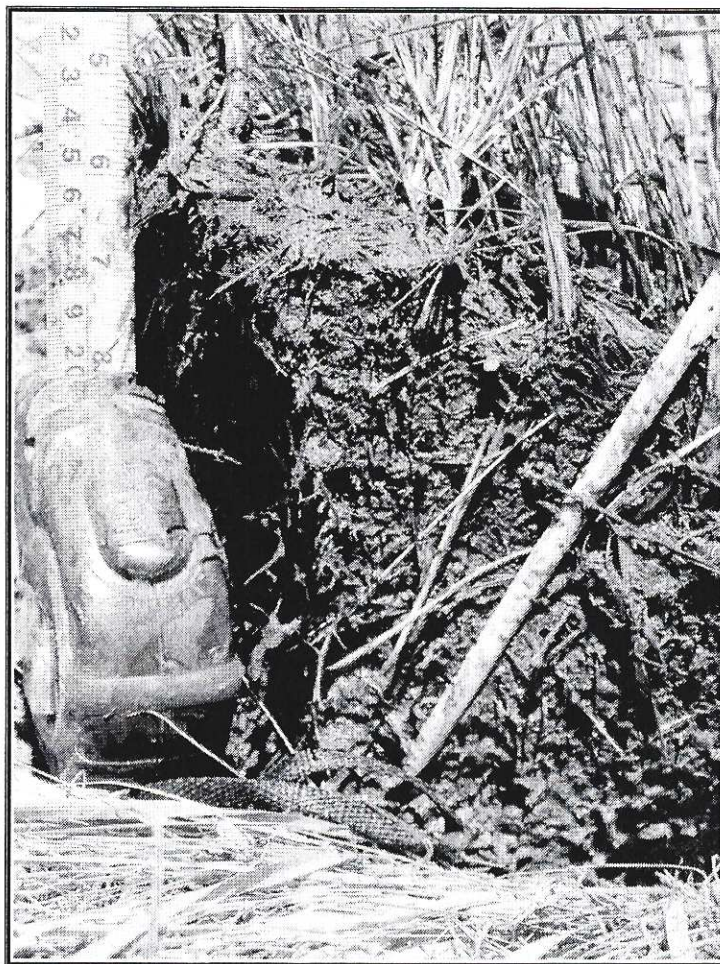
PHOTO 4 : Aperçu des sols dans le trou de sondage TA-1.



## CSST

### EXPERTISE GÉOTECHNIQUE

Accident -Renversement d'une tractrice agricole  
Autoroute 55 S- Sortie 71, Windsor, Québec



**PHOTO 5** : Échantillon VR-1 du sondage PM-1.  
On note la densité élevée de racines dans la partie supérieure de l'échantillon.

## **Annexe IV**

---

- ◆ Données météorologiques – juin et juillet 2013

[Allez](#)***Notes sur qualité des données climatiques.*****Légende**

- [vide] = Aucune donnée disponible
- M = Données manquantes
- E = Valeur estimée
- A = Valeur accumulée
- C = Précipitation, quantité incertaine
- L = Des précipitations peuvent avoir eu lieu
- F = Valeur accumulée et estimée
  
- N = Température manquante, mais > 0
- Y = Température manquante, mais < 0
- S = À plus d'une reprise
- T = Trace
- \* = La valeur affichée est basée sur des données incomplètes.
- † = Ces données journalières n'ont subi qu'un contrôle de qualité préliminaire
- ‡ = Données fournies par un partenaire, non assujetties à une révision par les Archives climatiques nationales du Canada



## Rapport de données quotidiennes pour juin 2013

	<b>Temp. max. °C</b>	<b>Temp. min. °C</b>	<b>Temp. moy. °C</b>	<b>DJC</b>	<b>DJR</b>	<b>Pluie tot. mm</b>	<b>Neige tot. cm</b>	<b>Précip. tot. mm</b>	<b>Neige au sol cm</b>	<b>Dir. raf. max. 10's deg</b>	<b>Vit. raf. max. km/h</b>
<b>JOUR</b>											
01 ‡	30,2	14,8	22,5	0,0	4,5	M	M	11,3		27	59
02 ‡	29,9	16,7	23,3	0,0	5,3	M	M	8,9		27	63
03 ‡	19,0	9,3	14,2	3,8	0,0	M	M	0,0		30	41
04 ‡	16,0	8,1	12,1	5,9	0,0	M	M	0,0		28	50
05 ‡	17,2	2,2	9,7	8,3	0,0	M	M	0,0		31	37
06 ‡	16,7	4,1	10,4	7,6	0,0	M	M	2,6			<31
07 ‡	13,4	9,9	11,7	6,3	0,0	M	M	8,0		12	33
08 ‡	17,8	9,9	13,9	4,1	0,0	M	M	4,3			<31
09 ‡	21,5	6,9	14,2	3,8	0,0	M	M	1,1		27	39
10 ‡	24,5	5,2	14,9	3,1	0,0	M	M	0,0			<31
11 ‡	14,8	10,9	12,9	5,1	0,0	M	M	21,1		3	33
12 ‡	18,9	9,9	14,4	3,6	0,0	M	M	1,3		4	46
13 ‡	23,1	6,4	14,8	3,2	0,0	M	M	0,0			<31
14 ‡	24,4	9,0	16,7	1,3	0,0	M	M	0,0		31	37
15 ‡	22,0	5,4	13,7	4,3	0,0	M	M	0,0		25	56
16 ‡	21,2	7,7	14,5	3,5	0,0	M	M	9,3			<31
17 ‡	20,7	9,4	15,1	2,9	0,0	M	M	8,8		28	43
18 ‡	19,7	5,5	12,6	5,4	0,0	M	M	0,0		29	37
19 ‡	19,5	4,1	11,8	6,2	0,0	M	M	0,0		29	32
20 ‡	22,5	4,6	13,6	4,4	0,0	M	M	0,0		25	37
21 ‡	25,2	7,7	16,5	1,5	0,0	M	M	0,0		25	37
22 ‡	21,1	12,6	16,9	1,1	0,0	M	M	3,3			<31
23 ‡	26,4	16,2	21,3	0,0	3,3	M	M	0,5			<31
24 ‡	29,2	14,8	22,0	0,0	4,0	M	M	14,4		28	65
25 ‡	29,0E	14,8E	21,9E	0,0E	3,9E	M	M	6,3E		26	56
26 ‡	25,0E	M	M	M	M	M	M	3,6			<31
27 ‡	26,0	15,1	20,6	0,0	2,6	M	M	0,0			<31
28 ‡	23,1	14,7	18,9	0,0	0,9	M	M	23,2		13	46
29 ‡	24,8	14,9	19,9	0,0	1,9	M	M	10,0			<31
30 ‡	24,5	14,8	19,7	0,0	1,7	M	M	0,0			<31
<b>Somme</b>				85,4*	28,1*	0,0*	0,0*	138,0			
<b>Moy.</b>	22,2	9,9*	16,0*								
<b>Ext.</b>	30,2	2,2*								28	65
<b>Les valeurs sommaires, moyennes et extrêmes sont fondées sur les données ci-dessus.</b>											

Mois précédent

2013

juin

Mois suivant



## Rapport de données quotidiennes pour juillet 2013

	<b>Temp. max. °C</b>	<b>Temp. min. °C</b>	<b>Temp. moy. °C</b>	<b>DJC</b>	<b>DJR</b>	<b>Pluie tot. mm</b>	<b>Neige tot. cm</b>	<b>Précip. tot. mm</b>	<b>Neige au sol cm</b>	<b>Dir. raf. max. 10's deg</b>	<b>Vit. raf. max. km/h</b>
<b>JOUR</b>											
01 ±	23,6	14,4	19,0	0,0	1,0	M	M	3,5			<31
02 ±	21,4	13,9	17,7	0,3	0,0	M	M	2,6			<31
03 ±	27,4	17,4	22,4	0,0	4,4	M	M	0,3		32	32
04 ±	29,4	15,4	22,4	0,0	4,4	M	M	0,0			<31
05 ±	29,4	19,7	24,6	0,0	6,6	M	M	0,0		25	37
06 ±	27,7	17,6	22,7	0,0	4,7	M	M	2,5		25	39
07 ±	28,0	17,0	22,5	0,0	4,5	M	M	2,0		28	32
08 ±	27,0	17,2	22,1	0,0	4,1	M	M	6,8			<31
09 ±	28,4	15,9	22,2	0,0	4,2	M	M	0,8			<31
10 ±	27,0	17,2	22,1	0,0	4,1	M	M	0,5		20	44
11 ±	24,9	11,1	18,0	0,0	0,0	M	M	2,8		29	37
12 ±	25,4	8,2	16,8	1,2	0,0	M	M	0,0			<31
13 ±	27,4	10,0	18,7	0,0	0,7	M	M	0,0			<31
14 ±	29,2	16,2	22,7	0,0	4,7	M	M	0,0			<31
15 ±	30,7	18,8	24,8	0,0	6,8	M	M	0,0		28	33
16 ±	29,9	16,6	23,3	0,0	5,3	M	M	0,0			<31
17 ±	32,0	17,0	24,5	0,0	6,5	M	M	5,6		27	50
18 ±	28,9	19,3	24,1	0,0	6,1	M	M	14,9		19	32
19 ±	32,1	18,3	25,2	0,0	7,2	M	M	10,4		29	89
20 ±	26,8	11,9	19,4	0,0	1,4	M	M	2,8		26	50
21 ±	21,3	7,8	14,6	3,4	0,0	M	M	0,0			<31
22 ±	25,9	6,0	16,0	2,0	0,0	M	M	0,0			<31
23 ±	23,5	16,4	20,0	0,0	2,0	M	M	5,5			<31
24 ±	19,6	8,8	14,2	3,8	0,0	M	M	5,8		28	39
25 ±	21,8	4,6	13,2	4,8	0,0	M	M	0,0			<31
26 ±	22,7	11,5	17,1	0,9	0,0	M	M	0,0		1	32
27 ±	26,1	11,3	18,7	0,0	0,7	M	M	0,0			<31
28 ±	26,3	14,0	20,2	0,0	2,2	M	M	13,4		11	32
29 ±	25,8	14,7	20,3	0,0	2,3	M	M	18,6		28	33
30 ±	23,2	12,1	17,7	0,3	0,0	M	M	0,0		26	39
31 ±	25,5	11,2	18,4	0,0	0,4	M	M	0,0		24	33
<b>Somme</b>				16,7	84,3	0,0*	0,0*	98,8			
<b>Moy.</b>	26,4	13,9	20,2								
<b>Ext.</b>	32,1	4,6								29	89

Les valeurs sommaires, moyennes et extrêmes sont fondées sur les données ci-dessus.

