

EN004208

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident mortel survenu le 17 juillet 2018 à un travailleur
de l'entreprise Roberto Dufour située au 135, 2^e Rang Ouest à
Métabetchouan-Lac-à-la-Croix**

Direction régionale du Saguenay–Lac-St-Jean

VERSION DÉPERSONNALISÉE

Inspecteurs :

**Dave Létourneau,
M. Sc., chimiste**

**François Duchesne,
ing. jr**

Date du rapport : 13 février 2019

Rapport distribué à :

- Monsieur [A], [...], Roberto Dufour
- Madame Nancy Bouchard, coroner
- Monsieur Donald Aubin, directeur de la santé publique

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>3</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>4</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE L'ACCIDENT	4
3.2	DESCRIPTION DU MATÉRIEL ET DES ÉQUIPEMENTS LIÉS AU TRANSPORT DES BALLES DE FOIN	5
3.2.1	TUBES DE BALLES MULTIPLES	5
3.2.2	ÉQUIPEMENTS DE MANUTENTION	6
3.3	DESCRIPTION DU TRANSPORT DES BALLES DE FOIN DU TUBE 1	7
<u>4</u>	<u>ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE</u>	<u>9</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	9
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	11
4.2.1	INFORMATIONS CONCERNANT L'OPÉRATION DU TRACTEUR	11
4.2.2	PROCÉDURE DE TRANSPORT DE BALLES DE FOIN DU TUBE 1	11
4.2.3	EXPERTISE DU TRACTEUR	12
4.2.4	CEINTURE DE SÉCURITÉ	12
4.2.5	POSITIONNEMENT DE LA BALLE DE FOIN TRANSPORTÉE AVEC UN TRACTEUR	13
4.2.6	CARACTÉRISTIQUES DU TERRAIN À L'ENDROIT OÙ LE TRACTEUR SE RENVERSE	13
4.2.7	RAPPORT D'EXPERTISE D'ESTIMATION DE L'ANGLE CRITIQUE ET DE L'ÉNERGIE REQUISE POUR PROVOQUER LE RENVERSEMENT D'UN TRACTEUR DE FERME DANS UN TALUS	14
4.2.8	LOI SUR LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL (LSST)	14
4.2.9	INFORMATIONS AUX OPÉRATEURS DE TRACTEUR	15
4.2.10	RÈGLES DE CIRCULATION D'UN TRACTEUR AGRICOLE	15
4.2.11	PORT DE LA CEINTURE DE SÉCURITÉ ET STRUCTURE DE PROTECTION EN CAS DE RETOURNEMENT (SPR)	16
4.2.11.1	RÈGLEMENT SUR LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL (RSST)	16
4.2.11.2	NORMES SAE J1194 ET SAE J2194	17
4.2.11.3	MANUFACTURIER DU TRACTEUR	18
4.2.11.4	MANUFACTURIER DU CHARGEUR	18
4.2.12	STABILITÉ DU TRACTEUR ET SITUATIONS DE RENVERSEMENT LATÉRAL	19
4.2.13	POSITIONNEMENT D'UNE CHARGE LORS DE SON TRANSPORT	20

4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	21
4.3.1	LE FRANCHISSEMENT DE LA CRÊTE D'UN TALUS, PENDANT UNE MANŒUVRE DE REcul, PROVOQUE LE RENVERSEMENT LATÉRAL DU TRACTEUR ET COINCE SON OPÉRATEUR ENTRE LA CABINE ET LE SOL.	21
4.3.2	LA VOIE DE CIRCULATION ÉTROITE EN BORDURE D'UN TALUS ABRUPT EXPOSE L'OPÉRATEUR À UN RISQUE DE RENVERSEMENT DU TRACTEUR.	22
5	CONCLUSION	23
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	23
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	23
5.3	SUIVI À L'ENQUÊTE	23
<u>ANNEXES</u>		
ANNEXE A :	Accidenté	24
ANNEXE B :	Plan du lieu de l'accident	25
ANNEXE C :	Conditions météorologiques	26
ANNEXE D :	Rapport d'inspection du tracteur	28
ANNEXE E :	Vue isométrique d'une portion du terrain à l'extrémité ouest du tube 1	40
ANNEXE F :	Profils d'une portion du terrain à l'extrémité ouest du tube 1	41
ANNEXE G :	Rapport d'expertise	52
ANNEXE H :	Liste des témoins et personnes rencontrées	64
ANNEXE I :	Références bibliographiques	65

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

Le 17 juillet 2018, à la ferme Roberto Dufour, un travailleur se dirige avec un tracteur dans le secteur est de la ferme pour aller y prélever une balle de foin du tube à balles multiples 1, ci-après nommé tube 1, et la ramener à la grange du mélangeur à foin. Alors que la balle est dans la pince à balles rondes du tracteur, ci-après nommée pince, M. [B] entreprend une manœuvre de recul. Après avoir parcouru 5,4 m, le tracteur franchit la crête d'un talus et se renverse latéralement. Le travailleur se fait coincer entre la cabine du tracteur et le sol.

Conséquences

Le travailleur perd la vie (Annexe A).

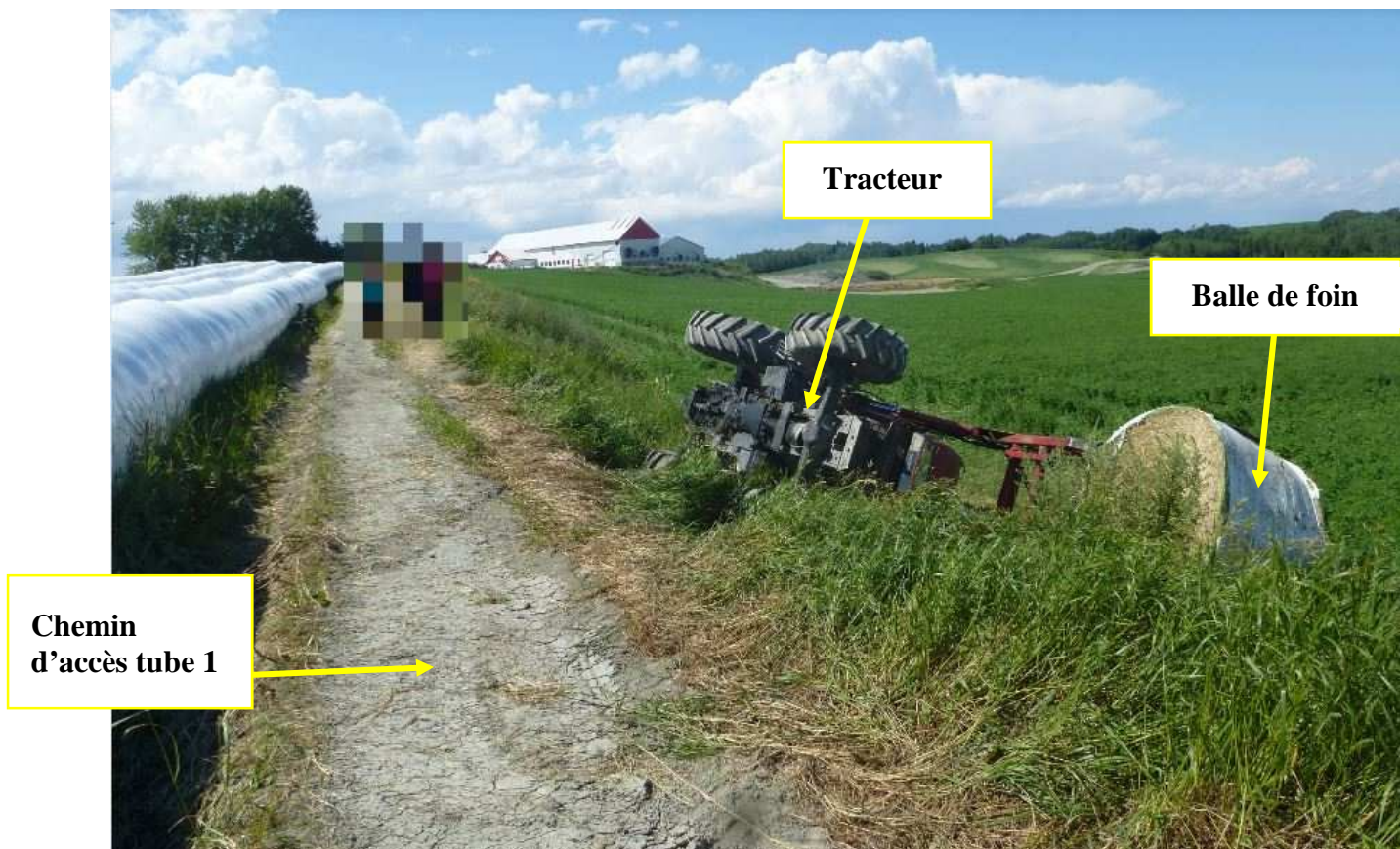


Photo 1 : Lieu de l'accident
Source : CNESST

Abrégé des causes

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

- Le franchissement de la crête d'un talus, pendant une manœuvre de recul, provoque le renversement latéral du tracteur et coince son opérateur entre la cabine et le sol.
- La voie de circulation étroite en bordure d'un talus abrupt expose l'opérateur à un risque de renversement du tracteur.

Mesures correctives

Le jour de l'accident, les inspecteurs interdisent l'utilisation du tracteur Case International, modèle 5240, numéro de série JJF1041514, impliqué dans l'accident et le font saisir pour expertise. Pour l'utiliser de nouveau, l'employeur devra démontrer, par une attestation d'une autorité compétente, que le tracteur est sécuritaire. Également, les inspecteurs interdisent à tout véhicule automoteur de circuler, sur une portion de 35 m du chemin, à partir de l'extrémité du tube 1 (réf. : RAP9124695).

Le 31 juillet 2018, à la suite de l'expertise, l'inspecteur Létourneau remet à l'employeur le tracteur Case International, modèle 5240, numéro de série JJF1041514, afin qu'il puisse effectuer les réparations nécessaires à sa remise en fonction (réf. : RAP9143858).

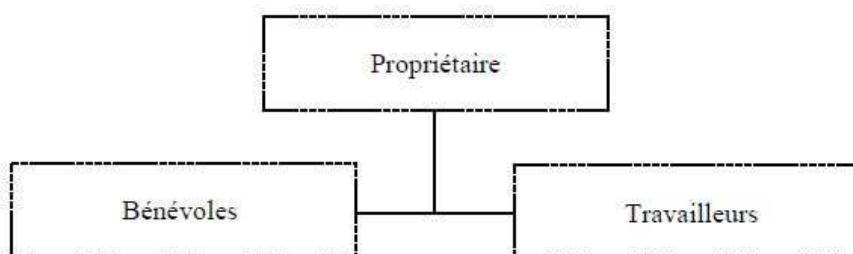
Le présent résumé n'a pas de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête, ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de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

SECTION 2**2 ORGANISATION DU TRAVAIL****2.1 Structure générale de l'établissement**

Roberto Dufour est une entreprise individuelle [...].

L'établissement exploité est un élevage de vaches laitières en activité depuis 2009 qui œuvre dans le secteur d'activité économique appelé Agriculture (26). Il emploie [...] travailleurs rémunérés ainsi que des travailleurs bénévoles, selon les besoins.

M. [A] assure la gestion et la supervision de l'ensemble des activités de la ferme.



Organigramme 1 : Hiérarchie de l'entreprise Roberto Dufour
Source : CNESST

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

L'entreprise ne possède aucun mécanisme de gestion et de participation des travailleurs en matière de santé et de sécurité du travail.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de l'accident

L'accident se produit à l'est des bâtiments de la ferme. Un plan des lieux a été réalisé et est présenté à l'Annexe B. Le site comporte plusieurs bâtiments d'exploitation dont la grange du mélangeur à foin, des terres agricoles et un endroit dédié à l'entreposage de 6 tubes disposés parallèlement au 2^e Rang Ouest. Un chemin qui longe le tube 2 sur une distance d'environ 150 m mène à l'extrémité ouest du tube 1. Ce chemin est constitué de terre et d'herbes compactées.

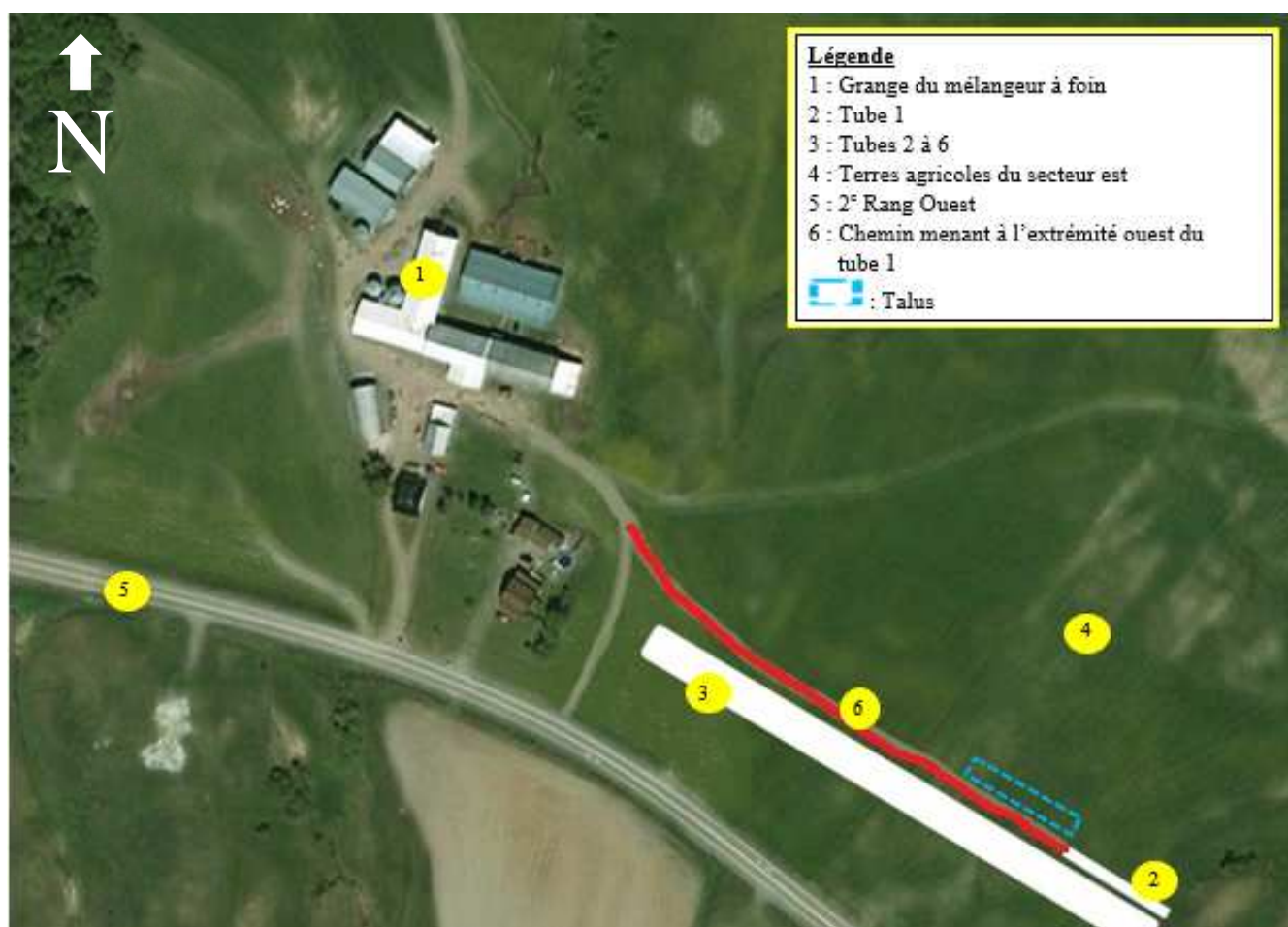


Schéma 1 : Vue d'une portion de la ferme
Source : Google, précision CNESST

Sur une portion de 55 m à partir de l'extrémité ouest du tube 1, le chemin est délimité de part et d'autre par le tube 2 et un talus constitué d'herbes longues et d'arbustes. Dans les premiers 23 m, la distance entre le tube 2 et le bord du talus varie entre 2,9 et 4,4 m (Schéma 2).

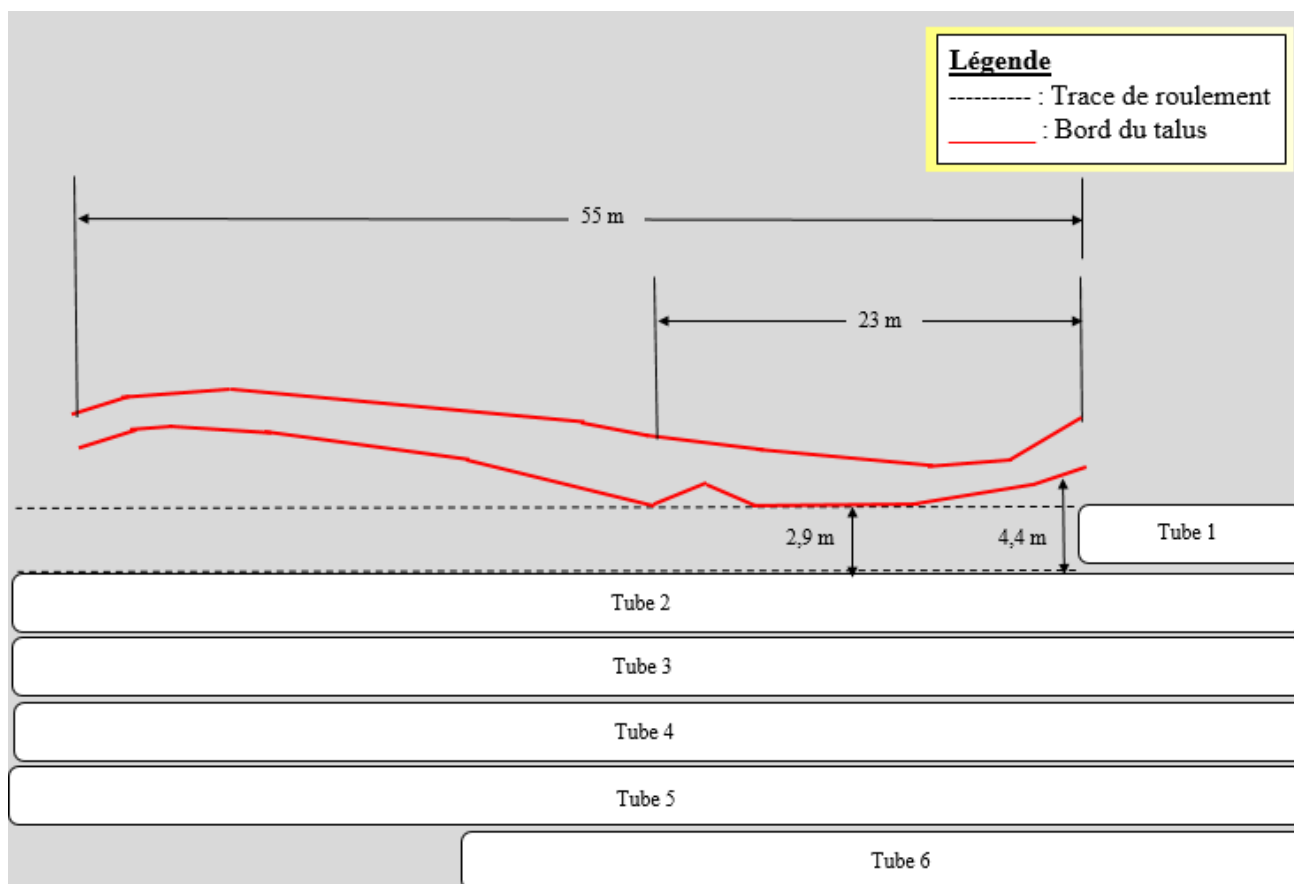


Schéma 2 : Portion du chemin menant à l'extrémité ouest du tube 1

Source : CNESST

Vers 11 h le jour de l'accident, le temps est partiellement nuageux, la température est de 23,6 °C et le vent souffle à 12 km/h (Annexe C). Le chemin qui mène à l'extrémité ouest du tube 1 est dégagé et sec.

3.2 Description du matériel et des équipements liés au transport des balles de foin

3.2.1 Tubes de balles multiples

La méthode choisie par l'employeur pour conserver le fourrage nécessaire aux animaux d'élevage est l'enrubannage de plusieurs balles de foin, disposées les unes contre les autres à l'intérieur d'un même film plastique. Ce long tube est appelé tube de balles multiples (Photo 2). Ceux disposés par l'employeur à l'est des bâtiments de la ferme mesurent environ 160 m chacun.



Photo 2 : Tubes de balles multiples à l'est des bâtiments de la ferme
Source : CNESST

La balle de foin transportée au moment du renversement est de forme cylindrique. Elle a une longueur de 1,20 m et un diamètre de 1,60 m. Sa masse est d'environ 800 kg.

3.2.2 Équipements de manutention

Un tracteur, équipé d'un chargeur et d'une pince à son extrémité (Photo 3), est utilisé pour manutentionner une balle de foin d'un tube jusqu'à la grange du mélangeur à foin (Schéma 1).



Photo 3 : Vues de face et de côté des équipements de manutention impliqués dans l'accident
Source : Maltais et Ouellet, précision CNESST

Le tracteur impliqué dans l'accident est le modèle 5240 à quatre roues motrices fabriqué en 1995 du manufacturier Case International. Son numéro de série est le JJF1041514. Son poids sans charge est de 5020 kg. La puissance du tracteur est de 74.6 kW. Les distances

entre l'extérieur des deux roues sont de 2,20 m pour les roues avant et de 2,32 m pour les roues arrière. La cabine du conducteur est une structure de protection en cas de retournement et sa plaque d'identification réfère aux normes SAE J1194 et SAE J2194. L'intérieur de cette cabine, accessible par deux portes situées de part et d'autre du siège du conducteur, comporte plusieurs équipements et commandes. Parmi les équipements, on y retrouve la ceinture de sécurité.

Le véhicule est équipé d'un chargeur modèle 5210 du manufacturier Case International. Son numéro de série est le CJA003296. Au bout de celui-ci se trouve une pince permettant de prendre une balle de foin et d'assurer sa stabilité pendant son transport. Ce dispositif est conçu pour être interchangeable au godet qui vient originalement à l'extrémité du chargeur.

3.3 Description du transport des balles de foin du tube 1

Une balle de foin doit être amenée quotidiennement à la grange du mélangeur à foin. La tâche est effectuée aléatoirement entre messieurs [C], [A] et [B].

Le 17 juillet 2018, sans être une directive formelle, la balle qui doit être transportée par l'opérateur du tracteur est celle à l'extrémité ouest du tube 1. Depuis le mois de mars 2018, ce tube est le seul à avoir été dépouillé de ses balles, et ce, à raison d'une balle par jour.

La méthode suivante est généralement appliquée pour effectuer la tâche dans la portion du chemin qui est délimité d'un côté par le tube 2 et de l'autre par le talus :

- 1) Le travailleur atteint l'extrémité du tube 1 en circulant vers l'avant avec le tracteur sur le chemin qui longe les tubes 2 à 6 (Photo 4).

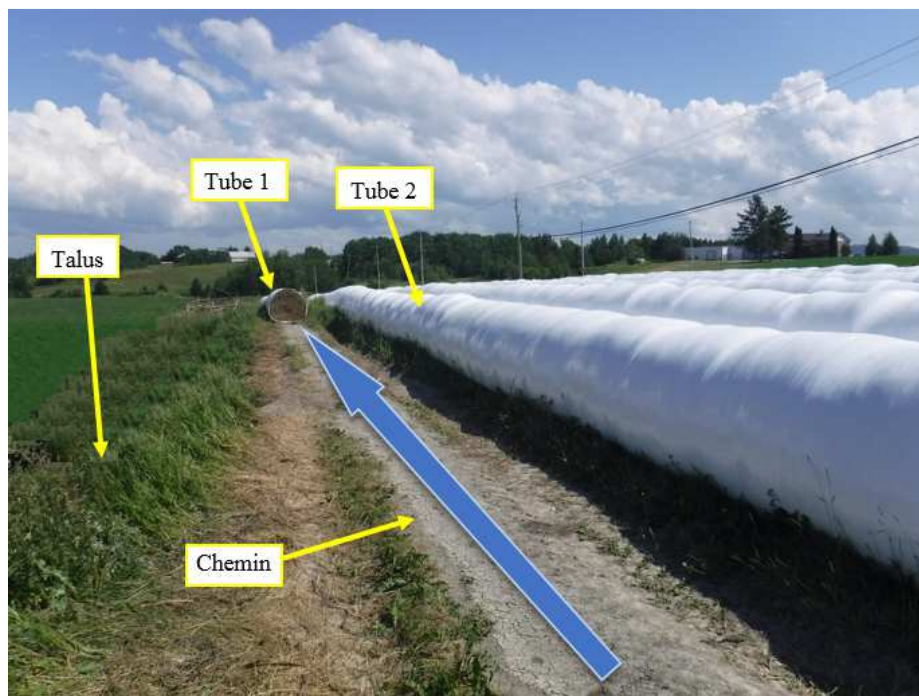


Photo 4 : Chemin emprunté pour atteindre l'extrémité du tube 1

Source : CNESST

- 2) Une fois arrivé près de l'extrémité du tube, le travailleur :
 - immobilise le tracteur devant le tube ;
 - descend du tracteur pour aller couper manuellement le film plastique à la base de la balle à prélever ;
 - remonte dans le tracteur, prend la balle avec la pince et la positionne près du niveau du sol.
- 3) En empruntant le même chemin, cette fois en sens inverse, le travailleur recule avec le tracteur sur une distance d'environ 115 m jusqu'à l'emplacement normalement utilisé pour faire demi-tour (Schéma 3).

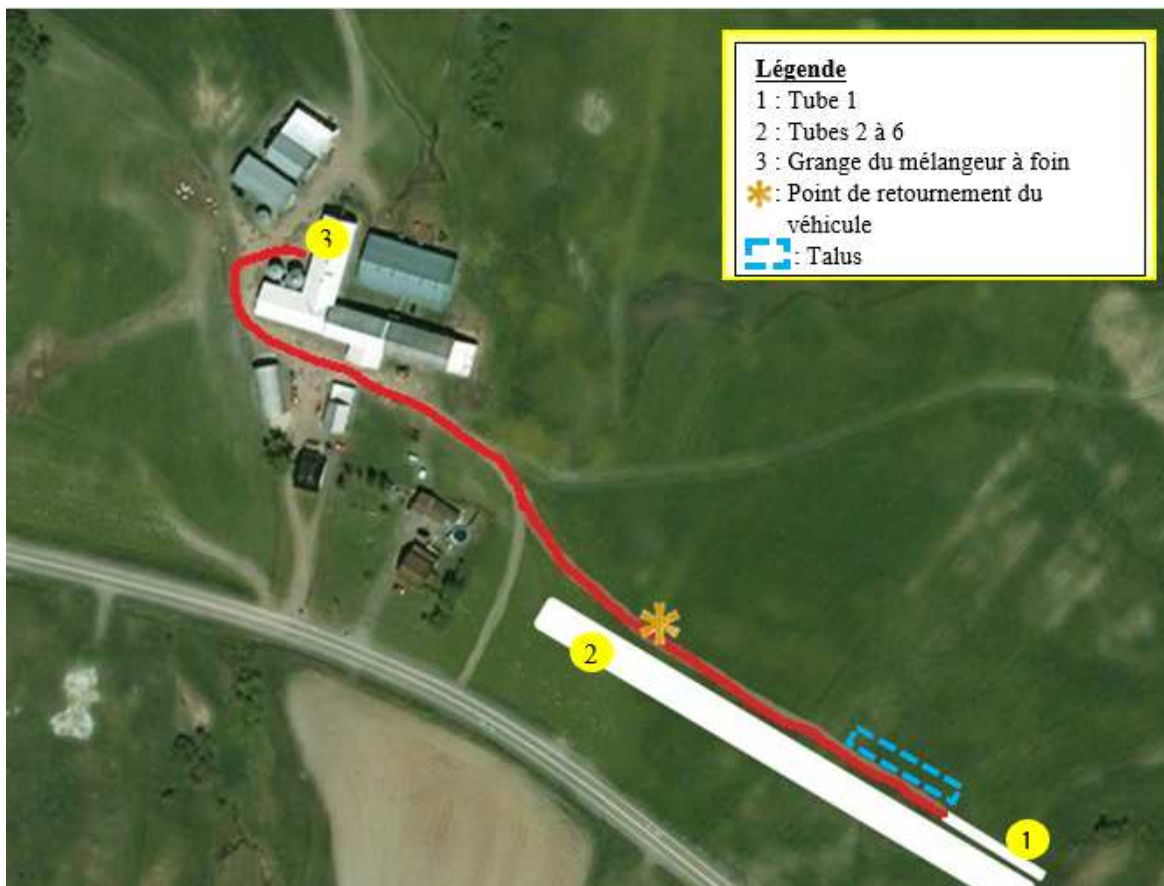


Schéma 3 : Chemin emprunté pour atteindre la grange du mélangeur à foin
 Source : Google, précision CNESST

SECTION 4

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 17 juillet 2018, vers 11 h 05, le travailleur sort de la grange du mélangeur à foin aux commandes d'un tracteur pour aller chercher une balle de foin à l'extrémité ouest du tube 1.

Il emprunte le chemin qui longe le tube 2 jusqu'au tube 1 (Photo 4). Il immobilise le tracteur face au tube à environ 2,4 m de son extrémité et sort du véhicule pour couper manuellement le film plastique à la base de la balle qu'il doit transporter. Il remonte dans le tracteur et prend la balle avec la pince. Il positionne la charge à environ 2,1 m du sol (Schéma 4).

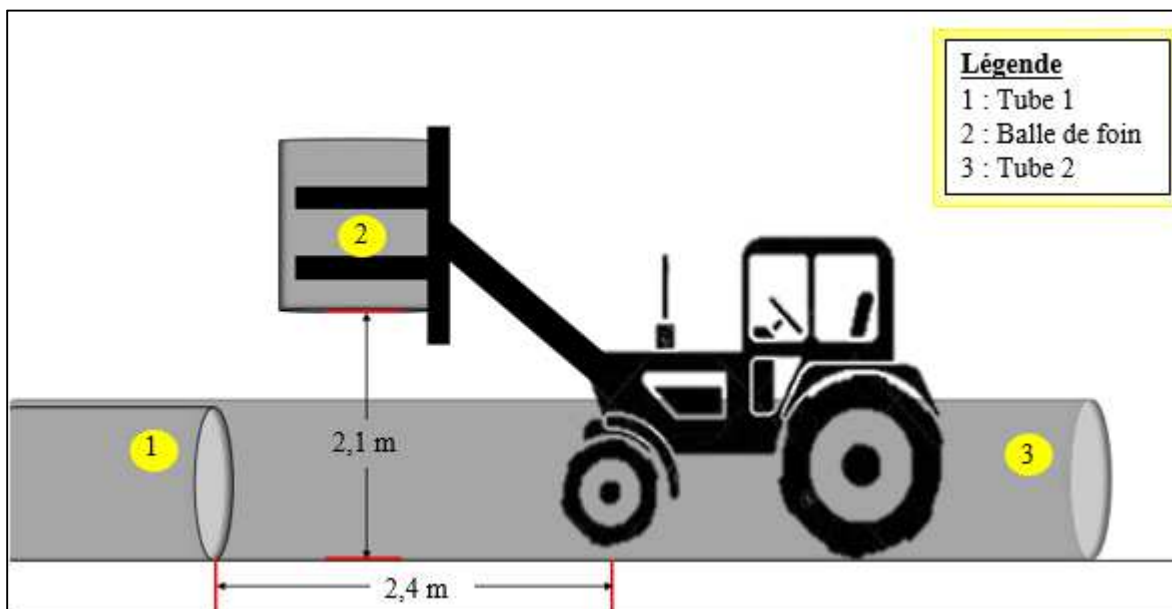


Schéma 4 : Positionnement de la charge et du véhicule avant le début de la manœuvre de recul

Source : CNESST

Sans avoir préalablement attaché sa ceinture de sécurité, le travailleur recule avec le tracteur en suivant l'axe central du chemin sur une distance d'environ 5,4 m. Puis, le tracteur s'éloigne de l'axe, franchit la crête du talus et commence son reversement latéral du côté gauche (Schéma 5).

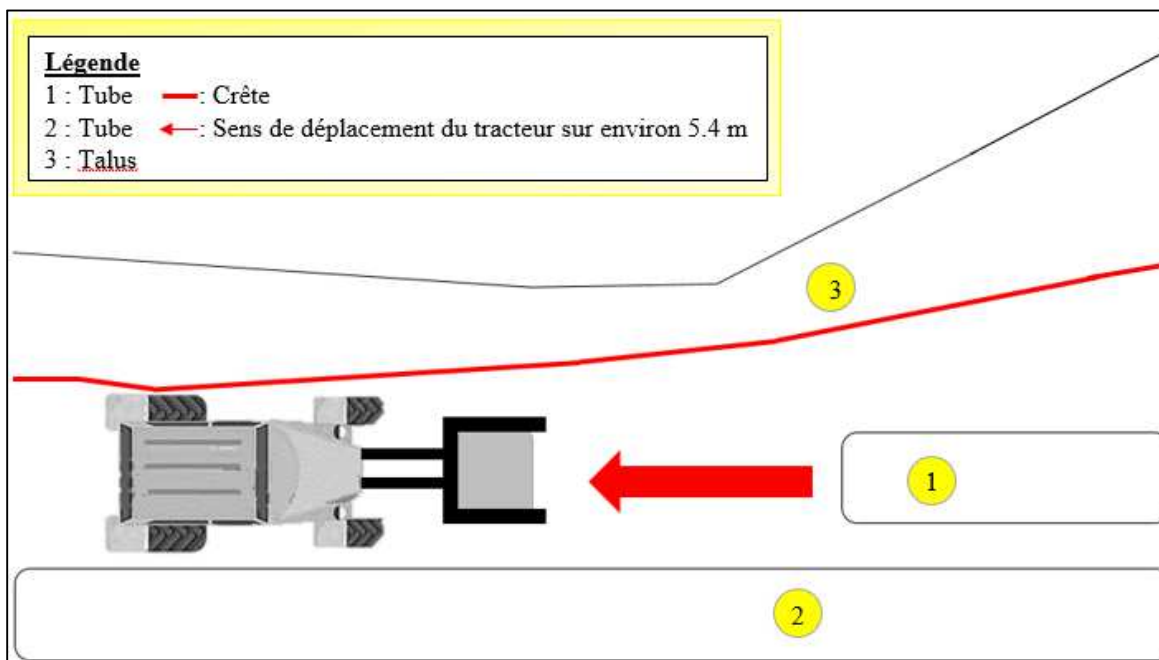


Schéma 5 : Manœuvre de recul du tracteur
Source : CNESST

Pendant que le tracteur se renverse, le travailleur n'est pas maintenu à l'intérieur de la cabine. Dans les instants précédents le contact du tracteur avec le sol, M. [B] se retrouve en partie à l'extérieur entre la porte gauche et le cadre de la cabine (Schéma 6).

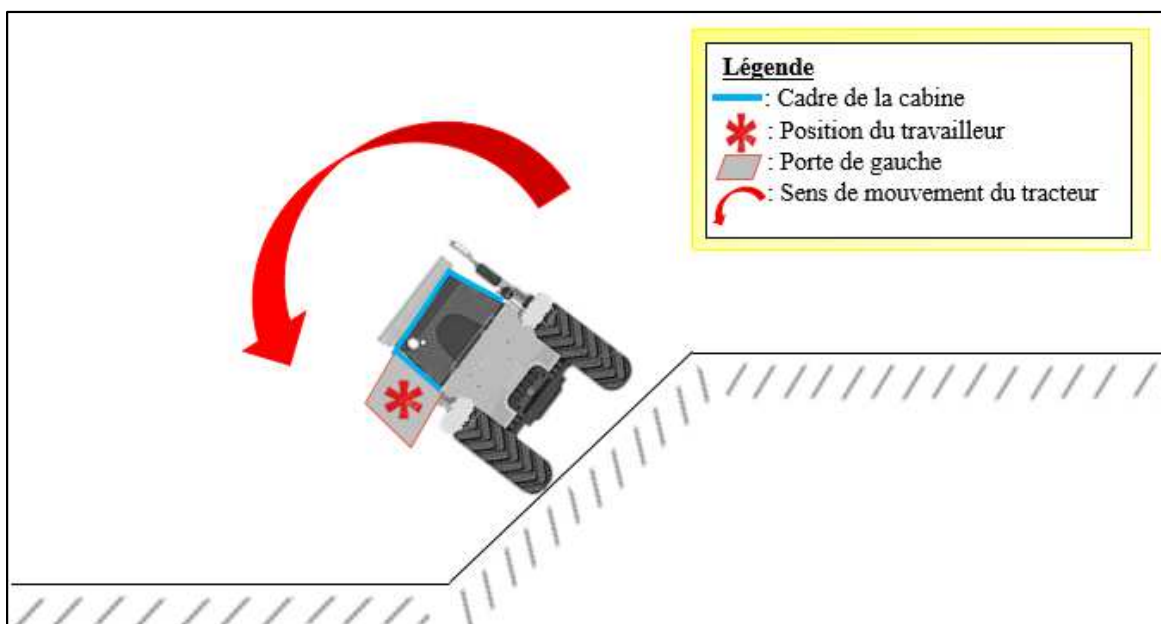


Schéma 6 : Positionnement approximatif du travailleur dans les instants précédant la position finale du tracteur dans le talus
Source : CNESST

Vers 11 h 15, étant inquiet, M. [C] se dirige vers le secteur où sont entreposés les tubes (Schéma 1). Il aperçoit le tracteur renversé sur le côté gauche dans le talus. M. [B] est à plat ventre, en partie à l'extérieur de la cabine (Schéma 7). Immédiatement, les secours sont appelés. Son décès est constaté à l'hôpital.

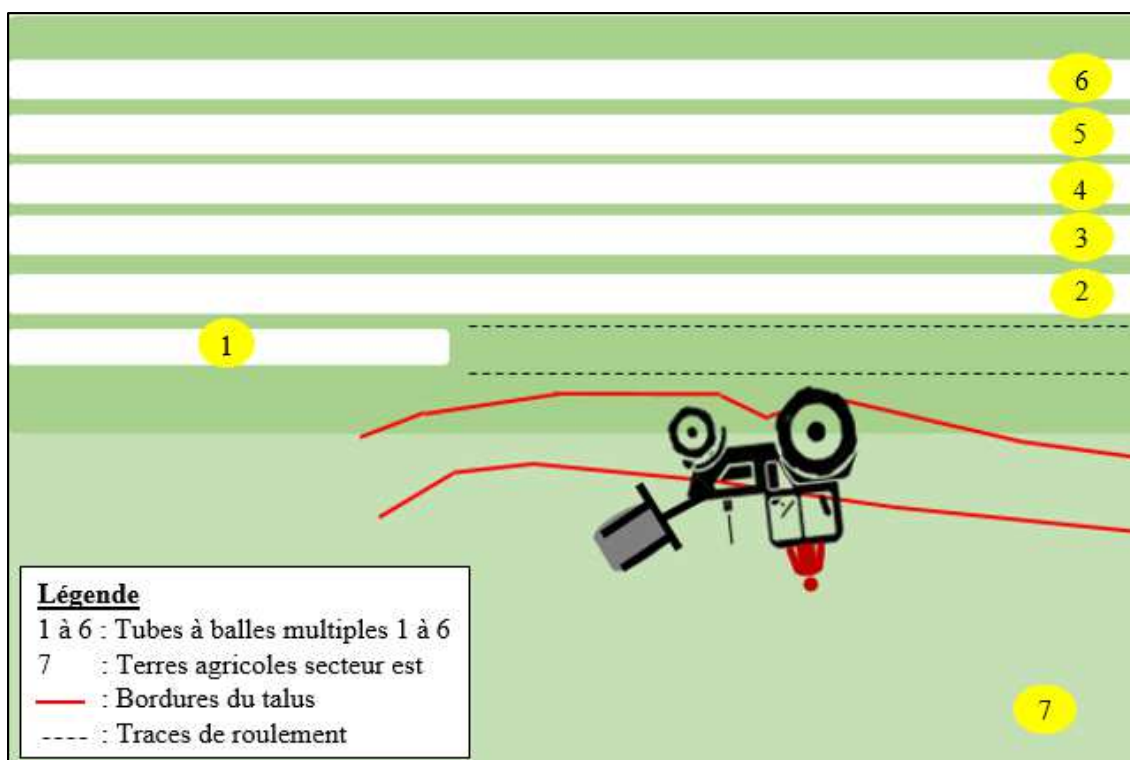


Schéma 7: Position finale du tracteur et du travailleur dans le talus
Source : CNESST

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Informations concernant l'opération du tracteur

L'employeur affirme qu'il n'a pas donné d'informations à M. [B] concernant l'utilisation sécuritaire d'un tracteur agricole. Il appuie sa décision sur le fait que M. [B] a lui-même été [...]. L'employeur n'a jamais consulté les manuels d'opération du véhicule et du chargeur pour lui transmettre des consignes de sécurité et d'opérations. Il ignore les avoir en sa possession.

4.2.2 Procédure de transport de balles de foin du tube 1

Il n'existe pas de procédure formelle et écrite pour le transport de balles de foin du tube 1. À l'été 2018, l'employeur mentionne avoir expliqué à M. [B] la méthode qu'il doit mettre en application, mais n'est pas en mesure de le démontrer. Également, il ne se souvient pas

si des sujets comme le port de la ceinture de sécurité ou encore le positionnement de la charge ont été spécifiquement abordés. Interrogés sur la procédure qui doit être appliquée pour transporter des balles de foin, l'employeur et l'autre travailleur effectuant la tâche ont des versions convergentes (réf. : 3.3).

4.2.3 Expertise du tracteur

La compagnie Maltais et Ouellet, fournisseur de produits John Deere, procède à une inspection du tracteur après l'accident (Annexe D). Appuyé par son rapport, le gérant de service conclut au bon état général de l'équipement.

4.2.4 Ceinture de sécurité

Selon le rapport d'expertise de la compagnie Maltais et Ouellet, la ceinture de sécurité est en bon état et fonctionnelle (Annexe D). Cependant, une des constatations faites suite à l'accident est que l'œillet métallique de la ceinture a été inséré dans le boîtier de l'enrouleur (Photo 5). Concernant cette dernière observation, messieurs [C] et [A] ne sont pas en mesure d'expliquer la situation.

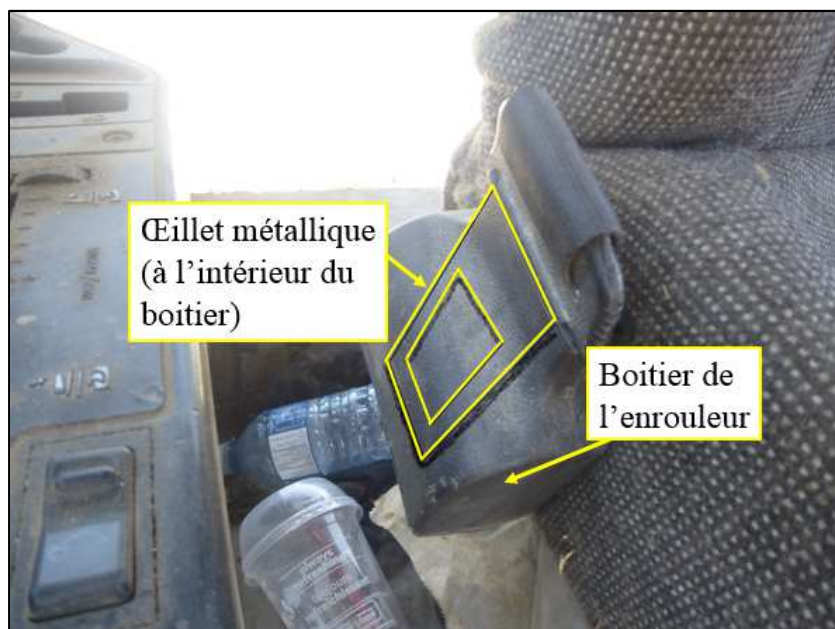


Photo 5 : Ceinture de sécurité
Source : CNESST

En ce qui a trait au port de la ceinture de sécurité, l'employeur admet qu'il ne l'utilise jamais. La semaine précédente, il a lui-même effectué cette tâche sans être attaché. Pour sa part, M. [C] affirme qu'il attache en tout temps sa ceinture de sécurité lorsqu'il est aux

commandes d'un tracteur. Il mentionne avoir utilisé le même tracteur, la veille de l'accident, pour effectuer la même tâche en étant attaché.

M. [A] est au fait que M. [B] ne s'attachait pas régulièrement lorsqu'il était aux commandes d'un tracteur. Lorsqu'il constatait la situation, il l'avisait verbalement de s'attacher.

4.2.5 **Positionnement de la balle de foin transportée avec un tracteur**

L'employeur et l'autre travailleur interrogés, qui effectuent la même tâche au sein de l'entreprise, mentionnent l'importance de circuler avec la balle de foin près du niveau du sol, en tout temps, afin d'assurer la stabilité du véhicule et d'éviter un renversement.

Ces derniers affirment qu'ils appliquent cette règle de conduite. Selon l'employeur, M. [B] avait l'habitude de circuler avec la charge trop haute. Lorsqu'il constatait la situation, il l'avisait verbalement de baisser la charge.

4.2.6 **Caractéristiques du terrain à l'endroit où le tracteur se renverse**

En vue de caractériser avec précision l'environnement immédiat du lieu du renversement, des travaux d'arpentage ont permis d'établir une vue isométrique du chemin et du talus de 6,5 à 16,5 m à partir de l'extrémité ouest du tube 1. Les traces de sorties du tracteur sont présentes à 8 et 10,5 m (Annexe E). Les profils ayant servi à établir la vue isométrique sont pour leur part présentés à l'Annexe F.

La surface du chemin où le tracteur recule est plutôt plate tel que démontré par les profils G, H, J, K et L. À l'endroit où le tracteur quitte le chemin, ce dernier a une largeur minimale 2.9 m.

Pour la portion du talus où la séquence de renversement s'est produite, les pentes maximales ont été évaluées à l'aide des profils et varient de 30 à 41 ° (Tableau 1).

Tableau 1 : Pentes maximales des profils

Profils	Pentes maximales (°)
C	41
D	33
E	36
F	37
G	30
H	35
J	35

Source : CNESST

4.2.7 **Rapport d'expertise d'estimation de l'angle critique et de l'énergie requise pour provoquer le renversement d'un tracteur de ferme dans un talus**

En vue de déterminer du point de vue statique, l'angle critique de renversement pour provoquer un renversement latéral, ainsi que l'énergie requise pour renverser le tracteur à la suite d'un glissement dans le talus, des calculs ont été réalisés par un ingénieur de la CNESST (Annexe G).

Sans témoin, le comportement exact du véhicule à partir du moment où il quitte le chemin jusqu'à sa position finale en bas du talus demeure inconnu. Toutefois, les calculs ont permis d'en venir à la conclusion suivante :

D'un point de vue uniquement statique, l'inclinaison du tracteur dans la partie abrupte du talus ne peut suffire sans apport d'énergie à provoquer son renversement même lorsque la charge est surélevée, bien que l'inclinaison soit près de l'angle critique.

Un glissement sur une distance de 20 cm ou plus, ou une descente sans glissement suivi d'un arrêt brusque au bas de la partie abrupte du talus, provoquera le renversement du tracteur que la charge soit basse ou surélevée.

Dans les conditions de l'accident, alors que la charge était en position élevée et le tracteur incliné dans le talus, très peu d'énergie était requise pour provoquer un renversement. Un glissement aussi peu que 7 cm était suffisant.

Les vibrations et le fait d'être en déplacement (embrayé en marche arrière / énergie mécanique) sur un terrain inégal ne feront qu'augmenter la facilité de renversement.

4.2.8 **Loi sur la santé et sécurité du travail (LSST)**

Selon l'article 51 de la LSST :

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

(51.3) 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;

(51.5) utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur;

(51.9) 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.

4.2.9 Informations aux opérateurs de tracteur

Le manuel du manufacturier du tracteur stipule à la page 8 :

LISEZ CE MANUEL ENTIÈREMENT et assurez-vous que vous comprenez les commandes. Tout équipement a ses limites. Assurez-vous que vous comprenez les caractéristiques de vitesse, de freinage, de direction, de stabilité et de charge de cette machine avant de commencer à l'utiliser...

4.2.10 Règles de circulation d'un tracteur agricole

Le manuel du manufacturier du tracteur contient des consignes à suivre pour une circulation sécuritaire du tracteur. La page 9 contient notamment les informations suivantes :

...Évitez les pentes trop raides pour une utilisation sans danger. Passez à une vitesse plus petite avant de monter ou de descendre une colline avec une lourde charge. Évitez la "marche en roue libre"...

La vitesse de déplacement doit être telle qu'un contrôle total et une stabilité totale soient maintenus à tout moment. Dans la mesure du possible, évitez de manœuvrer près des fossés, talus et trous. Réduisez la vitesse en tournant, en traversant des pentes, et sur des surfaces accidentées, grasses ou boueuses...

Pour ce qui est du manuel du manufacturier du chargeur, il est notamment indiqué en page 8 : « *Stay off slopes too steep for safe operation...*

... Where possible, avoid operating near ditches, embankments and holes... »

Traduction libre :

Rester à l'écart des pentes trop abruptes pour des conditions d'opérations sécuritaires...

...Dans la mesure du possible, évitez de travailler à proximité des fossés, des digues et des trous...

Selon la littérature¹, le tracteur doit rester à l'écart de la crête d'un talus d'une distance au moins équivalente à celle de la profondeur du talus lorsqu'il circule (Schéma 8). Autrement, le poids du tracteur pourrait faire effondrer la crête. Également, l'opérateur d'un tracteur doit se donner suffisamment d'espace pour tourner et détecter les trous et les talus qui pourraient mettre le tracteur dans une position instable.

¹ JOHN DEERE. *Farm and ranch safety management*, Moline, IL, John Deere publishing, 2009, 326 p.

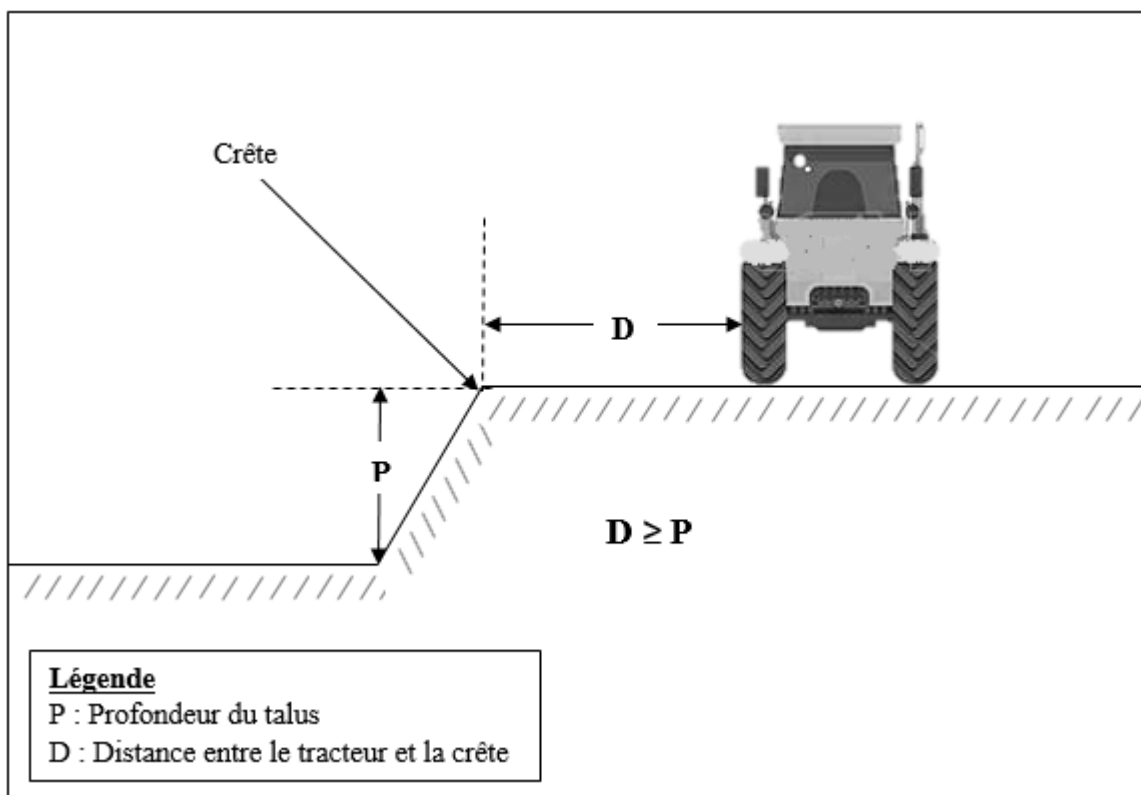


Schéma 8 : Distance minimale à respecter en bordure d'un talus
Source : CNESST

4.2.11 Port de la ceinture de sécurité et structure de protection en cas de retournement (SPR)

4.2.11.1 Règlement sur la santé et sécurité du travail (RSST)

L'article 278 du RSST traite de la SPR et stipule :

Structure de protection des véhicules automoteurs existants : Les véhicules automoteurs suivants, fabriqués avant le 2 août 2001, doivent être munis d'une structure de protection en cas de retournement conforme à une norme de l'organisme de normalisation The Society of Automotive Engineers (SAE) ou à une norme offrant une sécurité équivalente:

- 1° les béliers mécaniques, les chargeurs et les débardeurs sur chenilles ou sur roues;
- 2° les niveleuses;
- 3° les décapeuses-niveleuses;

4° les tracteurs agricoles et industriels dont la puissance est supérieure à 15 kW.

La conception, la fabrication ou l'installation d'une structure de protection est réputée faite conformément à la norme si elle fait l'objet d'une attestation signée et scellée par un ingénieur.

Le présent article ne s'applique pas à une niveleuse et à un chargeur utilisés à des fins de déneigement, si ces véhicules circulent exclusivement en des endroits où il n'existe aucun risque de retournement. Il ne s'applique pas non plus à un tracteur agricole à silhouette basse, lorsque celui-ci est utilisé dans un verger.

En ce qui concerne le port de la ceinture de sécurité, le RSST, à l'article 280, mentionne :

Ceinture de sécurité : Le port d'une ceinture de sécurité est obligatoire pour le conducteur d'un véhicule automoteur muni d'une structure de protection en cas de retournement ainsi que pour tout travailleur qui prend place à bord d'un tel véhicule, lorsque le véhicule est en mouvement.

4.2.11.2 Normes SAE J1194 et SAE J2194

Les normes SAE J1194 et SAE J2194 portent essentiellement sur les tests et performances requises d'une SPR pour les tracteurs agricoles afin de minimiser la fréquence et la sévérité des blessures des opérateurs à la suite d'un accident.

Les articles 2.2.3 (SAE J1194) et 3.2 (SAE J2194) définissent notamment une SPR de la façon suivante :

A cab or frame for the protection of operators of agricultural wheeled tractors to minimize the possibility of serious operator injury resulting from accidental upsets. The protective structure is characterized by providing space for the clearance zone inside the envelope of the structure or within a space bonded by a series of straight lines from the outer edge of the structure to any part of the tractor that might come in contact with flat ground, and is capable of supporting the tractor in that position if the tractor overturns.

Traduction libre :

Une cabine ou une structure, pour la protection de l'opérateur, installée sur un tracteur agricole, vise à réduire les risques de blessures graves en cas de renversement. Une telle cabine ou structure de protection, en cas de retournement, est conçue pour pouvoir supporter le poids du tracteur dans une position de renversement et pour maintenir, à

l'intérieur de l'enveloppe de la cabine ou de la structure, un espace libre autour de l'opérateur entre les parties du tracteur et le sol.

Pour sa part, l'article 4.1 de la norme SAE J1194 mentionne l'obligation d'équiper les tracteurs munis d'une SPR d'une ceinture de sécurité :

ROPS equipped tractors shall be fitted with seat belt assemblies (Type 1) conforming to the following, SAE J114, J117, J140, J141, J339, and J800 except as noted hereafter

Traduction libre :

Les tracteurs équipés de SPR doivent être munis d'une ceinture de sécurité (type 1) conforme aux normes suivantes : SAE J114, J117, J140, J141, J339 et J800, sauf indication contraire ci-après.

4.2.11.3 **Manufacturier du tracteur**

À la page 14 du manuel du fabricant, on peut y lire :

Votre tracteur peut être équipé d'un arceau ou d'une cabine à SPR. Toutes les SPR sont équipées de ceinture de sécurité. Les ceintures de sécurité font partie de votre système de protection et doivent toujours être attachées. Pour que l'arceau ou cabine de protection soit efficace, le conducteur doit être attaché sur le siège de la SPR. Suivez soigneusement toutes les instructions pour bénéficier de tous les avantages de l'équipement fourni...

Également, à quelques endroits dans le même manuel, la règle de sécurité suivante est inscrite :

Attachez bien votre ceinture de sécurité. Votre tracteur est équipé d'une cabine ou d'un arceau à SPR pour votre protection. La ceinture de sécurité peut aider à assurer votre sécurité si elle est utilisée et entretenue correctement. Ne portez jamais la ceinture de sécurité lâche ou avec du jeu dans le système de ceinture. Ne portez jamais la ceinture entortillée ou prise entre les membres de la structure du siège.

4.2.11.4 **Manufacturier du chargeur**

À la page 6 du manuel du fabricant, on peut y lire :

Securely fasten your seat belt. Your tractor is equipped with a ROPS cab or frame for your protection. The seat belt can help insure your safety if it is used and maintained...

Traduction libre :

Attachez bien votre ceinture de sécurité. Votre tracteur est équipé d'une cabine ou d'un cadre SPR pour votre protection. La ceinture de sécurité peut aider à assurer votre sécurité si elle est utilisée et entretenue...

4.2.12 Stabilité du tracteur et situations de renversement latéral

Pour qu'un tracteur se renverse, son centre de gravité (CG) doit traverser l'un des axes de basculement (Schéma 9). Les situations qui peuvent conduire à cette condition sont nombreuses, par exemple circuler trop près d'un talus, circuler en travers d'une pente, heurter un obstacle, faire un virage brusque ou circuler avec le chargeur frontal en position élevée. Dans des conditions d'opération normales, le CG se trouve à l'intérieur d'un triangle de stabilité composé des trois axes de basculement.

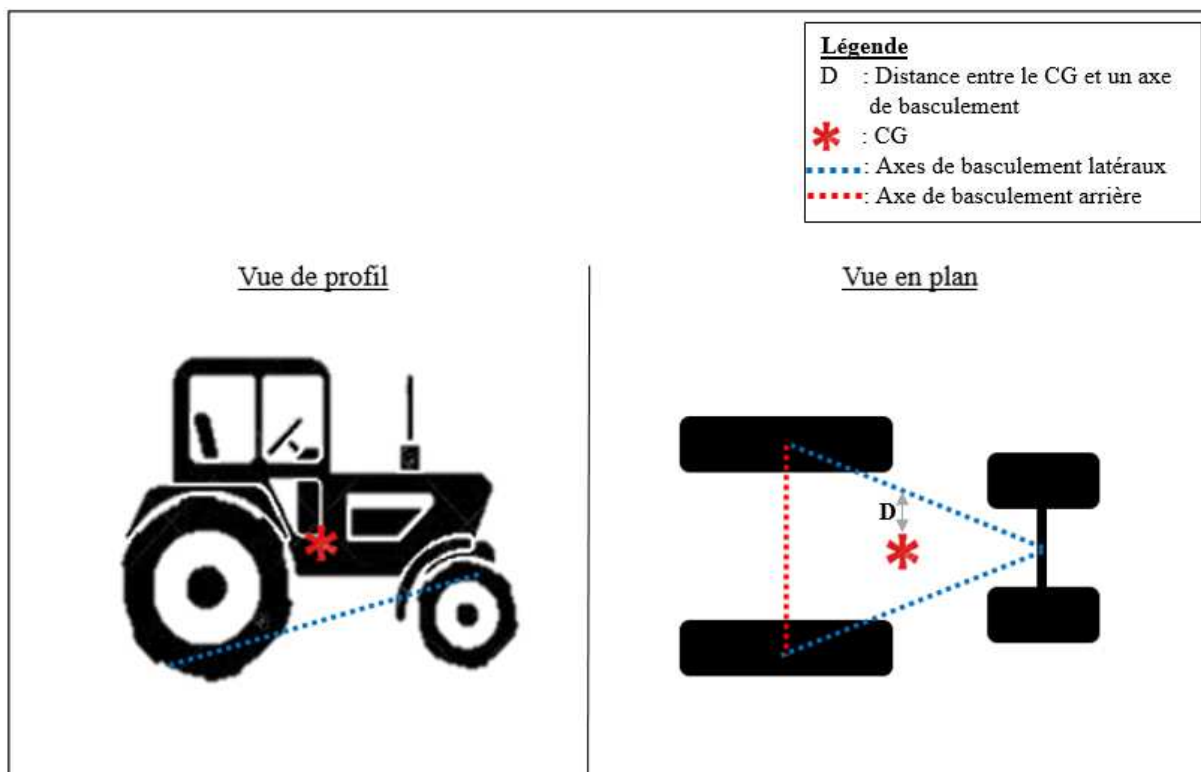


Schéma 9 : Positionnement du CG
d'un tracteur quatre roues motrices dans des conditions d'opération normales
Source : CNESST

Avec une charge élevée sur le devant du véhicule, par exemple une balle de foin dans une pince, le CG est plus haut et se déplace vers l'avant du tracteur. La position du CG se rapproche de l'un des axes de stabilité latérale par rapport aux conditions d'opération normales. Le tracteur peut donc être plus facilement déstabilisé (Schéma 10).

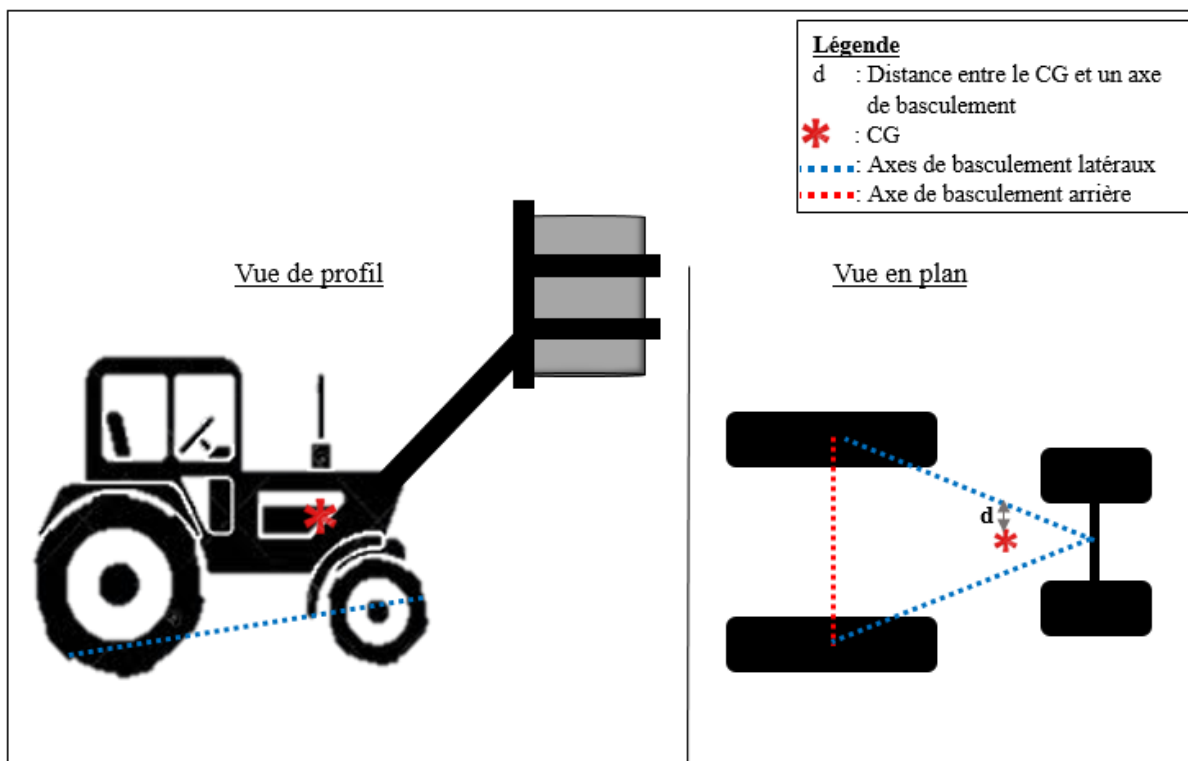


Schéma 10 : Positionnement approximatif du CG d'un tracteur quatre roues motrices avec une charge élevée sur le devant
Source : CNESST

4.2.13 Positionnement d'une charge lors de son transport

Le manuel du fabricant du chargeur mentionne, notamment à la page 7, l'information suivante :

A loader bucket should be transported in a low position at low ground speeds. Make turns slowly and use the tractor brakes cautiously. A full bucket in the raised position alters the center of gravity location of the machine and increases the possibility of mishaps.

Traduction libre :

Un godet de chargeuse doit être transporté dans une position basse à vitesse réduite. Faites les virages lentement et utilisez les freins du tracteur avec prudence. Un godet plein en position surélevée modifie l'emplacement du centre de gravité de la machine et augmente les risques d'accident.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Le franchissement de la crête d'un talus, pendant une manœuvre de recul, provoque le renversement latéral du tracteur et coince son opérateur entre la cabine et le sol.

Le jour de l'accident, un ouvrier agricole de la ferme Roberto Dufour se dirige, avec un tracteur, dans le secteur est de la ferme pour y prélever une balle de foin du tube 1 et la ramener à la grange du mélangeur à foin (Schéma 1).

Alors que la balle est dans la pince, il débute la manœuvre de recul qui lui permettra d'atteindre l'endroit où il se tournera et continuera sa route vers la grange du mélangeur à foin. Devant lui, se trouve le tube 1, à sa gauche un talus et à sa droite le tube 2 (Schémas 2 et 3).

À environ 5,4 m de l'extrémité ouest du tube, le tracteur, toujours dans son mouvement de recul, franchit la crête du talus et commence son renversement qui le mènera sur son côté gauche en bas du talus (schéma 7).

L'expertise réalisée sur le tracteur (réf. : 4.2.3) conclut au bon état général de l'équipement. Des travaux d'arpentage (réf. : 4.2.6) ont permis de démontrer qu'à l'endroit où le tracteur quitte le chemin, l'espacement minimal entre le tube 2 et la crête du talus peut atteindre 2,9 m. Pour ce qui est de la portion du talus où le tracteur poursuit son mouvement, des pentes maximales allant de 30 à 41 ° ont été évaluées. Un rapport d'expertise démontre (réf. : 4.2.7) que même en transportant une balle de foin près du niveau du sol, le tracteur peut renverser latéralement soit en effectuant un glissement sur 20 cm ou plus ou encore en effectuant une descente sans glissement suivi d'un arrêt brusque au bas de la partie abrupte du talus puisque son centre de gravité excède l'un de ses trois axes de stabilité (réf. : 4.2.12).

Pendant que le véhicule se renverse, l'opérateur, qui ne portait pas la ceinture de sécurité (réf. : 4.2.4), n'est pas maintenu dans la zone de protection prévue à l'intérieur de la cabine. Se trouvant dans la trajectoire du tracteur dans les instants qui précèdent le contact du véhicule avec le sol, le travailleur est coincé entre la cabine et le sol.

Le RSST, les fabricants et les normes applicables en la matière exigent que l'opérateur attache sa ceinture de sécurité lorsqu'il est à l'intérieur d'une structure de protection en cas de renversement, dans ce cas-ci une cabine de protection. Le manufacturier du tracteur indique :

Pour que l'arceau ou cabine de protection soit efficace, le conducteur doit être attaché sur le siège de la SPR... (réf. : 4.2.11.3)

Le port de la ceinture de sécurité n'aurait pas empêché le renversement, mais aurait contribué à réduire la gravité des blessures de l'opérateur, en maintenant ce dernier à l'intérieur de la zone de protection prévue dans la cabine.

Le franchissement de la crête d'un talus, pendant une manœuvre de recul, provoque le renversement latéral du tracteur et coince son opérateur entre la cabine et le sol.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La voie de circulation étroite en bordure d'un talus abrupt expose l'opérateur à un risque de renversement du tracteur.

Le 17 juillet 2018, le travailleur emprunte le chemin qui longe le tube 2 pour atteindre l'extrémité ouest du tube 1. Sur 55 m, il doit circuler avec un tracteur sur un chemin qui est délimité de part et d'autre par le tube 2 et un talus constitué d'herbes longues et d'arbustes. Sur ce chemin, alors que la distance extérieure entre les deux roues arrière du tracteur est de 2,32 m (réf. : 3.2.2), la distance entre le tube 2 et le bord du talus est par endroit aussi petite que 2,9 m (réf. : 3.1).

L'employeur, qui a placé le tube à cet endroit, est tout à fait conscient qu'un talus se trouve là. C'est pourquoi à l'été 2018, il prétend avoir formé M. [B] sur la procédure à appliquer pour aller chercher des balles de foin au tube 1 (réf. : 4.2.2). Non seulement cette procédure implique que le tracteur circule en marche avant sur cette voie de circulation, ce qui laisse peu de marge de manœuvre à l'opérateur par endroit, mais ce dernier doit l'emprunter de reculons une fois la balle de foin dans la pince sur une distance d'environ 115 m (réf. : 3.3). C'est pendant cette manœuvre que le tracteur se renverse latéralement.

Les manuels du manufacturier du tracteur et du chargeur, que l'employeur n'a jamais consultés et dont il ignore avoir en sa possession (réf. : 4.2.1), mentionnent clairement d'éviter de manœuvrer à proximité des talus. Aussi, selon la littérature, le tracteur doit rester à l'écart de la crête d'un talus d'une distance au moins équivalente à celle de la profondeur de celui-ci lorsqu'il circule (réf. : 4.2.10).

Le manuel du manufacturier du chargeur mentionne l'importance de circuler avec une charge en position basse (réf. : 4.2.13). Avec la balle de foin dans la pince dans une position plus élevée qu'à la normale, les conditions pour le renversement latéral du tracteur sont atteintes plus facilement (réf. : 4.2.12). Au moment du renversement, la position de la balle de foin transportée par le tracteur se trouve à environ 2,1 m du sol (réf. : 4.1). Cependant, bien que cet élément ait pu contribuer au renversement, le rapport d'expertise réalisé par un ingénieur de la CNESST démontre que toutes les conditions étaient réunies pour que le renversement se matérialise même avec la balle de foin en position abaissée (réf. : 4.2.7).

L'employeur ne réalise pas que, pendant que ses travailleurs effectuent cette tâche, ils s'exposent à un risque de renversement latéral avec le tracteur. Pourtant, la LSST confère à l'employeur des responsabilités en matière de gestion de la santé et de la sécurité du travail. Il doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. Évidemment, cette responsabilité repose sur une bonne identification des dangers et leur élimination. Dans ce cas-ci, l'employeur aurait dû placer le tube 1 à un endroit qui est à l'écart du talus ou encore aménager le secteur de façon à éliminer le talus.

En somme, des lacunes quant à l'identification du risque font en sorte que la voie de circulation étroite en bordure d'un talus abrupt expose l'opérateur à un risque de renversement du tracteur.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

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

- Le franchissement de la crête d'un talus, pendant une manœuvre de recul, provoque le renversement latéral du tracteur et coince son opérateur entre la cabine et le sol.
- La voie de circulation étroite en bordure d'un talus abrupt expose l'opérateur à un risque de renversement du tracteur.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le jour de l'accident, les inspecteurs interdisent l'utilisation du tracteur Case International, modèle 5240, numéro de série JJF1041514, impliqué dans l'accident et le font saisir pour expertise. Pour l'utiliser de nouveau, l'employeur devra démontrer, par une attestation d'une autorité compétente, que le tracteur est sécuritaire. Également, les inspecteurs interdisent à tout véhicule automoteur de circuler, sur une portion de 35 m du chemin, à partir de l'extrémité du tube 1 (réf. : RAP9124695).

Le 31 juillet 2018, suite à l'expertise, l'inspecteur Létourneau remet à l'employeur le tracteur Case International, modèle 5240, numéro de série JJF1041514, afin qu'il puisse effectuer les réparations nécessaires à sa remise en fonction (réf. : RAP9143858).

5.3 Suivi à l'enquête

La CNESST informera l'Union des producteurs agricoles (UPA) des conclusions de l'enquête.

ANNEXE A

Accidenté

Nom, prénom : [B]

Sexe : Masculin

Âge : [...]

Fonction habituelle : [...]

Fonction lors de l'accident : Ouvrier agricole

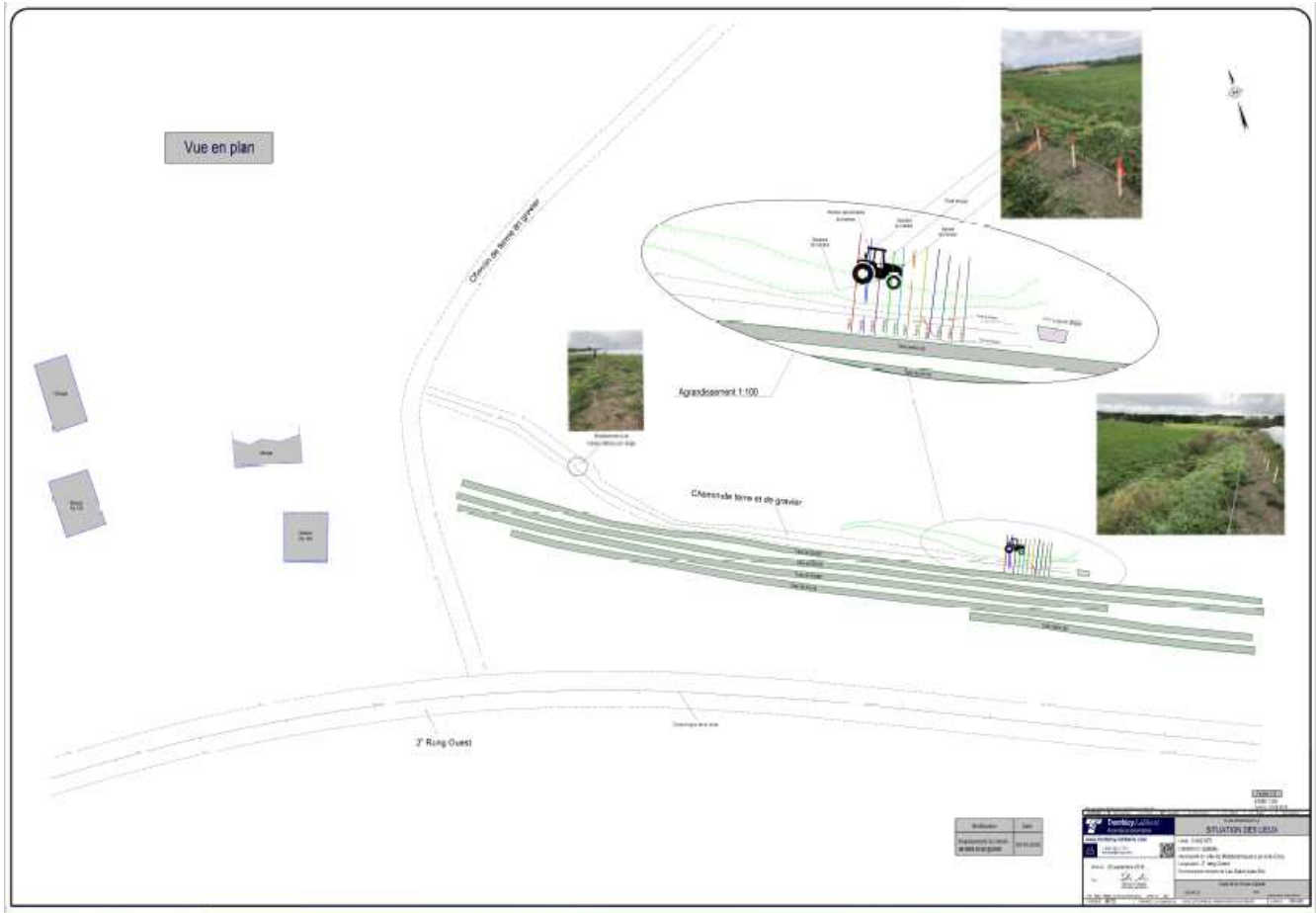
Expérience dans cette fonction : [...]

Ancienneté chez l'employeur : [...]

Syndicat : [...]

ANNEXE B

Plan du lieu de l'accident — TremblayLaliberté



ANNEXE C

Conditions météorologiques Environnement Canada



Gouvernement
du Canada

Government
of Canada

[Accueil](#) → [Environnement et ressources naturelles](#) → [Météo, climat et catastrophes naturelles](#)
→ [Conditions météorologiques et climatiques passées](#) → [Données historiques](#)

Rapport de données horaires pour le 17 juillet 2018

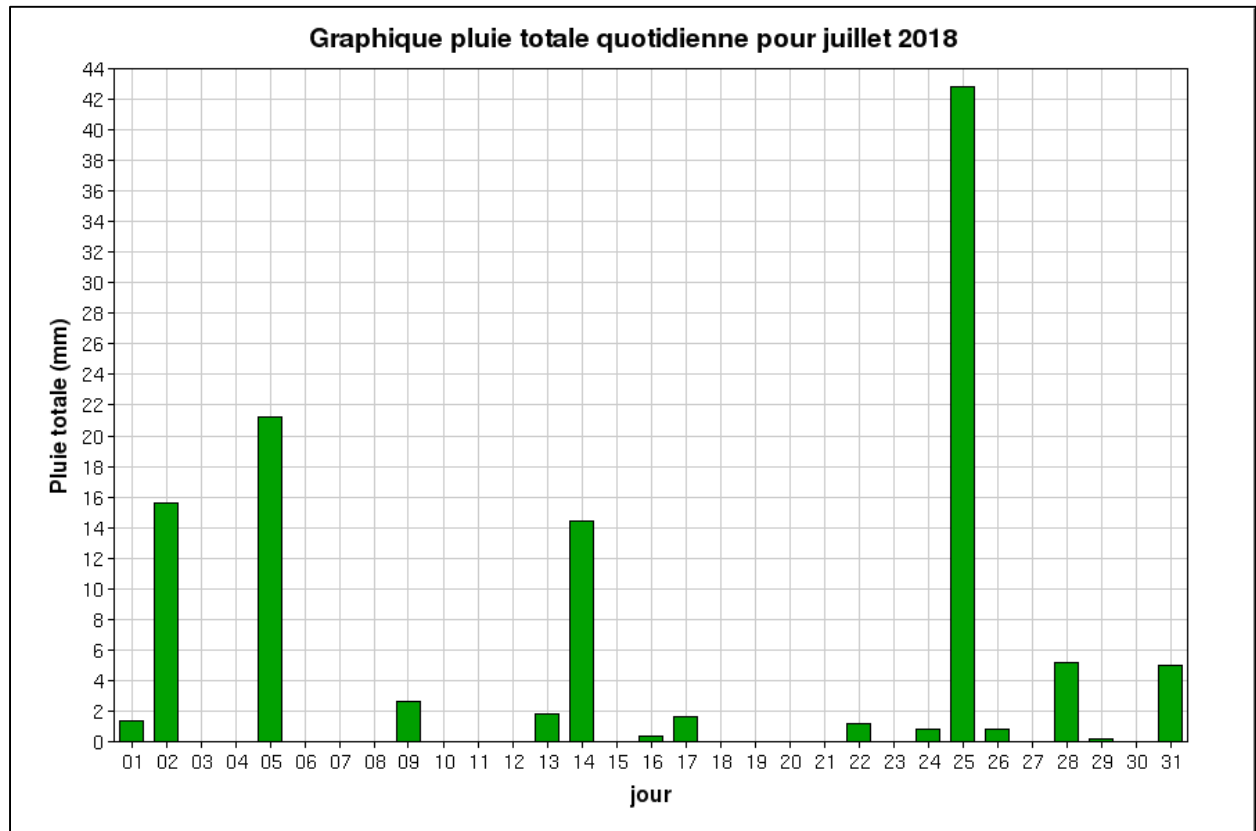
Toutes les heures sont exprimées en heure normale locale (HNL). Pour convertir l'heure locale en heure avancée, ajoutez 1 heure s'il y a lieu.

**MISTOOK
QUÉBEC**
Opérateur de station opérationnelle : ECCC - SMC

Latitude :	48°35'54,000" N
Longitude :	71°42'57,000" O
Altitude :	112,50 m
ID climatologique :	7065012
ID de l'OMM :	71381
ID de TC :	WIX

HEURE	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
00:00	23,7	15,7	61	18	16		99,21	28		ND
01:00	23,8	15,3	59	19	15		99,16	28		ND
02:00	21,2	17,6	80	32	1		99,18	27		ND
03:00	20,5	17,1	81	21	3		99,14	26		ND
04:00	21,1	16,1	73	19	8		99,13	26		ND
05:00	19,5	17,3	87	15	9		99,12			ND
06:00	19,9	17,7	87	17	12		99,10			ND
07:00	20,8	18,0	84	18	8		99,13	27		ND
08:00	22,7	18,7	78	16	6		99,10	29		ND
09:00	22,5	18,7	79	19	6		99,09	29		ND
10:00	23,7	19,6	78	22	12		99,05	31		ND
11:00	23,6	18,5	73	18	12		99,02	30		ND
12:00	24,9	20,6	77	27	4		98,94	33		ND

Station Roberval



ANNEXE D

Rapport d'inspection du tracteur — Maltais & Ouellet



Att Francois Duchesne :

Suite a la demande d'expertise concernant le tracteur Case 5240 numéro de série JJ104514.



Les résultats corresponde au constatation faite sur la machine tel quel était lors de son arrivé a notre entreprise.

1- Le levier de vitesse était en 1 et le levier de gamme étai en 2. Ce qui correspond au vitesse habituel utilisé lors de ce type de travaux.



2- Le levier d'inverseur de marche est en position reculons.

**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

Maltais & Ouellet

3- L'interrupteur du 4 roues motrices est engagé.



4- Le frein de stationnement (frein a main) est fonctionnel, il était engagé lors de la réception du tracteur.



5- Les freins sont fonctionnel, la seule constatation est que les 2 pédales de freins ne sont pas verrouillées ensemble.

**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

**Maltais & Ouellet**

6- Le système de conduite (orbite steering) dans la cabine est fonctionne.

7- Les Tie rod de direction sont fonctionnelles

a) Coté gauche :

- coté extérieur OK,
- coté intérieur, usée mais acceptable



b) Coté droite :

- coté extérieur : usée a remplacer mais fonctionnelle
- coté Intérieur OK

**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

 *Maltais & Ouellet*



8- La ceinture de sécurité et en bonne état et fonctionnelle



9- La suspension du siège est affaissée, le reste siège est en bonne état

**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

Maltais & Ouellet

10- Pression des pneus :

- Roue avant droite : 32 PSI
- Roue avant gauche : 32 PSI
- Roue arrière droite : 12 PSI
- Roue arrière gauche : 12 PSI

11- Le ketch de porte cote gauche était détaché de son encrage

- encrage usé légèrement mais fonctionnel.

1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672

 *Maltais & Ouellet*

- le crochet du ketch de porte son en bonne état et retienne bien l'ancrage



- Le loquet intérieur pour ouvrir la porte fonctionne bien
- Le bouton pression extérieur de la poignée ne fonctionne pas car le mécanisme est en partie séparé

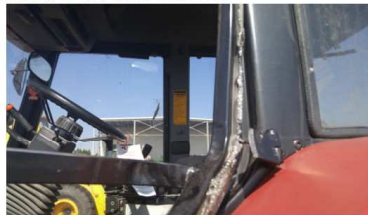
**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

Maltais & Ouellet



12- La porte de droite n'est pas endommagé et ferme très bien

13- La vitre et le cadre de porte gauche ont été endommagé
– cadre croche et penture du bas cassée



– Le cylindre de retenue de la porte gauche est en place et fonctionnel



14- Le tracteur n'est pas de contre poids a l'arrière

**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

Maltais & Ouellet



- aucune masse ajoutée sur le relevage arrière
- Aucun poids ajouté dans les roues arrière
- Aucun liquide dans les pneus

15- Le tracteur possède une pince a balle a l'avant du chargeur

- l'attache et la pince sont en bonne état



16- Les photos suivantes représente l'état du véhicule

Roue arrière gauche



1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672

Maltais & Ouellet



Roue avant droite



Roue avant gauche



1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672

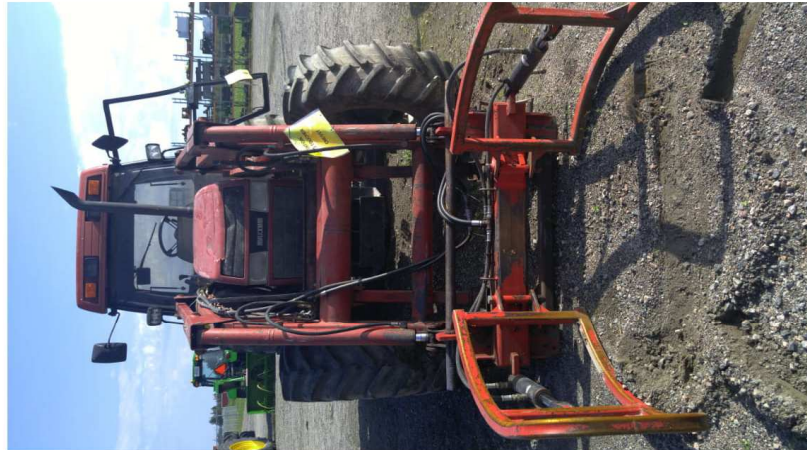
Maltais & Ouellet



Roue arrière droite



Vue avant tracteur



**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

Maltais & Ouellet



Vue arrière



Vue droite



Maltais & Ouellet



Vue de gauche

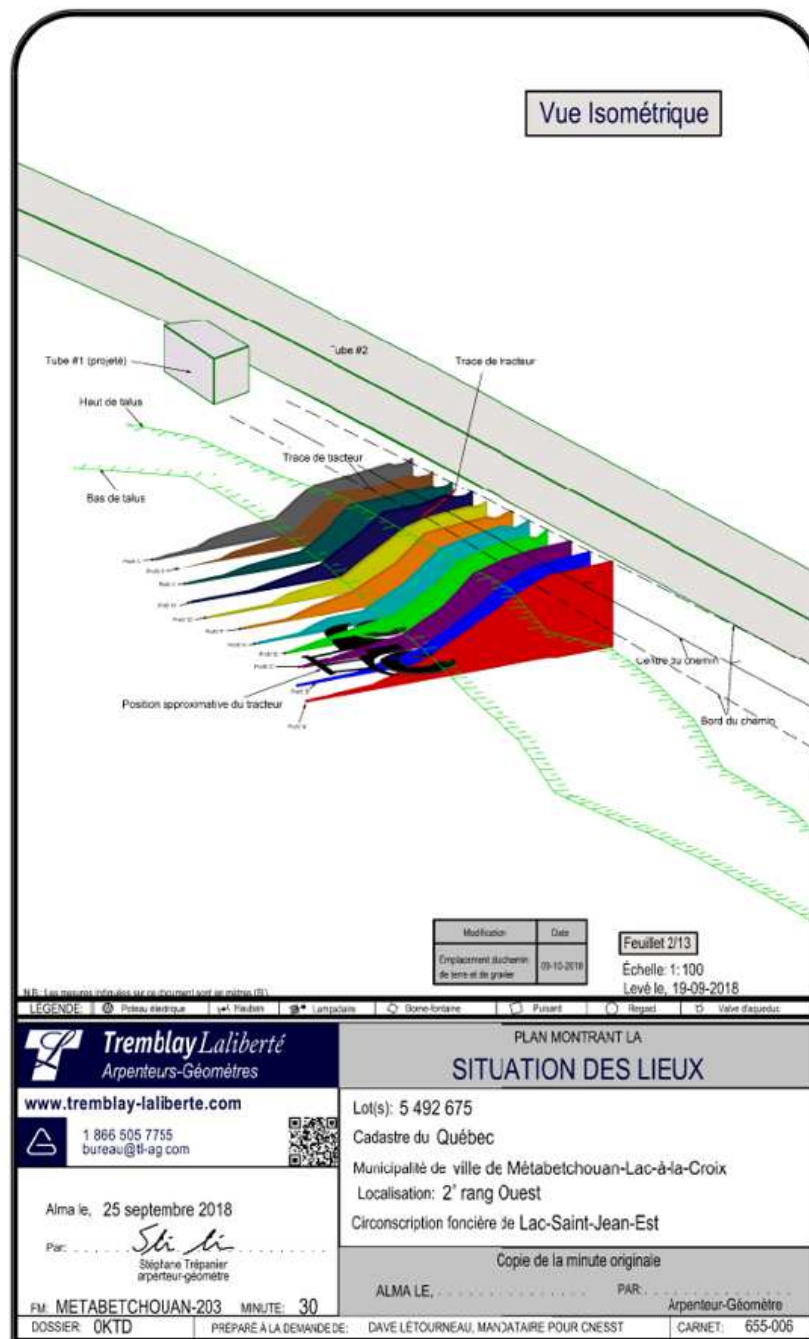


Bruno Bergeron
Gérant de service
1000 route 169
St-Bruno, QC
G0W 2L0
418-668-5254

**1000 Route 169, Saint Bruno, Qc, G0W-2L0
T. 418-668-5254
F. 418-668-2672**

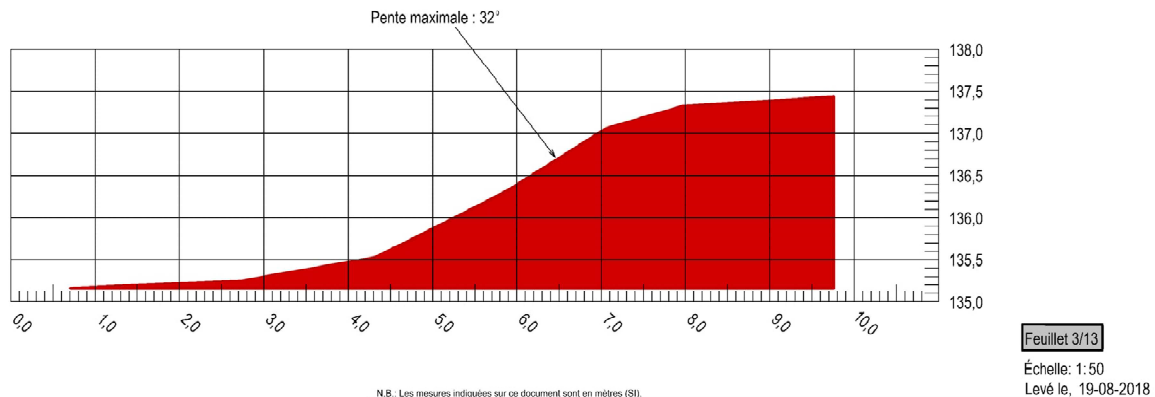
ANNEXE E

Vue isométrique d'une portion du terrain à l'extrémité ouest du tube 1
TremblayLaliberté



ANNEXE F

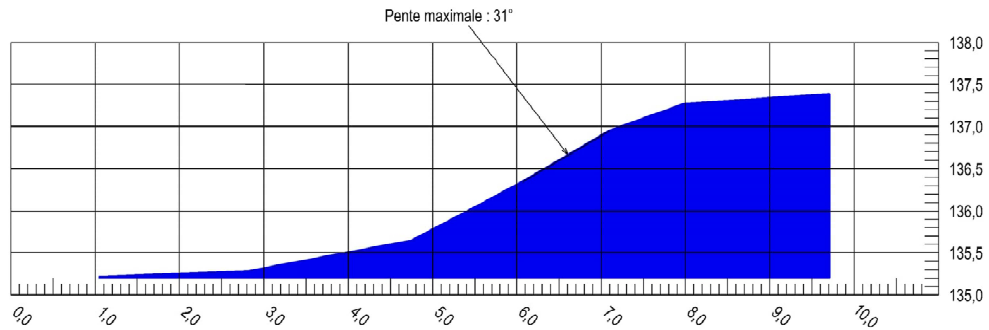
Profils d'une portion du terrain à l'extrémité ouest du tube 1
TremblayLaliberté



N.B. - Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI)

LEGENDE: Poteau électrique | Hauban | Lampadaire | Borne-fontaine | Puitsard | Regard | Valve d'aqueduc

<p>Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres</p> <p>www.tremblay-laliberte.com</p> <p>1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com</p> <p>Alma le, 25 septembre 2018</p> <p>Par: <i>Sté. Trépanier</i> Stéphane Trépanier arpenteur-géomètre</p> <p>FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30</p>		<p>PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'A'</p> <p>Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est</p> <p>Copie de la minute originale</p> <p>ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre</p>	
DOSSIER: OKTD		PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST	
		CARNET: 655-006	




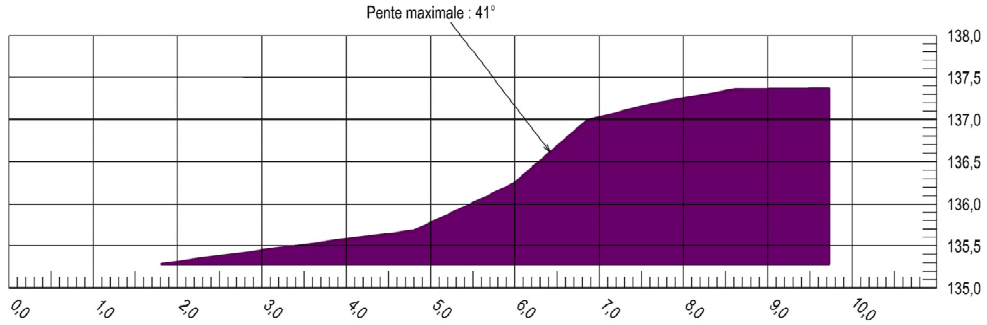
Feuillet 4/13

Échelle: 1:50
Levé le, 19-08-2018

N.B. : Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

Poteau électrique
 Hauban
 Lampadaire
 Borne-fontaine
 Puitsard
 Regard
 Valve d'aqueduc

 Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres		PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'B'	
www.tremblay-laliberte.com		Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec	
1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com		Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est	
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Sté</i> Stéphane Trépanier arpenteur-géomètre		Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre	
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30		DOSSIER: OKTD PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006	

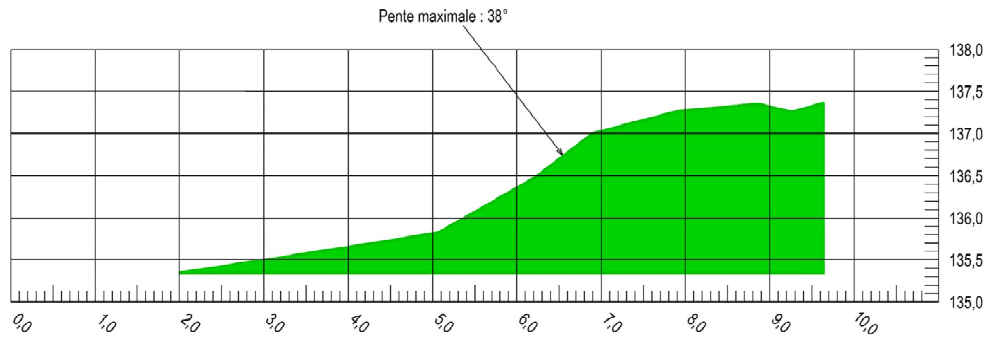


Feuillet 5/13

Échelle: 1:50
Levé le, 19-08-2018

N.B. : Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

LEGENDE: Poteau électrique, Hauban, Lampadaire, Borne-fontaine, Puitsard, Regard, Valve d'aqueduc	
Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres www.tremblay-laliberte.com 1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com	PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'C'
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Sté</i> Stéphane Trépanier arpenteur-géomètre	Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30	Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre
DOSSIER: OKTD	PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006




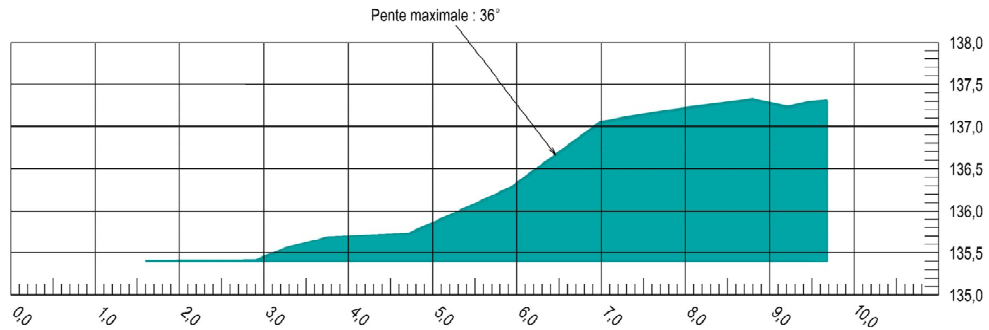
Feuillet 6/13

Échelle: 1:50
Levé le, 19-08-2018

N.B. : Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

Poteau électrique
 Hauban
 Lampadaire
 Borne-fontaine
 Puitsard
 Regard
 Valve d'aqueduc

 Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres		PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'D'	
www.tremblay-laliberte.com		Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec	
1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com		Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est	
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Sté</i> Stéphane Trépanier arpenteur-géomètre		Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre	
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30		DOSSIER: OKTD PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006	



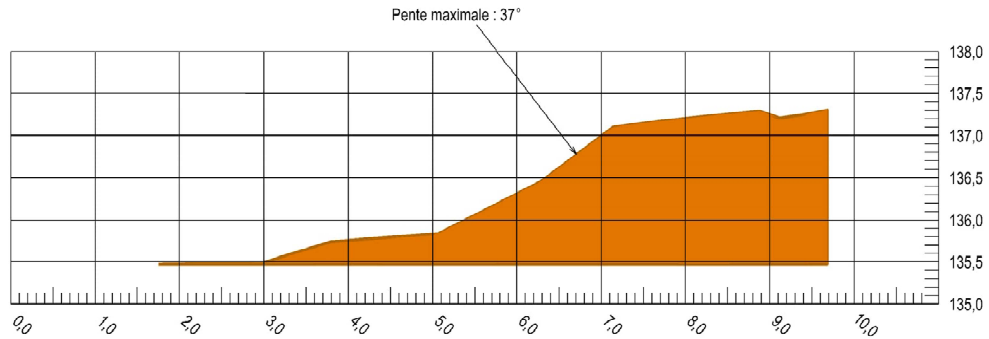
Feuillet 7/13

Échelle: 1:50

Levé le, 19-08-2018

N.B. : Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

LEGENDE: Poteau électrique, Hauban, Lampadaire, Borne-fontaine, Puitsard, Regard, Valve d'aqueduc	
Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres www.tremblay-laliberte.com 1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com	PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'E'
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Stéphanie Trépanier</i> Stéphanie Trépanier arpenteur-géomètre	Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30 DOSSIER: OKTD	Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006

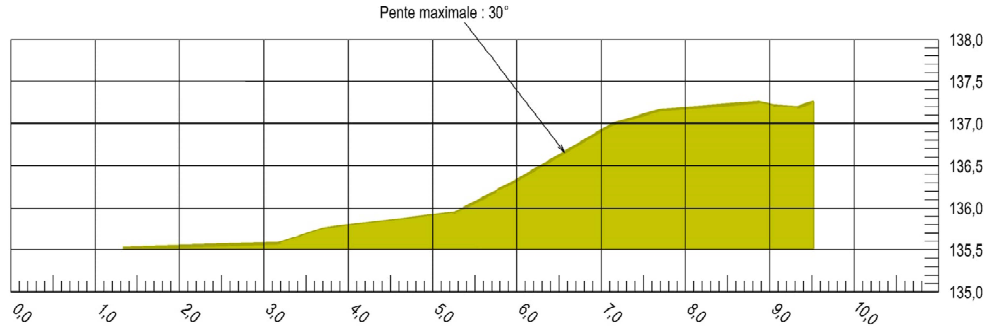


Feuillet 8/13

Échelle: 1:50
Levé le, 19-08-2018

N.B.: Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

LÉGENDE: Poteau électrique Hauban Lampadaire Borne-fontaine Puitsard Regard Valve d'aqueduc	
Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres www.tremblay-laliberte.com 1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com	
PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'F'	
Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est	
Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre	
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30 DOSSIER: OKTD PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006	



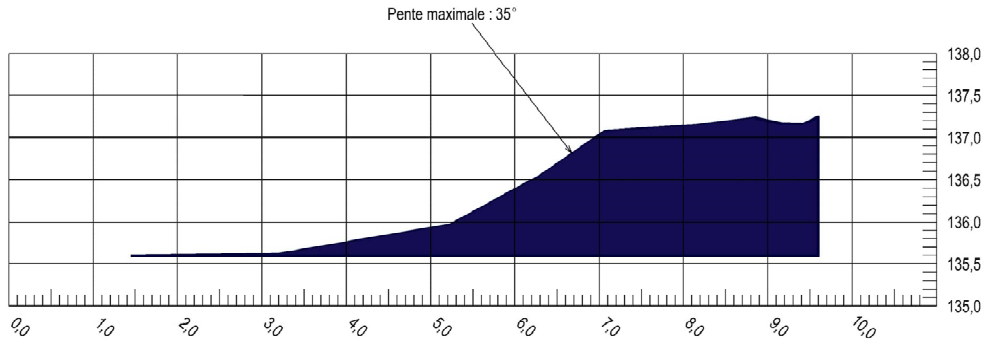
Feuillet 9/13

Échelle: 1:50

Levé le, 19-08-2018

N.B.: Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

LEGENDE: Poteau électrique, Hauban, Lampadaire, Borne-fontaine, Puitsard, Regard, Valve d'aqueduc	
Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres www.tremblay-laliberte.com 1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com	PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'G'
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Stéphanie Trépanier</i> Stéphanie Trépanier arpenteur-géomètre	Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30 DOSSIER: OKTD	Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006

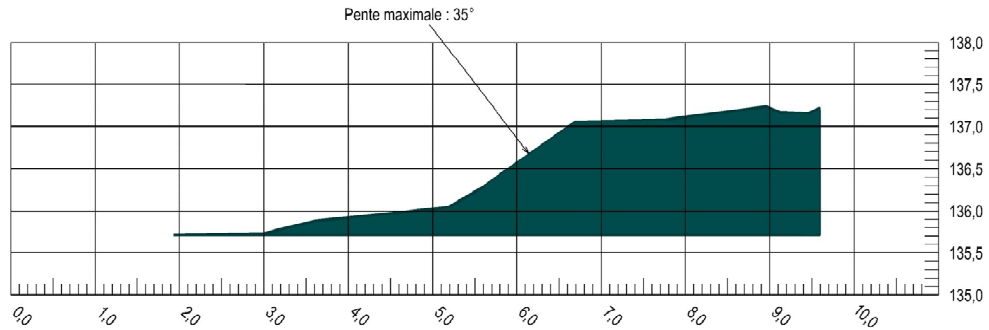


Feuillet 10/13

Échelle: 1:50
Levé le, 19-08-2018

N.B. : Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

<p>LEGENDE: Poteau électrique, Hauban, Lampadaire, Borne-fontaine, Puitsard, Regard, Valve d'aqueduc</p>	
<p>Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres</p>	
<p>www.tremblay-laliberte.com</p>	
<p>1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com</p>	<p>Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est</p>
<p>Alma le, 25 septembre 2018</p> <p>Par: <i>Sté</i> Stéphane Trépanier arpenteur-géomètre</p>	<p>Copie de la minute originale</p> <p>ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre</p>
<p>FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30</p>	<p>DOSSIER: OKTD PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006</p>



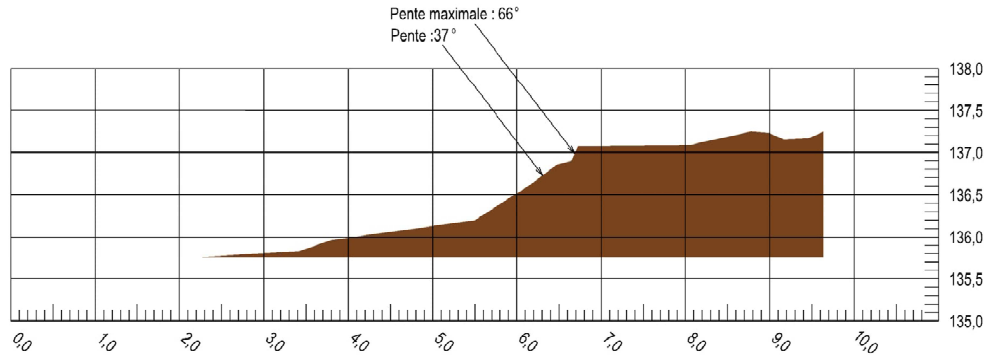
Feuille 11/13

Échelle: 1:50

Levé le, 19-08-2018

N.B.: Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

LEGENDE: Poteau électrique, Hauban, Lampadaire, Borne-fontaine, Puitsard, Regard, Valve d'aqueduc	
Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres www.tremblay-laliberte.com 1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com	
PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'J'	
Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est	Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Stéphanie Trépanier</i> Stéphanie Trépanier arpenteur-géomètre	FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30 DOSSIER: OKTD PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006



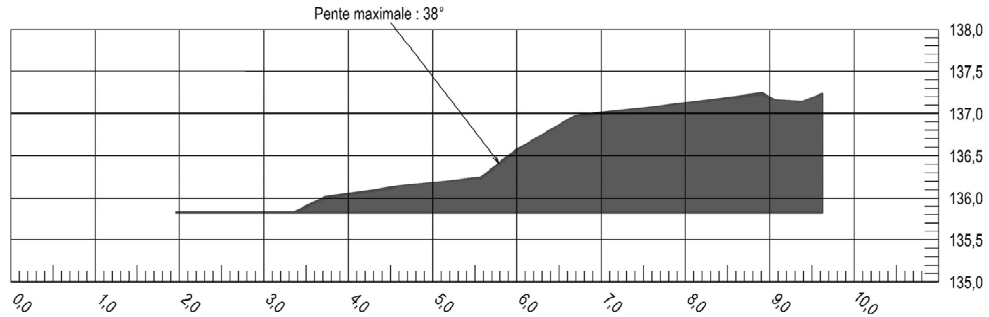
Feuillet 12/13

Échelle: 1:50
Levé le, 19-08-2018

N.B. : Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

Poteau électrique
 Hauban
 Lampadaire
 Borne-fontaine
 Puitsard
 Regard
 Valve d'aqueduc

<p>Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres</p> <p>www.tremblay-laliberte.com</p> <p>1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com</p>	PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'K'
	Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Sté</i> Stéphane Trépanier arpenteur-géomètre	Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30 DOSSIER: OKTD	PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006



Feuillet 13/13

Échelle: 1:50
Levé le, 19-08-2018

N.B. : Les mesures indiquées sur ce document sont en mètres (SI).

LEGENDE: Poteau électrique, Hauban, Lampadaire, Borne-fontaine, Puitsard, Regard, Valve d'aqueduc	
Tremblay Laliberté Arpenteurs-Géomètres www.tremblay-laliberte.com 1 866 505 7755 bureau@tl-ag.com	PLAN MONTRANT LA VUE DE PROFIL 'L'
Alma le, 25 septembre 2018 Par: <i>Stéphanie Trépanier</i> Stéphanie Trépanier arpenteur-géomètre	Lot(s): 5 492 675 Cadastre du Québec Municipalité de ville de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix Localisation: 2 ^e rang Ouest Circonscription foncière de Lac-Saint-Jean-Est
FM: METABETCHOUAN-203 MINUTE: 30 DOSSIER: OKTD	Copie de la minute originale ALMA LE, PAR: Arpenteur-Géomètre PRÉPARÉ À LA DEMANDE DE: DAVE LÉTOURNEAU, MANDATAIRE POUR CNESST CARNET: 655-006

ANNEXE G

Rapport d'expertise — CNESST



RÉSEAU D'EXPERTISE
EN PRÉVENTION-INSPECTION

RAPPORT D'EXPERTISE

Estimation de l'angle critique et de l'énergie requise pour provoquer le renversement d'un tracteur de ferme dans un talus

Rapport présenté à

*Dave Létourneau, M.Sc., chimiste, inspecteur
François Duchesne, ing. jr., inspecteur
Direction régionale du Saguenay - Lac-Saint-Jean*

Préparé par

*François Granger, ing. et agr.
Conseiller expert à la Direction générale de la
prévention - inspection et du partenariat*

(seule la version originale est signée)

15 janvier 2019

Table des matières

1. Mise en contexte	3
2. Description du mandat	3
3. Informations reçues	3
4. Estimation de la position du centre de gravité	4
5. Analyse.....	5
6. Conclusion.....	12

1. Mise en contexte

Le 17 juillet 2018, à Métabetchouan-Lac-à-la-croix, au Lac-Saint-Jean, un travailleur est écrasé lors du renversement latéral du tracteur de ferme qu'il opérait.



Photo 1 : Tracteur après le renversement (source CNESST)

2. Description du mandat

Le mandat consiste à déterminer du point de vue statique, l'angle critique de renversement pour provoquer un renversement latéral, ainsi que l'énergie requise pour renverser le tracteur à la suite d'un glissement dans le talus. Les effets dynamiques liés au fait que le tracteur se déplaçait en marche arrière ne sont pas analysés.

3. Informations reçues

Selon les informations reçues des inspecteurs de la CNESST, au moment de l'accident le tracteur se déplace en marche arrière avec le chargeur en position haute (point d'attelage de la pince à balles à environ 2,7 m au-dessus du sol). Le tracteur circule entre, à sa droite, un andain de balles de foin rondes enrobées d'un film de plastique (tube n° 2) et, du côté gauche, le bord d'un talus longeant un champ (photo 1). En allant chercher une balle de foin, les roues du tracteur circulent sur des herbes longues écrasées, chevauchant ainsi une zone de terre nue, là où se trouvaient les balles de foin précédentes. Le bord et la pente du talus sont recouverts d'herbes hautes. Au moment de l'accident, la partie en terre et les herbes étaient sèches. Selon les observations, la terre nue est durcie mais la surface est friable.

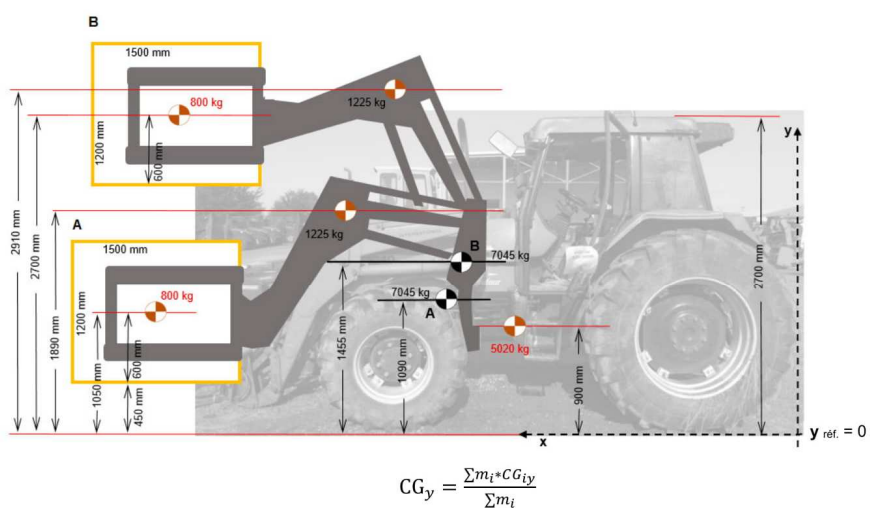
Les photos et le relevé d'arpentage effectué montrent que du profil L au profil D, il y a présence d'une ornière dans la voie de circulation des roues du côté droit. Tous les profils effectués montrent qu'à partir de la voie de circulation des roues du côté droit, il n'y a pas d'ornière jusqu'au bord du talus.

À l'endroit de l'accident, la voie de circulation frôle le bord du talus tel qu'indiqué par les herbes écrasées et jaunies par les passages répétés des roues. À la suite du renversement latéral du tracteur dans le talus, des traces ont été observées, suggérant un glissement avant le renversement. Selon les observations, le renversement s'est produit au bas de la partie abrupte du talus.

4. Estimation de la position du centre de gravité

Selon les manuels du fabricant, la masse du tracteur est de 5 020 kg et celle de l'équipement de levage est de 1 225 kg. Selon les informations obtenues par les inspecteurs, la balle de foin soulevée avec la pince pèse environ 800 kg.

Les positions verticales du centre de gravité pour l'ensemble tracteur-chargeur-balle de foin ont été estimées à partir des données disponibles lorsque la charge est basse (position A) et lorsque la charge est soulevée (position B). Pour le tracteur, la position verticale retenue pour le centre de gravité correspond au tiers de la hauteur du véhicule, ce qui est considéré raisonnable dans le cadre d'une estimation (Robar and Ruotolo, 2006). Le centre de gravité de la balle de foin a été positionné en son centre. Pour le chargeur, le centre de gravité a été positionné en supposant que sa masse était uniformément distribuée. L'estimation des positions verticales du centre de gravité lorsque la charge est basse (position A) ou soulevée (position B) est illustrée à la figure 1.



Position « A » : CG_y = 1 090 mm

Position « B » : CG_y = 1 455 mm

Figure 1. Positions verticales estimées (A et B) pour le centre de gravité de l'ensemble tracteur-chargeur-balle de foin (photo : Maltais et Ouellet)

La distance entre les extrémités des roues arrière est de 2 320 mm. Dans le sens de la largeur de l'ensemble, le centre de gravité est considéré être sur l'axe vertical central tel qu'illustré à la figure 2.

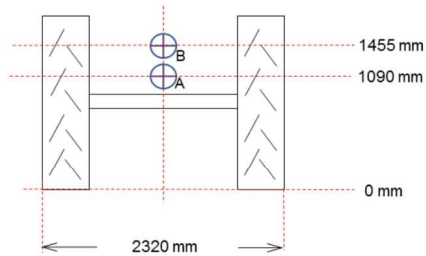


Figure 2. Positions estimées (A et B) pour le centre de gravité (vue arrière)

5. Analyse

Renversement statique

L'angle à partir duquel le tracteur peut se renverser latéralement d'un point de vu statique a été évalué pour les positions A et B (distance « a » sur la figure 3) du centre de gravité, ainsi que pour une largeur entre les points d'appui des roues arrière correspondant à 90% de la distance entre les extrémités des roues arrière, soit 2 088 mm. Cette largeur est jugée plus près de la réalité compte tenu de la basse pression dans les pneus (12 psi), de la forme des roues (rebords arrondis) et de la surface habituellement meuble d'un talus de terre recouvert d'herbes. La distance « b » sur la figure 3, correspond à la moitié de cette largeur.

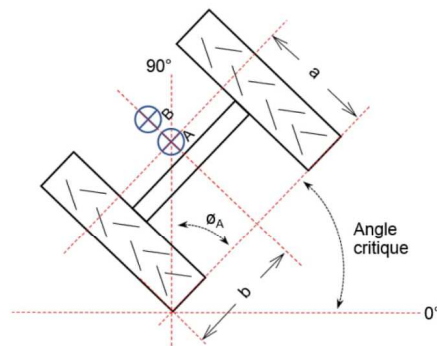


Figure 3. Illustration de l'angle critique (statique) de renversement latéral

Les angles critiques obtenus sont présentés au tableau 1. Ces résultats indiquent que lorsque la charge est basse (position A du CG), le tracteur peut se renverser latéralement avec une inclinaison de l'ordre de 44°.

Lorsque la charge est soulevée (position B du CG), le risque de renversement augmente et le tracteur peut se renverser avec une inclinaison plus faible de l'ordre de 36°.

Tableau 1. Angles critiques de renversement latéral

Position du CG	Largeur des roues	Distance a (mm)	Distance b (mm)	Angle ϕ°	Angle critique°
A	2 088 mm	1 090	1 044	46	44
B	2 088 mm	1 455	1 044	54	36

Les informations reçues sur la position du tracteur après le renversement permettent de retenir l'hypothèse que le tracteur s'est effectivement renversé une fois arrivé au bas de la partie abrupte du talus.

Les profils fournis par l'arpentage du terrain, montrent qu'à l'endroit où est survenu l'accident, le haut du talus a une pente maximale variant de 30° à 41°, la majorité des profils ayant toutefois une pente maximale en haut de talus de 35° et plus (figure 4).

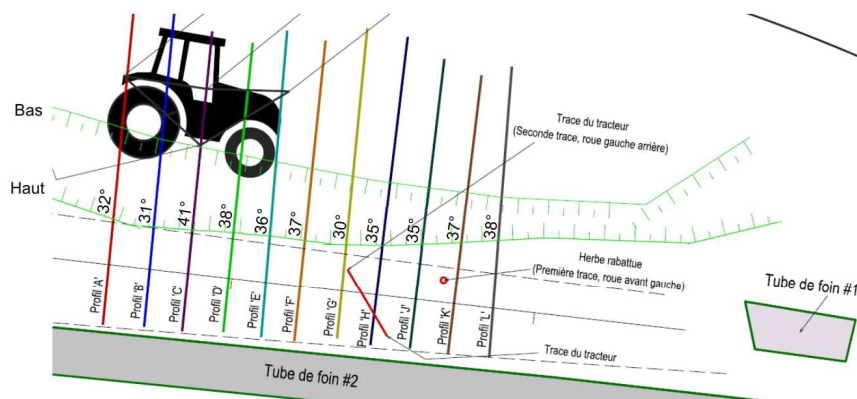


Figure 4. Pentes maximales dans le talus selon le relevé topographique réalisé (Source : feuillet 1/13, Tremblay-Laliberté, arpenteurs géomètres – pentes ajoutées par CNESST)

Toutefois, le degré d'inclinaison maximum du tracteur est atteint lorsque l'extrémité extérieure des roues du côté gauche atteignent le bas de la partie abrupte du talus. À partir du profil G, en se dirigeant vers le profil A, la partie abrupte du talus a une longueur de 2,3 m et plus et permet l'atteinte d'une inclinaison maximale. La figure 5 montre l'inclinaison maximale pouvant être atteinte par le tracteur pour les profils G et C.

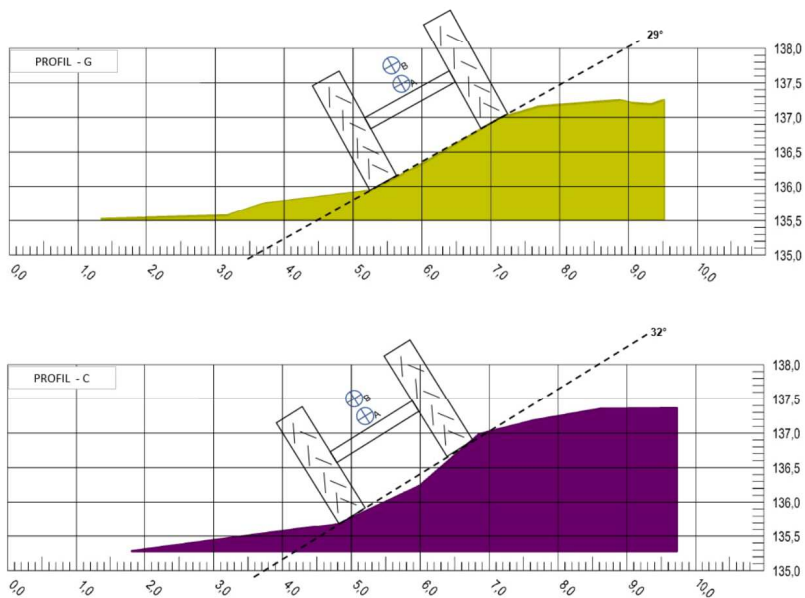


Figure 5. Inclinaison maximale du tracteur dans le talus pour les profils G et C.
(Source : feuillets 5 et 9/13, Tremblay-Laliberté, arpenteurs géomètres – illustrations ajoutées par CNESST)

Pour les profils G à A, l'inclinaison maximale pouvant être atteinte par le tracteur varie environ de 29° à 32°. Les profils C et D sont ceux pour lesquels l'inclinaison est la plus grande (32°). Ce degré d'inclinaison est près de l'angle critique statique avec la charge en position soulevée, soit 36° (position B du CG ; tableau 1), mais ne suffirait pas sans apport d'énergie à provoquer le renversement du tracteur.

Renversement dû au glissement

Lors de l'enquête, certaines des traces observées suggèrent un glissement avant le renversement. Une estimation du niveau d'énergie atteint à la suite d'un simple glissement a été réalisée afin de déterminer si ce niveau d'énergie serait suffisant à provoquer le renversement. L'estimation est réalisée en émettant l'hypothèse que la roue arrière gauche du tracteur a passé la crête du talus vis-à-vis le profil G, que le glissement a pu débuter vis-à-vis le profil F, et qu'à ce moment les deux roues arrière sont sur la végétation.

Pour réaliser cette analyse, l'utilisation d'un coefficient de friction dynamique (μ_k) entre les pneus et le sol est nécessaire. Idéalement ce coefficient est déterminé expérimentalement. Toutefois, pour cette estimation, des coefficients pertinents retrouvés dans la littérature sont considérés.

Selon Noon, (1994), cité par Cenek et al. (2005) dans une étude portant sur des essais de freinage de véhicules de promenade, les coefficients de friction dynamique entre des pneus et une route de terre et entre des pneus et une surface herbacée mouillée sont approximativement de 0,35 et 0,20 respectivement. Dans les essais de freinage avec un véhicule de promenade Cenek et al. (2005) ont obtenus des coefficients de friction dynamique (roues bloquées) de 0,21 sur le trèfle blanc et de 0,36 sur le raygrass lorsqu'il est long. Rivers (1997) présente des coefficients de friction dynamique variant de 0,5 à 0,8 pour des véhicules de promenade sur route de gravier. Cet auteur mentionne toutefois que pour les gros véhicules commerciaux, les coefficients de friction dynamique sont de 65 à 75% inférieurs aux valeurs présentées.

Pour sa part, le coefficient de friction statique est toujours plus élevé que le coefficient dynamique. De plus, lorsque l'angle critique de glissement (Θ_{max}) est atteint, le coefficient de friction statique est égal à la tangente de cet angle. Cet angle critique est estimé à 30°, soit l'inclinaison initiale du tracteur en supposant qu'initialement le tracteur ne bouge pas et que le glissement a débuté au niveau du profil F, au moment où la roue arrière du côté droit a atteint la zone d'herbes longues sur le bord du talus (figure 6). Le coefficient de friction statique est alors 0,6. Ainsi, le coefficient de friction dynamique sera inférieur à cette valeur. Compte tenu de cela et des coefficients sur l'herbe, il est jugé réaliste de retenir un coefficient de friction dynamique entre 0,3 et 0,4.

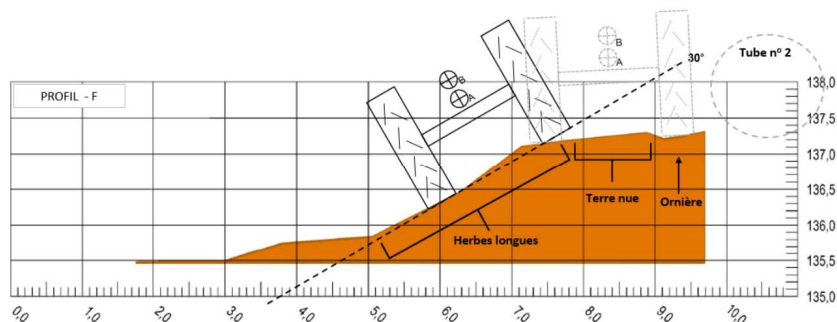


Figure 6. Inclinaison en début de glissement dans le talus pour le profil F.
(Source : feuillet 8/13, Tremblay-Laliberté, arpenteurs géomètres – illustrations ajoutées par CNESST)

Avec l'hypothèse émise, la distance de glissement maximale est d'environ 0,8 m au niveau du profil F. Une fois le glissement débuté, le coefficient de friction dynamique se situera entre 0,3 et 0,4 tel que mentionné précédemment.

En supposant que le tracteur s'arrête de glisser brusquement lorsque les roues du côté gauche heurtent un obstacle, par exemple, le bas de la partie abrupte du talus, la différence d'énergie atteinte après le glissement et celle requise pour provoquer un renversement statique peuvent être évaluées pour vérifier le renversement.

L'énergie requise pour provoquer un renversement statique est estimée à partir d'une inclinaison moyenne de 30°, soit, l'inclinaison du tracteur en début de glissement. L'angle critique de renversement statique est atteint lorsque le CG atteint la hauteur h_2 (figure 7). La différence d'énergie potentielle entre la hauteur h_1 et la hauteur h_2 du CG correspond à l'énergie requise pour provoquer un renversement lorsque le tracteur est incliné de 30°.

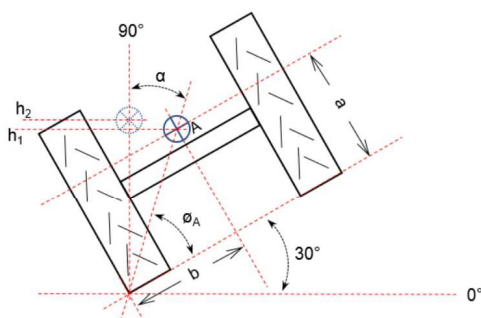


Figure 7. Illustration du déplacement du CG pour un renversement statique.

L'énergie de renversement statique peut être exprimé de la façon suivante :

$$E_r = mg(h_2 - h_1)$$

La masse de l'ensemble est de 7 045 kg et g est $9,81 \text{ m}^*\text{s}^{-2}$. Dans le cas du CG en position A ($a = 1,09 \text{ m}$ et $b = 1,04 \text{ m}$), h_1 est de $1,46 \text{ m}$ et h_2 est de $1,51 \text{ m}$. L'énergie de renversement statique est alors estimée à $3\,110 \text{ Joules}$. Dans le cas du CG en position B, l'énergie de renversement statique est estimée à 695 Joules .

Si l'énergie cinétique résiduelle (*énergie cinétique finale – perte d'énergie par frottement*) après le glissement est supérieure à l'énergie de renversement statique, le tracteur se renverse.

La figure 8, illustre le glissement latéral du tracteur sur une distance d.

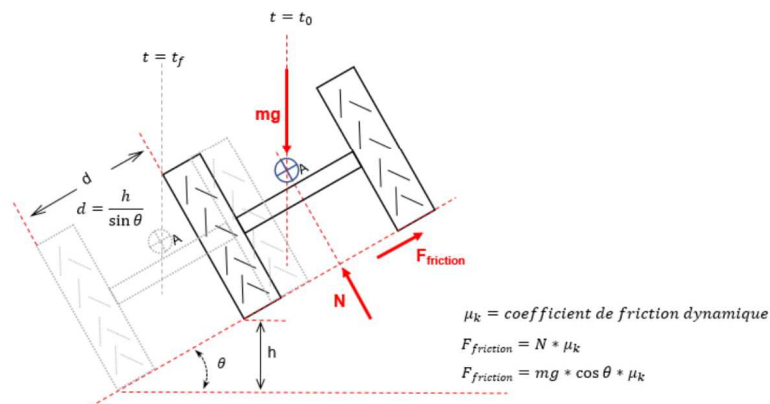


Figure 8. Illustration du glissement latéral du tracteur sur une distance d.

L'énergie résiduelle après glissement peut être exprimée de la façon suivante :

$$EP_0 + EK_0 = EP_f + EK_f + E_{friction}$$

où

EP_0 = énergie potentielle initiale

EK_0 = énergie cinétique initiale

EP_f = énergie potentielle finale

EK_f = énergie cinétique finale

$E_{friction}$ = énergie perdue par la friction

En émettant l'hypothèse qu'au début du glissement l'énergie cinétique est nulle et qu'à la fin l'énergie potentielle est entièrement transformée en énergie cinétique, EK_0 et EP_f valent zéro, et l'expression devient :

$$EK_f = EP_0 - E_{friction}$$

où

$$EP_0 = mgh$$

$$E_{friction} = F_{friction} * d$$

L'énergie cinétique résiduelle devient :

$$EK_f = mgh * \left(1 - \left(\frac{\cos \theta * \mu_k}{\sin \theta} \right) \right)$$

Le tableau 2 présente, pour une pente de 30° et le CG en position A, les distances minimales de glissement requises pour provoquer un renversement en fonction du coefficient de friction dynamique. À la fin du glissement, l'énergie de renversement statique, estimée à 3 110 Joules pour le CG en position A, est dépassé. Ainsi, un glissement sur une distance de 0,2 à 0,3 m produit une énergie cinétique résiduelle suffisante pour renverser le tracteur même si la charge est basse.

Tableau 2. Distances minimales de glissement causant un renversement lorsque le CG est en position A

Coefficient de friction μ_k	Distance de glissement (m)	Dénivelée (m)	EK_f résiduelle (Joules)
0,3	0,2	0,10	3 320
0,4	0,3	0,15	3 180

À titre comparatif, ces niveaux d'énergie cinétique sont relativement bas et sont comparables à l'énergie cinétique du tracteur avec sa charge (7 045 kg) qui roulerait à 3,5 km/h.

Le tableau 3 présente, pour une pente de 30° et le CG en position B, les distances minimales de glissement requises pour provoquer un renversement en fonction du coefficient de friction dynamique. À la fin du glissement, l'énergie de renversement statique, estimée à 695 Joules pour le CG en position B, est dépassé. Ainsi, avec la charge en position élevée, un glissement sur une distance de 0,04 à 0,06 m produit une énergie suffisante pour renverser le tracteur.

Tableau 3. Distances minimales de glissement causant un renversement lorsque le CG est en position B

Coefficient de friction μ_k	Distance de glissement (m)	Dénivelée (m)	EK_f résiduelle (Joules)
0,3	0,04	0,02	697
0,4	0,07	0,03	700

Il est à noter que pour un même coefficient de friction dynamique, un glissement sur une distance plus longue ou encore une descente sans glissement suivi d'un arrêt brusque au bas du talus fournira davantage d'énergie provoquant inmanquablement un renversement.

6. Conclusion

D'un point de vue uniquement statique, l'inclinaison du tracteur dans la partie abrupte du talus ne peut suffire sans apport d'énergie à provoquer son renversement même lorsque la charge est surélevée, bien que l'inclinaison soit près de l'angle critique.

Un glissement sur une distance de 20 cm ou plus, ou une descente sans glissement suivi d'un arrêt brusque au bas de la partie abrupte du talus, provoquera le renversement du tracteur que la charge soit basse ou surélevée.

Dans les conditions de l'accident, alors que la charge était en position élevée et le tracteur incliné dans le talus, très peu d'énergie était requise pour provoquer un renversement. Un glissement d'aussi peu que 7 cm était suffisant.

Les vibrations et le fait d'être en déplacement (embrayé en marche arrière / énergie mécanique) sur un terrain inégal ne feront qu'augmenter la facilité de renversement.

Références

Cenek, P., N.J. Jamieson and M.W. McLarin, 2005. *Frictional characteristics of roadside grass types*. Opus International Consultants, Central Laboratories, Gracefield, New Zealand. International Surface Friction Conference: roads and runways: improving safety through assessment and design, 1-4 May 2005, Christchurch, New Zealand.

Rivers, R.W., 1997. *Technical traffic accident investigator handbook. A level 3 reference, training and investigation manual*. Charles C Thomas Publisher LTD.

Robar, N.F. and G.L. Ruotolo, 2006. *Advanced traffic crash analysis*. Institute of police Technology and management. University of North Florida, USA.

ANNEXE H

Liste des témoins et personnes rencontrées

De l'entreprise Roberto Dufour :

Monsieur [C], [...]

Monsieur [A], [...]

De l'entreprise Maltais et Ouellet :

Monsieur Bruno Bergeron, gérant de service

De l'entreprise Centre agricole Saguenay-Lac-St-Jean :

Monsieur [D], [...]

Autres personnes :

Madame Myriam Simard, Sûreté du Québec

Monsieur Éric Larouche, Sûreté du Québec

Monsieur [E], [...]

Monsieur [F], [...]

ANNEXE I

Références bibliographiques

CASE. Tracteurs Maxxum 5220-5230-5240-5250 Operator Manual, Milwaukee, JI Case Company, 1993, 272 p.

CASE. 510 Loader Operator Manual, Milwaukee, JI Case Company, 1989, 50 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. *La météo au Canada*, [En ligne], 2018.
[https://meteo.gc.ca/Canada_f.html]

JOHN DEERE. *Farm and ranch safety management*, Moline, IL, John Deere publishing, 2009, 326 p.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES. Récolte et entreposage de grosses balles d'ensilage préfané, Ontario, Omagra, 2018, 7p.

QUÉBEC. Loi sur la santé et la sécurité du travail : RLRQ, c. S-2.1, à jour au 5 janvier 2016, Québec, Éditeur officiel du Québec, 2016, vi, xii, 68p.

QUÉBEC. Règlement sur la santé et sécurité du travail : RLRQ, c. S-2.1, r.13, à jour au 12 janvier 2016, Québec, Éditeur officiel du Québec, 2016, vii, 123 p.

SAE. Roll-Over Protective structure (ROPS) for wheeled agricultural tractors, Warrendale, PA, Society of Automotive Engineers, 1997, 24 p. (SAE 2194)

SAE. RollOver Protective structure (ROPS) for wheeled agricultural tractors, Warrendale, PA, Society of Automotive Engineers, 1989, 18 p. (SAE 1194)