

EN003977

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident mortel survenu à un travailleur
le 11 septembre 2012 à l'entreprise Gasmar inc.
située à Saint-Édouard-de-Fabre**

Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue

Inspecteurs :

Serge Gaudreault

Joëlle Harrisson

Date du rapport : 15 juillet 2013

Rapport distribué à :

- Monsieur A, [...] Gasmar inc.
- Dr Vydas Gurekas, coroner
- Dr Réal Lacombe, directeur de la santé publique
- Copie pour affichage

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 |
| 2.2.1 | MÉCANISMES DE PARTICIPATION | 3 |
| 2.2.2 | GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ | 3 |
| <u>3</u> | <u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u> | <u>4</u> |
| 3.1 | DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL | 4 |
| 3.2 | DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER | 4 |
| <u>4</u> | <u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u> | <u>8</u> |
| 4.1 | CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT | 8 |
| 4.2 | CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES | 9 |
| 4.2.1 | ÉLÉMENTS CONCERNANT LE TRACTEUR DE FERME | 9 |
| 4.2.2 | ÉLÉMENTS CONCERNANT LA CHARGEUSE DE BOIS ET SON CHARGEMENT | 11 |
| 4.2.3 | ÉLÉMENTS CONCERNANT LA TRAJECTOIRE DU VÉHICULE ET DE SON CHARGEMENT | 15 |
| 4.2.4 | ÉLÉMENTS CONCERNANT L'EXPÉRIENCE DU TRAVAILLEUR | 15 |
| 4.2.5 | ÉVALUATION TECHNIQUE | 15 |
| 4.2.6 | RÈGLEMENT ET NORME APPLICABLE | 16 |
| 4.3 | ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES | 17 |
| 4.3.1 | LA CHARGE REMORQUÉE FACILITE LA PERTE DE CONTRÔLE DU TRACTEUR | 17 |
| 4.3.2 | LA GESTION DU CHARGEMENT ET DU TRANSPORT DU BOIS EST DÉFICIENTE | 17 |
| <u>5</u> | <u>CONCLUSION</u> | <u>19</u> |
| 5.1 | CAUSES DE L'ACCIDENT | 19 |
| 5.2 | AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE | 19 |
| <u>ANNEXES</u> | | |
| ANNEXE A : | Accidenté | 20 |
| ANNEXE B : | Données techniques de la chargeuse de bois Woody | 21 |
| ANNEXE C : | Évaluation technique | 24 |
| ANNEXE D : | Liste des témoins et autres personnes rencontrées | 31 |
| ANNEXE E : | Référence bibliographique | 32 |

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

Un travailleur achemine des troncs d'arbre en direction de la ferme afin de préparer du bois de chauffage. Pour ce faire, il conduit un tracteur attelé d'une chargeuse de bois sur le chemin menant de la terre à bois à la ferme. À peu de distance de la ferme, dans une pente descendante, la chargeuse remorquée se met à vaciller. La chargeuse de bois déstabilise le tracteur et s'en détache. Le tracteur effectue un tonneau en projetant le travailleur. Le travailleur se retrouve finalement écrasé au sol par une des roues du tracteur.

Conséquences

Le travailleur décède.



Source : Sûreté du Québec

Photo 1 : Lieu de l'accident

Abrégé des causes

L'enquête permet d'identifier les causes suivantes :

- La disposition du chargement dans la chargeuse amplifie la perte de contrôle du tracteur;
- La gestion du chargement et du transport du bois est déficiente.

Mesures correctives

Dans le rapport RAP0805887 émis le 14 septembre 2012, la CSST interdit à l'employeur l'utilisation du tracteur et de la chargeuse de bois impliqués dans l'accident tant qu'un dispositif de protection en cas de renversement et qu'une ceinture ne soient installés, que l'état mécanique ne soit vérifié et qu'une procédure sécuritaire de chargement et de transport ne soit élaborée et diffusée.

Dans le rapport RAP0700386 émis le 7 décembre 2012, la CSST demande à l'employeur de rendre conforme à la réglementation un autre de ses tracteurs.

Dans le rapport RAP9075214 émis le 20 décembre 2012, la CSST permet l'utilisation de la chargeuse de bois puisque l'état mécanique a été vérifié et qu'une procédure sécuritaire de chargement et de transport a été élaborée.

L'employeur s'est conformé aux exigences de la CSST.

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

2.1 Structure générale de l'établissement

Gasmar inc., ci-après nommé l'employeur, est une entreprise agricole familiale administrée par M. A et M. B.

L'employeur œuvre dans la production laitière et la culture de fourrage et de céréales : avoine, orge et maïs. Ces derniers sont destinés à l'alimentation de son cheptel d'environ 150 bêtes dont près de la moitié sont des vaches laitières et l'autre moitié sont des génisses.

L'entreprise emploie de quatre à cinq travailleurs. La gestion et la supervision du personnel sont assumées par M. A.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Aucun mécanisme de participation n'est présent au sein de l'établissement (comité de santé et de sécurité). Notons que la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) et ses règlements correspondants n'imposent pas ces mécanismes aux entreprises du secteur agricole.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Outre des directives verbales qui sont données aux travailleurs concernant certains risques associés aux tâches qui leur sont assignées, l'entreprise n'a aucun mécanisme particulier qui vise la prise en charge de la santé et de la sécurité du travail. Il n'y a ni programme de prévention, ni plan d'action en matière de santé et de sécurité du travail.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

L'employeur possède 728,4 hectares (1 800 acres) de terres. Il y a 364,2 hectares (900 acres) qui sont utilisés pour la culture (283,3 hectares (700 acres) pour le fourrage et 80,9 hectares (200 acres) pour les céréales) tandis que l'autre moitié est constituée de bois. Le bois coupé est utilisé pour alimenter une fournaise extérieure pour chauffer la maison, le garage et l'eau de la ferme.

Selon Environnement Canada, à l'aéroport de Rouyn-Noranda, le 11 septembre 2012, vers 17 h (HAE), la température est de 23,9 °C avec une humidité relative de 50 %, un vent du nord-nord-est de 20 km/hre et un ciel généralement dégagé.

3.2 Description du travail à effectuer

Le jour de l'accident, du bois de chauffage de pleine longueur doit être transporté d'une terre à bois de l'employeur jusqu'à la ferme, et ce, sur une distance d'environ 3,3 km (voir figure 1) en prévision de la période hivernale.



Source : Google Maps

Figure 1 : Trajet entre la terre à bois et la ferme

Pour ce faire, le travailleur utilise le tracteur de ferme de marque OLIVER, modèle 1365 immatriculé C187286 et portant le numéro de série 706653 (photo 2). Ce tracteur a une puissance de 44 kW (59 HP).



Source : CSST

Photo 2 : Tracteur de ferme de marque Oliver

Au tracteur de ferme est attachée une chargeuse à bois de marque WOODY 140 (photo 3). Cette chargeuse est munie d'un grappin de 132 cm (52 po) d'ouverture. Les autres données techniques de la chargeuse de bois sont présentées à l'annexe B.



Source : CSST

Photo 3 : Chargeuse de bois de marque Woody

Lors de l'accident, le travailleur circule sur le chemin du retour vers la ferme sur le rang 2 sud en direction nord avec le tracteur et un plein chargement de bois. C'est en descendant une pente de 9 degrés que l'accident survient.

SECTION 4**4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE****4.1 Chronologie de l'accident**

Le 11 septembre 2012, M. C, ouvrier agricole, entreprend son travail vers 9 h à la ferme de l'employeur.

La tâche à effectuer consiste à transporter des troncs d'arbres déjà coupés de la terre à bois que possède l'employeur jusqu'à la ferme afin de préparer du bois de chauffage pour l'hiver. Le bois transporté est du sapin coupé depuis environ 1 an.

Vers 10 h, M. C effectue un premier transport de bois. Pour ce faire, il conduit le tracteur de ferme attelé de la chargeuse de bois chargée en empruntant le 2^e rang Sud. Rien de spécial n'est à signaler. Il poursuit cette tâche jusqu'à l'heure du diner et reprend en début d'après-midi vers 13 h.

Vers 16 h 45, Mme D, ouvrière agricole, circule en VTT sur le 2^e rang Sud en direction nord vers la ferme. Arrivée à environ 550 m de la ferme, elle rejoint M. C qui la devance sur le rang. À ce moment, le tracteur et la chargeuse de bois chargée circulent sur le rang qui est sans pente à cet endroit. Quelques mètres plus loin, une pente descendante se présente. Le véhicule conduit par M. C s'engage dans la pente.



Source : CSST

Photo 4 : Pente descendante du 2^e rang Sud

C'est alors que Mme D aperçoit la chargeuse de bois qui commence à vaciller dans le chemin. Les troncs d'arbres transportés se déplacent et vont jusqu'à heurter des arbustes en bordure du chemin. M. C poursuit la descente de la pente et le chargement vacille de plus en plus jusqu'à ce qu'il perde le contrôle du tracteur. Le tracteur tourne vers la gauche et bascule vers sa droite en faisant un tonneau. Pendant le tonneau, M. C est projeté du siège du conducteur. Au même moment la chargeuse de bois se sépare du tracteur et se renverse dans le fossé côté Est du chemin. Au final, la roue arrière gauche du tracteur se retrouve par-dessus M. C qui est au sol.

Mme D, qui voit l'accident, se dirige immédiatement auprès de M. C. Elle lui dit qu'elle va chercher des secours. M. C ne répond pas. C'est M. E, frère de l'employeur qui, avisé par Mme D, contacte les secours. Un peu plus tard, Mme F, ouvrière agricole, arrive sur les lieux de l'accident au volant d'un autre tracteur afin de pouvoir dégager la victime. Le moteur du tracteur accidenté, qui tourne toujours, est arrêté par Mme D avant de procéder à la manœuvre. Une fois dégagé, M. C est déplacé dans une position sécuritaire. Vers 17 h 5, les ambulanciers arrivent sur les lieux de l'accident et prennent en charge la victime qui est par la suite transportée au Centre de santé et de services sociaux de Ville-Marie où son décès est constaté vers 18 h 30.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Éléments concernant le tracteur de ferme

En plus des éléments mentionnés à la section 3.2, nous pouvons observer que :

- La masse nette du tracteur est de 2 042 kg;
- Il n'y a pas de ceinture de sécurité au poste de conduite du tracteur;
- Un arceau muni d'un toit en bois est présent sur le tracteur. Cette structure est de fabrication maison;
- Après le renversement, l'arceau s'est rompu (photo 5);



Source : CSST

Photo 5 : Arceau brisé de fabrication maison

- Il n'y a pas de panneau avertisseur triangulaire d'apposé à l'arrière du tracteur de ferme;
- La barre de traction située à l'arrière du tracteur de ferme est tordue et cassée (photo 6);



Source : CSST

Photo 6 : Barre de traction du tracteur

4.2.2 Éléments concernant la chargeuse de bois et son chargement

En plus des éléments mentionnés aux sections 3.2 et 4.1, nous pouvons observer que :

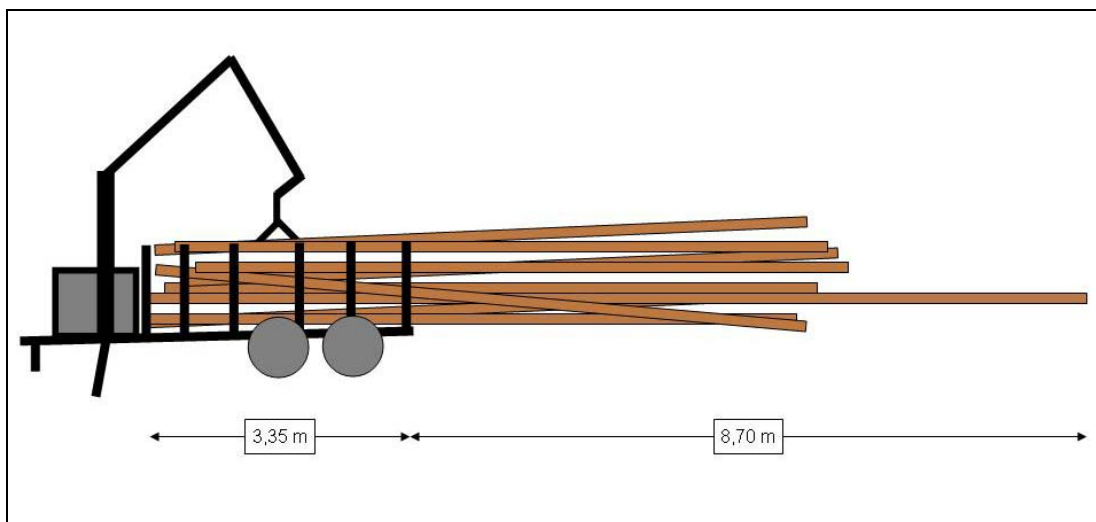
- La chargeuse de bois est munie de deux sangles pour attacher le chargement, toutefois lors de l'accident celles-ci ne sont pas utilisées (photo 7);
- Le chargement contient des billots de bois partant d'un certain diamètre (gros bout) à une pointe (bout fin) ressemblant à la cime de l'arbre;



Source : Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ)

Photo 7 : Sangles rétractées

- La masse nette à vide de la chargeuse est de 1 700 kg (selon les mesures prises par la SAAQ);
- La masse de la chargeuse avec une partie de son contenu de bois est de 3 050 kg (lors de la journée de la pesée, le chargement de bois avait été coupé);
- La longueur de l'espace de chargement de la chargeuse est de 3,35 m (voir figure 2);



Source : CSST

Figure 2 : Mesures du chargement après le renversement

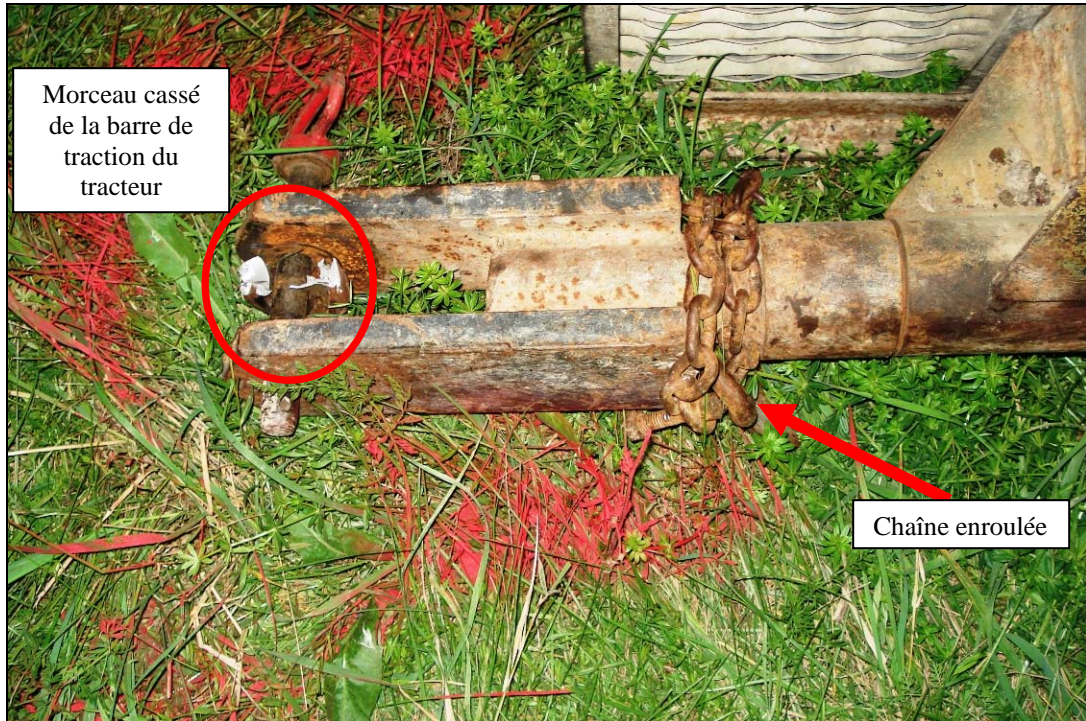
- La longueur totale du chargement sur l'espace de chargement est de 12,05 m (mesure effectuée dans le fossé, après renversement);
- La longueur de l'excédent arrière est donc de 8,70 m;
- Un système de freins électriques est présent dans les roues, mais il est altéré et non fonctionnel (photo 8);



Source : SAAQ

Photo 8 : Frein altéré de la chargeuse

- La chaîne de sécurité est enroulée autour du timon de la chargeuse (photo 9);
- Une section de la barre de traction du tracteur est présente sur la goupille de la chargeuse (photo 9), de plus nous observons une encoche dans la goupille qui est insérée dans le timon de la chargeuse (photo 10).



Source : SAAQ

Photo 9 : Timon de la chargeuse

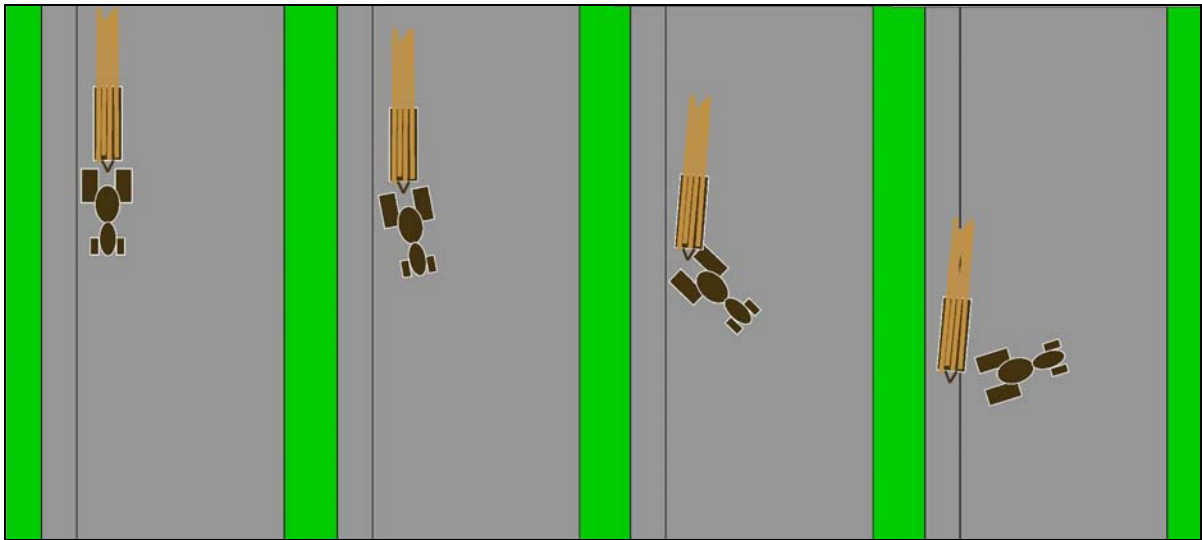


Source : CSST

Photo 10 : Goupille dans le timon de la chargeuse

4.2.3 Éléments concernant la trajectoire du véhicule et de son chargement

À partir des renseignements techniques obtenus de la Sûreté du Québec, les traces au sol confirment que la chargeuse effectue une trajectoire de zigzag, et ce, à partir du haut de la pente. De plus, les traces au sol ainsi que la position du tracteur et celui de la chargeuse après l'accident permettent de conclure qu'il y a eu une mise en portefeuille du tracteur et de la chargeuse. Voici l'illustration d'une mise en portefeuille :



Source : CSST

Figure 3 : Illustration d'une mise en portefeuille

4.2.4 Éléments concernant l'expérience du travailleur

Selon les témoignages recueillis, M. C, [...], a opéré des tracteurs depuis qu'il est jeune, et ce, pendant une douzaine d'années. [...]. Il a déjà opéré le tracteur de ferme de marque Oliver. M. C entame sa troisième semaine cette année comme ouvrier agricole. Habituellement, M. C œuvre plutôt dans le secteur de l'exploration minière à titre de foreur, et ce, depuis environ 20 ans.

4.2.5 Évaluation technique

Afin de mieux connaître les forces en présence lors de l'accident et leur influence sur le centre de gravité, une évaluation technique a été réalisée par un expert de la CSST. Cette évaluation est reproduite à l'annexe C.

Voici quelques extraits :

« Le fait d'avoir un ensemble de billots qui éloigne vers l'arrière de la remorque son centre de gravité contribue à déstabiliser son comportement routier. Dépendamment des imperfections sur la chaussée, le positionnement du centre de gravité vers l'arrière de la remorque provoquera un

mouvement de balancier se traduisant par une alternance de la charge sur le timon en force ascendante et descendante. »

« En ajoutant le paramètre d'oscillation droite-gauche de la remorque qui crée une composante perpendiculaire (Fe) entre les pneus arrières du tracteur et le sol ainsi que l'angle entre le tracteur et la remorque qui affecte également la composante (Fe) pour maintenir la vitesse constante dans la pente descendante, on se retrouve avec une capacité de freinage disponible très faible, voir pratiquement nulle. »

4.2.6 Règlement et norme applicable

✓ Le Règlement sur la santé et la sécurité du travail¹ prévoit notamment que :

« **278. 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 kilowatts.

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. »

« **279. Plaque d'identification** : Une plaque doit être fixée sur la structure de protection en cas de retournement. Cette plaque doit indiquer :

- 1° le nom du fabricant;
- 2° le numéro de série de la structure de protection;
- 3° la norme à laquelle elle est conforme;

¹ L.R.Q., c. S-2.1, r.13

4° la marque et le modèle de l'équipement pour lesquels elle a été conçue.

La plaque doit être fixée de manière permanente et les inscriptions y apparaissant doivent demeurer lisibles en tout temps. »

« **280. 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. »

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 La disposition du chargement dans la chargeuse amplifie la perte de contrôle du tracteur

La chargeuse de bois qui est remorquée par le tracteur contient une quantité de bois considérable. De plus, il est constaté que le bois dépasse la chargeuse jusqu'à une distance de 8,70 m tout en n'étant pas attaché à l'aide des sangles prévues à cet effet. De fait, la chargeuse seule représente une masse à vide de 1 700 kg. Si on y ajoute la masse du bois chargé, le total représente un minimum² de 3 050 kg. À cela s'ajoute le fait que les freins de la chargeuse remorquée sont altérés et non fonctionnels ce qui fait en sorte que seul le tracteur peut ralentir la charge dans la pente.

Par ailleurs, à partir des informations recueillies et des photos prises sur les lieux de l'accident, il est vraisemblable de conclure que l'embrayage du tracteur est en position neutre lors de l'accident. Il n'y a donc aucune traction exercée par le tracteur. Le fait que le chargement excède de beaucoup l'espace de chargement de la chargeuse déplace de manière inhabituelle son centre de gravité vers l'arrière, augmentant d'autant l'instabilité.

En freinant ou en ralentissant dans la pente, l'adhérence des roues arrières du tracteur avec la route est inférieure à l'ensemble des forces générées par le comportement de la chargeuse entraînant une instabilité du tracteur.

L'ensemble de ces facteurs créent de grandes difficultés au conducteur afin de garder le contrôle du véhicule. L'oscillation gauche-droite de la chargeuse par rapport au tracteur juste avant l'accident démontre d'ailleurs cette difficulté. Il y a donc finalement perte de contrôle du tracteur et de sa charge.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La gestion du chargement et du transport du bois est déficiente

Dans le présent accident, l'employeur n'a mis en place aucune mesure de prévention pouvant prévenir ce malheureux événement. Ainsi, le travailleur procède lui-même au

² Voir section 4.2.2

chargement de plus de 1 350 kg de bois sans avoir été informé des conséquences d'une telle disposition et des limites d'utilisation des équipements de transport. L'employeur se fie aux connaissances générales et à l'expérience du travailleur à la ferme familiale et ne vérifie aucunement s'il possède les connaissances requises pour exécuter de manière sécuritaire le travail qui lui est confié.

Le choix de ce tracteur pour effectuer cette tâche, l'absence de ceinture de sécurité, la présence d'un dispositif de protection en cas de renversement de fabrication maison offrant une fausse sécurité puisqu'il rupture au premier événement, la non-utilisation des sangles d'attaches du chargement, la longueur du chargement de bois excédant la chargeuse, l'absence de consigne de sécurité pour le chargement et le transport de bois ainsi que l'altération des freins de la chargeuse sont tous des éléments sur lesquelles l'employeur pouvait et devait exercer un contrôle et une gestion préventive.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

L'enquête permet d'identifier les causes suivantes :

- La disposition du chargement dans la chargeuse amplifie la perte de contrôle du tracteur;
- La gestion du chargement et du transport du bois est déficiente.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Dans le rapport RAP0805887 émis le 14 septembre 2012, la CSST interdit à l'employeur l'utilisation du tracteur et de la chargeuse de bois impliqués dans l'accident tant qu'un dispositif de protection en cas de renversement et qu'une ceinture ne soient installés, que l'état mécanique ne soit vérifié et qu'une procédure sécuritaire de chargement et de transport ne soit élaborée et diffusée.

Dans le rapport RAP0700386 émis le 7 décembre 2012, la CSST demande à l'employeur de rendre conforme à la réglementation un autre de ses tracteurs.

Dans le rapport RAP9075214 émis le 20 décembre 2012, la CSST permet l'utilisation de la chargeuse de bois puisque l'état mécanique a été vérifié et qu'une procédure sécuritaire de chargement et de transport a été élaborée.

L'employeur s'est conformé aux exigences de la CSST.

ANNEXE A

Accidenté

ACCIDENTÉ

Nom, prénom : C

Sexe : Masculin

Âge : [...]

Fonction habituelle : Foreur

Fonction lors de l'accident : Ouvrier agricole saisonnier

Expérience dans cette fonction : 2 semaines

Ancienneté chez l'employeur : 2 semaines

Syndicat : Aucun

ANNEXE B

Données techniques de la chargeuse Woody



WOODY

CHARGEUSE 140



Depuis maintenant 10 ans, la simplicité ainsi que la robustesse de nos chargeuses en ont fait un produit de qualité renommé. Grâce à notre productivité ajoutée à notre stratégie de vente, nous sommes en mesure de vous offrir une chargeuse de qualité à un prix très compétitif.

Le modèle 140 est le plus vendu puisqu'il s'adapte bien au milieu forestier et agricole. Il est idéal pour les tracteurs de 50 HP et plus, et possède le meilleur rapport poids versus capacité de levage. Il s'installe sur une remorque de modèle 1420 ou peut servir tel quel à l'aide de l'attache trois points.



Source : Gasmar inc.

| DESCRIPTION | 140 |
|--------------------------------|------------|
| Portée maximale du mât | 16' |
| Portée minimale du mât | 28" |
| Rotation du mât | 300° |
| Cylindre de rotation du mât | 3 1/2"x20" |
| Hauteur du mât | 76" |
| Portée des stabilisateurs | 120" |
| Cylindres des stabilisateurs | 2 1/2"x16" |
| Cylindre du bras | 3 1/2"x24" |
| Cylindre de l'avant-bras | 3"x24" |
| Ouverture du grappin | 52" |
| Fermeture du grappin | 3" |
| Cylindre du grappin | 3 1/2"x8" |
| Rotation du grappin | continue |
| Capacité de levage, portée max | 1400 lbs |
| Poids total de la chargeuse | 1170 lbs |



La chargeuse 140 est vendue munie d'un grappin de 52 pouces d'ouverture. Elle possède 34 points de graissage, bien identifiés dans son livre de pièces. De plus, toutes les jointures de la chargeuse sont faites de tube mécanique, ce qui diminue au minimum son usure, allongeant ainsi de beaucoup sa durée de vie.

Comme tout nos modèles de chargeuses, le modèle 140 est fourni avec des contrôles joysticks, des stabilisateurs indépendants, et un rotor continu.

| Description | 1420 |
|----------------------------|----------|
| Longueur hors tout | 17' 8" |
| Largeur hors tout | 78" |
| Longueur de chargement | 13' |
| Dimension des pneus | Au choix |
| Nombre de poteaux à angles | 12 |

La remorque 1420 est munie d'une rallonge de 4' ainsi qu'un accroche grappin, qui maintient le grappin de façon solide et sécuritaire.



Winch 1300.
GRAND CHOIX DE COULEUR
PLAN DE FINANCEMENT DISPONIBLE
7.543

Vendu par

LES ÉQUIPEMENTS FORESTIERS WOODY
 293, rue du Parc
 St-Odilon G0S 3A0
 Tél.: (418) 464-2748 Fax: 464-2746
 ewoody@globetrotter.net.

Source : Gasmac inc.

ANNEXE C

Évaluation technique

Évaluation du centre de gravité d'une remorque contenant un chargement de bois et incidence sur le comportement routier lors de la descente d'une route en gravier.

Description :

Une remorque chargée de bois tirée par un tracteur entraîne et renverse ce dernier en empruntant une pente descendante.

Objectif :

Évaluer la longueur des billots de bois pouvant affecter une mauvaise répartition de charge de la remorque et la capacité du tracteur à retenir la charge dans la pente.

Données fournies par l'inspecteur responsable de l'enquête:

La remorque contient un chargement de bois évalué à 1 350 kg
 La masse de la remorque et son chargement est d'environ 3 050 kg
 Les freins de la remorque sont non fonctionnels
 L'espace de chargement de la remorque a 3,35 m de long.
 Un tracteur de ferme est utilisé pour tirer la remorque.
 La route est en gravier et la pente est de 9°
 La masse du tracteur est 2 054 kg
 La remorque oscille de droite-gauche dans le chemin
 Description de la chargeuse Woody 140
 Un des billots de bois dépasse la remorque vers l'arrière de 8,70 m.
 Manuel Tracteur Oliver 1365, vitesse max. 20-24 km/h
 Photos

Répartition de la charge :

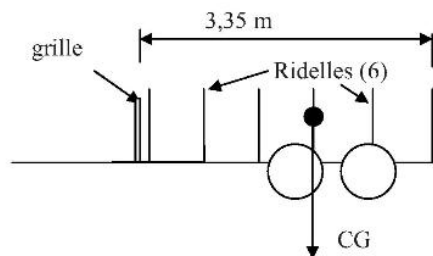


Schéma 1 remorque source CSST

Pour avoir une charge équilibrée, le centre de gravité (CG) devrait se situer entre les deux axes de roues de la remorque et légèrement vers le timon de la chargeuse. (schéma 1)

N'ayant pas le positionnement des roues par rapport au châssis de la remorque, j'évalue la position du CG à la quatrième ridelle à partir de la grille. (évaluation à partir de photos)

Longueur de l'espace de chargement : 3,35 m.

$3,35 \text{ m} / 5 \text{ espaces} = 0,67 \text{ m}.$

$0,67 \text{ m} \times 2 = 1,34 \text{ m}.$

Le chargement contient des billots de bois partant d'un certain diamètre (gros bout) à une pointe (bout fin) ressemblant à la cime de l'arbre.

On peut transposer le billot de bois à un cône plein. Le CG d'un cône plein se situe au quart de la hauteur mesurée à partir de la section la plus grande (gros bout).

En supposant que l'ensemble des billots est empilé parfaitement à partir de la grille, il faudrait que cet ensemble soit inférieur à 8,04 m de longueur en moyenne pour garder la charge équilibrée.

$(3,35 \text{ m} - 1,34 \text{ m}) \times 4 = 8,04 \text{ m}.$

Pour chaque billot qui n'est pas appuyé sur la grille, la longueur totale diminue par 4.

Exemple : un billot installé à partir de 30 cm de la grille devrait avoir une longueur maximale de 6,84 m pour maintenir le CG au même endroit.

Le fait d'avoir un ensemble de billots qui éloigne vers l'arrière de la remorque son CG contribue à déstabiliser son comportement routier. Dépendamment des imperfections sur la chaussée, le positionnement du CG vers l'arrière de la remorque provoquera un mouvement de balancier se traduisant par une alternance de la charge sur le timon en force ascendante et descendante.

Le deuxième paramètre pour garder la maîtrise du tracteur et son chargement est l'impact latéral de l'excédant de bois dépassant la remorque sur son comportement routier. Toutes les fois que le tracteur modifie même légèrement sa trajectoire (droite-gauche), ceci entraîne une flexion latérale du bois dépassant la remorque « force latérale » qui sera reprise par l'attache du timon. Dépendant de la longueur de l'excédant de bois dépassant la remorque, la force latérale sera plus ou moins grande. Les troncs dépassant la remorque ayant un plus petit diamètre, ils ont une flexibilité de déplacement accrue amplifiant d'autant le mouvement oscillatoire latéral. Lorsque le chargement est mal réparti (positionnement du CG vers l'arrière de la remorque), ce mouvement oscillatoire se traduira par un mouvement en lacet ou louvoiement de la remorque pouvant s'amplifier. Le moyen de corriger le mouvement en lacet de la remorque est de ralentir doucement pour en reprendre le contrôle. Dans le cas présent, les freins de la remorque sont non-fonctionnels, donc sur une route horizontale seul le tracteur applique une force

négative par freinage, qui peut inclure le frein moteur ou une combinaison des deux pour corriger le mouvement en lacet de la remorque.

Lors d'un freinage dans une pente descendante la gravité ajoute des forces appliquées à l'attache du timon qui peut accentuer le déséquilibre entre le tracteur et la remorque, or selon les données de l'inspecteur au dossier, la pente est de 9°. Une pente de 9° est très abrupte, cela correspond à une pente de près de 16%.

Selon la littérature consultée, le centre de gravité du tracteur devrait se situer à environ 25,4 cm au dessus de l'axe des roues arrière ((139,5 cm / 2) + 25,4 cm = 95,2 cm) et 30 cm vers l'avant. Il existe une méthode plus précise pour obtenir le CG du tracteur, mais elle n'est pas nécessaire pour cette étude. L'ordre de grandeur des forces appliquées suffit.

Avec la position du CG du tracteur, nous devrions retrouver dans la pente de 9° une force résultante sous les roues avant d'environ 4 592 N et une force résultante sous les roues arrière de l'ordre de 15 533 N excluant la charge verticale du timon. (Voir annexe 1)

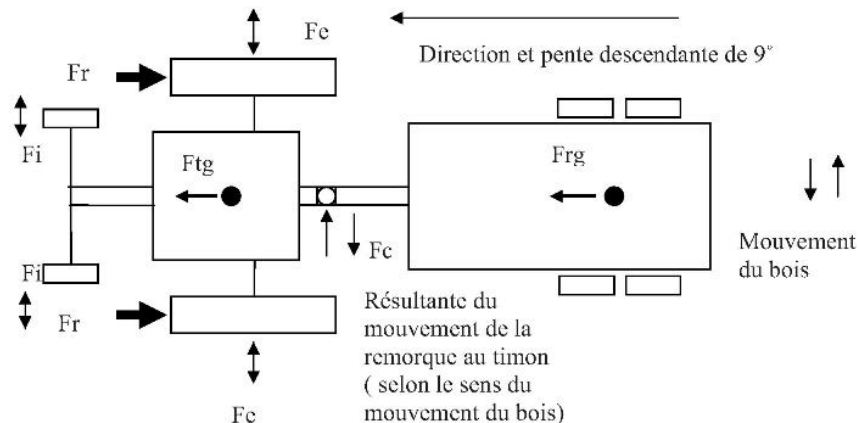


Schéma 2 source CSST

Où

F_i : force latérale entre les roues avant et la chaussée pour vaincre la rotation du tracteur par rapport à son centre de gravité (variable selon le sens F_c et l'orientation des roues)

F_e : force latérale entre les roues arrière et la chaussée pour vaincre la rotation du tracteur par rapport aux roues avant du tracteur (variable selon le sens de F_c)

F_{tg} : force due à la masse du tracteur dans la pente de 9°

F_{rg} : force due à la masse de la remorque dans la pente de 9°

F_r : force de freinage appliquée aux roues arrière

F_c : force exercée sur le timon par le déplacement latéral de la remorque

Il faut minimalement une force de 7 825 N en freinage pour maintenir l'ensemble tracteur-remorque à la même vitesse (annexe 1). La résistance au roulement ainsi que la résistance au vent sont considérées négligeables. Selon la littérature consultée sur une route de gravier compacté le coefficient de frottement (μ) peut varier de 0,5 à 0,85 pour un véhicule automobile selon les conditions de la route et type de pneu. À cela il faut prendre en considération que pour les gros véhicules le coefficient de frottement correspond à 65% - 75% d'un véhicule automobile. On retrouve donc un écart de coefficient de frottement de l'ordre de 0,33 à 0,64. Pour du gravier non compacté comme on retrouve en bordure de la route le coefficient pourrait varier 0,4 à 0,7 pour un véhicule automobile.

En considérant que l'ensemble du freinage est effectué avec les roues arrière du tracteur et qu'aucune force verticale n'est appliquée sur le timon, les roues arrière seraient capables de retenir une force variant entre 5 126 N et 9 941 N dans la pente (annexe 1). En ne tenant pas compte du mouvement oscillatoire de la remorque, on se retrouve déjà dans les limites du coefficient de friction pour maintenir une vitesse constante de l'ensemble tracteur-remorque dans la pente (0,5). Sous cette valeur, il y a décrochage de la remorque. Pour un coefficient supérieur à 0,5 et supposant que cet ensemble est parfaitement aligné, on pourrait avoir une capacité de freinage disponible de 0 à 2 116 N dépendant de la surface d'adhérence réelle pour ralentir le tracteur, la remorque et l'inertie de rotation des roues libres.

Sur un terrain plat, l'oscillation de la remorque ne devrait pas créer un angle important avec le tracteur considérant la traction de ce dernier ($1^\circ - 2^\circ$). Cependant en ralentissant ou freinant dans une pente descendante la remorque se déplacera davantage latéralement. Compte tenu de la longueur du bois dépassant l'arrière de la remorque cette composante est non négligeable (équivalent d'une masse libre d'environ 600 kg à 15 cm de l'arrière de la remorque $1350 \text{ kg} / 2 = 675 \text{ kg}$ à $((8,04 \text{ m} - 2,01 \text{ m}) / 4) - 1,34 \text{ m} = 15 \text{ cm}$). Il est difficile d'évaluer la force latérale générée au timon ne connaissant pas la fréquence oscillatoire ni l'angle entre le tracteur et la remorque, mais les roues arrière du tracteur doivent assumer l'ensemble du déplacement de la remorque. De plus, la force F_c est plus éloignée des roues avant du tracteur que la force F_e (somme des forces en rotation par rapport aux roues avant du tracteur en assumant que les roues avant servent de point de rotation du tracteur au début du glissement). Au fur et à mesure que l'angle entre la remorque et le tracteur augmente (angle de décrochage) on s'approche de la valeur critique du coefficient de frottement théorique supérieur. L'angle de décrochage dépend de la force de freinage appliquée et du coefficient de frottement entre les pneus et la chaussée.

Pour une vitesse constante dans la pente:

| Coefficient de frottement | Angle de décrochage |
|---------------------------|---------------------|
| 0,5 | 0° instable |
| 0,55 | 14° |
| 0,6 | 20° |
| 0,64 | 23° |

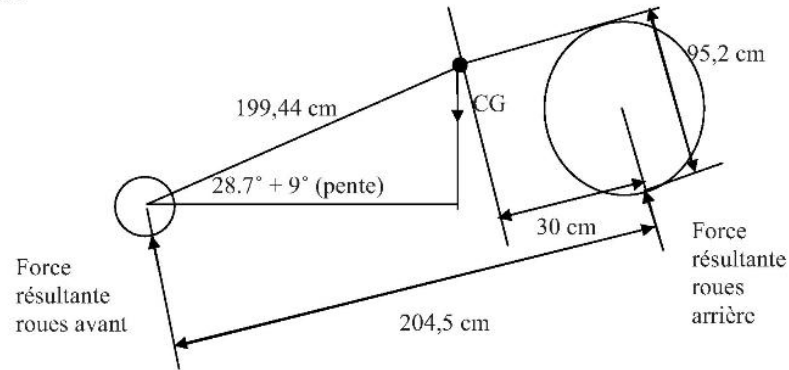
Conclusion :

En considérant uniquement la force de freinage du tracteur nécessaire pour maintenir la vitesse constante dans la pente, on se retrouve dans les paramètres limites du coefficient de frottement entre les roues arrière du tracteur et la chaussée (0,5). Avec les données fournies, on ne peut être plus précis sur l'emplacement du centre de gravité de la remorque. Cependant, la remorque oscille de droite à gauche à basse vitesse, on peut donc déduire que le centre de gravité est positionné vers l'arrière de l'emplacement optimal annulant la composante verticale descendante sur le timon. Dépendamment des imperfections sur la chaussée, le positionnement du CG vers l'arrière de la remorque provoquera un mouvement de balancier se traduisant par une alternance de la charge sur le timon en force ascendante et descendante. Lorsqu'une force ascendante est appliquée sur le timon, cela diminue la force résultante sous les roues arrière du tracteur contribuant à diminuer davantage sa capacité de freinage.

En ajoutant, le paramètre d'oscillation droite à gauche de la remorque qui crée une composante perpendiculaire (F_c) entre les pneus arrière du tracteur et le sol ainsi que l'angle entre le tracteur et la remorque qui affecte également la composante (F_c) pour maintenir la vitesse constante dans la pente descendante, on se retrouve avec une capacité de freinage disponible très faible voir pratiquement nulle. En effet, en ajoutant les composantes d'oscillations et d'angle entre le tracteur et la remorque, l'alternance de la charge sur le timon en force ascendante et descendante, on élimine la capacité de maintenir une vitesse constante sans possibilité de ralentir la charge puisque l'ensemble des forces appliquées tend vers la limite supérieure du coefficient de frottement théorique accentuant d'autant un glissement des roues arrière du tracteur.

Version originale signée
Jean-Pierre Jobin, ing. 2013-05-23
41407

Annexe 1



$$F_{\text{tracteur}} = \text{Masse du tracteur} \times g = 2\,054 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 20\,125 \text{ N}$$

$$\sum \text{Moment par rapport à l'axe des roues avant} = 0$$

$$F_{\text{roues arrière}} = 2\,054 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 199,44 \text{ cm} \times \cos 37,7^\circ / 204,5 \text{ cm}$$

$$F_{\text{roues arrière}} = 15\,533 \text{ N}$$

$$F_{\text{roues avant}} = 20\,125 \text{ N} - 15\,533 \text{ N}$$

$$F_{\text{roues avant}} = 4\,592 \text{ N}$$

Pour maintenir une vitesse constante dans la pente descendante, il faut une force de freinage équivalente et opposée à la masse du tracteur et la masse de la remorque produit par l'accélération gravitationnelle soit

$$F_{\text{tg}} + F_{\text{rg}}$$

$$F_{\text{tg}} = M_{\text{tracteur}} \times g \times \sin 9^\circ$$

$$F_{\text{rg}} = M_{\text{remorque}} \times g \times \sin 9^\circ$$

$$g : \text{accélération gravitationnelle} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$2\,054 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times \sin 9^\circ + 3\,050 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times \sin 9^\circ$$

$$= 7\,825 \text{ N}$$

Force de frottement (μ) 0,33 – 0,64 Statique

$$F_{\text{roues arrière}} \times \mu = F_{\text{frottement}} ; 15\,533 \text{ N} \times 0,33 = 5\,126 \text{ N},$$

$$15\,533 \text{ N} \times 0,64 = 9\,941 \text{ N}$$

Références bibliographiques :

RIVERS, R.W., Traffic accident investigator' and reconstructionist' book of formula and tables, second edition
Charles C Thomas publisher, ltd. Centre de documentation CSST, MO-025269

RIVERS, R.W., Traffic accident investigator' manuel
A levels 1 and 2 reference, training and investigation manual, second edition
Charles C Thomas publisher, ltd. Centre de documentation CSST, MO-025268

RIVERS, R.W., Traffic accident investigator' handbook
A level 3 reference, training and investigation manual, second edition
Charles C Thomas publisher, ltd. Centre de documentation CSST, MO-025285

Hazardous occupations safety training in agriculture, Tractor stability
HOSTA task sheet 4.12

GAUTHIER, F, et autres, Étude par modélisation du glissement d'une semi-remorque
IRSST RA5-381 annexe

OBERG, E, et autres, Machinery's handbook 28th edition
Industrial press, Centre de documentation CSST, RT-015002

www.fvs.ch/uploads/tx.../pub_040608_IB_ladungssicherung_f.pdf

ANNEXE D

Liste des témoins et des autres personnes rencontrées

- M. A, [...] Gasmar inc.
- Mme D, ouvrière agricole Gasmar inc.
- M. Jean-François Ouellet, Sûreté du Québec
- M. Émile Fay, contrôleur routier SAAQ
- M. Martin Deschênes, contrôleur routier SAAQ
- M. Martin Lavoie, directeur SCR SAAQ
- M. Denis Guérin, contrôleur routier SAAQ

ANNEXE E
Référence bibliographique

- Oliver, **1365 Operator's Manual**, 19---, pages multiples;