

RAPPORT D'ENQUÊTE**EN004379**

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur de l'entreprise
Premier Horticulture ltée, survenu le 26 juillet 2022 à la parcelle 64
du Site Saint-Laurent, à Saint-Antonin**

Version dépersonnalisée

**Service de la prévention-inspection
Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine et Bas-St-Laurent**

Inspecteurs :

Luc Lepage

Simon-Pierre D'Amours, ing.

Date du rapport : 28 juin 2023

Rapport distribué à :

- Monsieur Ghislain Lévesque, vice-président des opérations - Amérique du Nord, Premier Tech Producteur et Consommateur
- Monsieur Jonathan Paris, directeur principal santé et sécurité, Premier Tech Global
- Madame Julie Pelletier, vice-présidente développement organisationnel, Premier Tech Producteur et Consommateur
- Monsieur Vincent Picard, directeur santé et sécurité, Premier Tech Producteur et Consommateur
- Monsieur Raynald Bélanger – Directeur opérations, Premier Tech Producteur et Consommateur
- Comité de santé et de sécurité, Premier Horticulture ltée (Site Saint-Laurent)
- Monsieur^A [REDACTED], Unifor local 299
- Docteure Renée Roussel, coroner
- Docteur Sylvain Leduc, directeur de la santé publique, CISSS Bas-Saint-Laurent

TABLE DES MATIÈRES

1	RÉSUMÉ DU RAPPORT	1
2	ORGANISATION DU TRAVAIL	3
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DU LIEU DE TRAVAIL	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
3	DESCRIPTION DU TRAVAIL	4
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	4
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	4
4	ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE	5
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	5
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	5
4.2.1	INFORMATION CONCERNANT LE TRACTEUR MASSEY FERGUSON	5
4.2.2	INFORMATION CONCERNANT LE TRACTEUR-REMORQUEUR JOHN DEERE	6
4.2.3	BARRE D'ATELAGE ET CHAPE DE CONCEPTION ARTISANALE	7
4.2.4	ÉLINGUE	9
4.2.5	MANILLE	9
4.2.6	LA MÉTHODE DE TRAVAIL	10
4.2.7	ESTIMATION DE LA FORCE REQUISE POUR EXTRAIRE LE TRACTEUR MASSEY FERGUSON	11
4.2.8	FORCE POUVANT AGIR SUR LA CHAPE	12
4.2.9	ORGANISATION DU TRAVAIL CONCERNANT LES OPÉRATIONS AUX CHAMPS	13
4.2.10	ACTIVITÉ D'ENTRETIEN ET RÉPARATION.	14
4.2.11	LA FORMATION DU TRAVAILLEUR	14
4.2.12	RÈGLEMENTATION ET RÈGLE DE L'ART	14
4.2.12.1	LOI SUR LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL (LSST)	14
4.2.12.2	INFORMATION PROVENANT DU MANUEL DU FABRICANT JOHN DEERE	15
4.2.12.3	INFORMATION CONCERNANT UNE CHAPE FABRIQUÉE PAR LA COMPAGNIE JOHN DEERE	16
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	17
4.3.1	LORS DE LA RÉCUPÉRATION DU TRACTEUR ENLISÉ, LE TRAVAILLEUR QUI L'OPÈRE EST FRAPPÉ À LA TÊTE PAR UNE PIÈCE MÉTALLIQUE PROJETÉE EN RAISON DE LA RUPTURE DE LA CHAPE DU TRACTEUR-REMORQUEUR.	17
4.3.2	L'EMPLOYEUR NE DÉFINIT ET NE PRÉSCRIT AUCUNE MÉTHODE DE TRAVAIL SÉCURITAIRE SPÉCIFIQUE POUR LA RÉCUPÉRATION D'UN TRACTEUR ENLISÉ.	18
4.3.3	L'EMPLOYEUR NE S'ASSURE PAS QUE LES ACCESSOIRES UTILISÉS POUR LA RÉCUPÉRATION SONT DE CAPACITÉ CONNUE ET SUFFISANTE.	19
5	CONCLUSION	20
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	20
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	20
5.3	RECOMMANDATIONS	21

ANNEXES

ANNEXE A :	Accidenté	22
ANNEXE B :	Liste des personnes interrogées	23
ANNEXE C :	Rapport d'expertise	24
ANNEXE D :	Références bibliographiques	33

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

Le 26 juillet 2022, vers 15 h 30, à la parcelle 64 du secteur Saint-Laurent, alors que le travailleur participe à la récupération d'un tracteur enlisé, il est frappé à la tête par un objet projeté à la suite de la rupture de la chape de conception artisanale du tracteur-remorqueur.

Conséquences

Le travailleur décède à la suite de ses blessures.



Figure 1 - Parcelle 64, scène de l'accident, le 27 juillet 2022
Source : CNESST

Abrégé des causes

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

- Lors de la récupération du tracteur enlisé, le travailleur qui l'opère est frappé à la tête par une pièce métallique projetée en raison de la rupture de la chape du tracteur-remorqueur.
- L'employeur ne définit et ne prescrit aucune méthode de travail sécuritaire spécifique pour la récupération d'un tracteur enlisé.
- L'employeur ne s'assure pas que les accessoires utilisés pour la récupération sont de capacité connue et suffisante.

Mesures correctives

Au rapport d'intervention RAP9143408, la CNESST ordonne la suspension des travaux avec l'utilisation des attaches d'arrimage domestique (*home made*). Afin de permettre la reprise des travaux, une attestation d'ingénieur sur la capacité et l'utilisation de ce dispositif est exigée.

Au rapport d'intervention RAP9143408, la CNESST ordonne la suspension des travaux de l'utilisation des tracteurs pour dégager un autre tracteur enlisé ou autres machines. Afin de permettre la reprise des travaux, la CNESST exige l'élaboration d'une procédure de travail sécuritaire, de s'assurer de la capacité de son système ainsi que la formation des travailleurs.

Au rapport d'intervention RAP9143499, la CNESST autorise la reprise des travaux de dégagement de tracteurs enlisés, ou autres machineries. L'employeur s'engage à utiliser les services d'une entreprise spécialisée en remorquage pour dégager les tracteurs enlisés.

Dans les rapports d'intervention RAP9143499, RAP1398443, RAP1408555, RAP141448, RAP1417872 et RAP1424784, la CNESST demande une procédure d'extraction de matériel embourbé et de former le personnel concerné de cette procédure.

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 du lieu de travail

Premier Horticulture ltée, site Saint-Laurent, se spécialise dans la production et la récolte de tourbe. Ce lieu de travail comprend aussi une usine et un atelier mécanique.

Le site Saint-Laurent compte environ 30 travailleurs syndiqués et les activités se déroulent principalement du lundi au vendredi. Selon les conditions du sol et de la météo, il peut y avoir des activités la fin de semaine.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

L'entreprise Premier Horticulture ltée fait partie du secteur d'activité *Industrie chimique*.

Au site Saint-Laurent, un comité de santé et sécurité du travail se réunit une fois par mois, il compte deux représentants de l'employeur et de trois à quatre représentants des travailleurs. À la suite d'une rencontre, un compte rendu est rédigé et ce dernier est affiché.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

L'information générale sur l'organisation en santé et sécurité du travail est présentée aux travailleurs à l'aide du manuel Prévention+ Premier Tech Horticulture. Ce document est remis aux travailleurs. De plus, à chaque début de saison, l'employeur fait un retour sur ce manuel auprès de travailleurs.

Il y a des rencontres de santé et sécurité hebdomadairement.

L'employeur est en démarche de vérifications au site Saint-Laurent afin d'établir un état de situation, notamment concernant l'aspect santé et sécurité, en comparaison à ses autres sites.

SECTION 3**3 DESCRIPTION DU TRAVAIL****3.1 Description du lieu de travail**

Premier Horticulture ltée, site Saint-Laurent, est composé de 148 parcelles de terrain pour la récolte de tourbe, d'une usine, d'un atelier mécanique ainsi que d'une zone extérieure d'entreposage pour la tourbe en vrac et la tourbe ensachée. La parcelle 64 est située au sud de l'avenue Premier et à l'est de la rue Témiscouata, à Saint-Antonin, aux coordonnées GPS 47°48'38 N 69°28'19 O. À cet endroit, sont notamment réalisés différents travaux de préparation du sol et de récolte de la tourbe.

3.2 Description du travail à effectuer

Afin de procéder à la récolte de la tourbe, plusieurs étapes sont à effectuer, dont certaines dépendent de l'humidité du sol. L'une de ces étapes est la tâche de hersage. Pour ce faire, les travailleurs utilisent un tracteur attelé à une herse. Cette étape consiste à ameublir une couche d'environ 2,5 à 5 cm (1 à 2 po) à la surface du sol. Selon le résultat, un autre passage peut être nécessaire, cette fois avec un autre type de herse appelé, dans ce milieu, un conditionneur. Celui-ci a pour fonction de rebrasser la tourbe qui a été libérée lors de la première étape. Cette dernière démarche favorise l'assèchement de la couche libérée par le premier hersage. Par la suite, la récolte est effectuée à l'aide d'un tracteur et d'un aspirateur à tourbe. Les travaux au niveau des parcelles demandent l'utilisation d'équipements notamment des tracteurs et des équipements attelés à ceux-ci. Lorsque la tourbe est récoltée, celle-ci est entreposée à l'extérieur et par la suite elle est acheminée à l'usine.

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

Le 26 juillet 2022, entre 7 h et 8 h, l'équipe de gestion tient une rencontre informelle pour planifier les activités de la journée, s'ensuivent les travaux de hersage aux champs.

Vers l'heure du dîner, selon les conditions aux champs, la décision est prise de poursuivre les opérations.

Vers 15 h, un premier tracteur attelé à un conditionneur s'enlise dans la tourbière. Afin de le récupérer, le travailleur conduit un deuxième tracteur de marque Massey Ferguson, modèle MF6716S, jusqu'au premier tracteur enlisé. Avant même de procéder à une tentative de récupération, il s'enlise à son tour près du premier tracteur.

B [REDACTED] va chercher un troisième tracteur pour faire la récupération du tracteur Massey Ferguson. Après quelques tentatives infructueuses, les travailleurs décident de quérir un quatrième tracteur de marque John Deere, modèle 7530.

Des tentatives de récupération du tracteur Massey Ferguson sont effectuées à l'aide du tracteur John Deere 7530. Vers 15 h 30, alors que les tracteurs sont positionnés dos à dos, la chape de conception artisanale du tracteur John Deere cède. Le travailleur qui est situé dans la cabine du tracteur Massey Ferguson est frappé à la tête par une pièce de cette dernière.

Le travailleur décède de ses blessures.

4.2 Constatations et informations recueillies

Les lieux ont été modifiés par les équipes d'urgence.

À l'arrivée de l'inspecteur de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), les lieux de l'accident sont gardés par la Sûreté du Québec (SQ) pour leur enquête.

La SQ avait en sa possession les pièces de la chape de conception artisanale. Elles ont été remises à la CNESST à la demande de l'inspecteur.

4.2.1 Information concernant le tracteur Massey Ferguson

Le tracteur enlisé est de marque Massey Ferguson, modèle : MF6716S. Il est équipé de roues simples à l'avant et de roues doubles à l'arrière. Le tracteur est équipé d'un chargeur frontal avec un godet à grappin. À l'arrière, le tracteur est équipé d'une barre d'attelage munie d'une chape. La masse du tracteur avec les équipements est d'environ 8 450 kg, pesée à l'aide de pèse roues de marque HAENNI, modèle WL 101.



Fig. 2 - Tracteur Massey Ferguson qui était enlisé
Source : CNESST

4.2.2 Information concernant le tracteur-remorqueur John Deere

Le tracteur-remorqueur est de marque John Deere, modèle 7530, année 2010. Il est équipé de roues doubles à l'avant et de roues triples à l'arrière. Le tracteur est muni de contrepoids à l'avant. À l'arrière, une chape de conception artisanale est installée sur la barre d'attelage.



Fig. 3 - Tracteur John Deere utilisé pour la récupération
Source : CNESST

4.2.3 Barre d'attelage et chape de conception artisanale

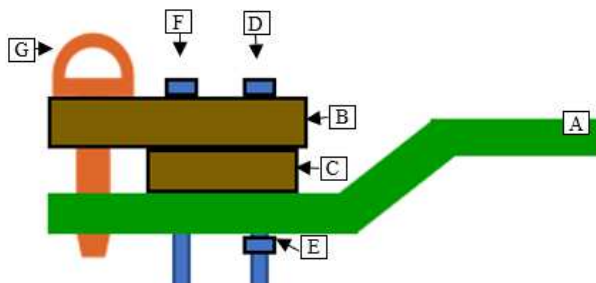


Fig. 4 - Composantes de la chape de conception artisanale
Source : CNESST

Composantes de la chape :

- A. Barre d'attelage (aussi appelée barre de tire) du tracteur John Deere.
- B. Un tube d'acier rectangulaire d'environ 50 mm de hauteur X 100 mm de largeur et 240 mm de longueur. Ce tube possède 3 trous, un premier d'environ 34 mm et les 2 autres d'environ 20 mm de diamètre. Des déformations sont présentes au niveau de ses trous (figure 5).



Fig. 5 - Tube d'acier rectangulaire
Source : CNESST

- C. Un tube d'acier carré mesure environ 62 mm X 62 mm et d'une longueur d'environ 140 mm. Ce tube possède trois trous d'un côté et deux de l'autre. Deux trous servent pour le passage des boulons. Leurs diamètres sont d'environ 19,3 mm et 22 mm. Toutefois, ces trous présentent des déformations (figure 6).



Fig. 6 - *Tube d'acier carré*

Source : CNESST

- D. Boulon (non retrouvé).
- E. Écrou (non retrouvé), ce dernier n'est pas serré afin de permettre la rotation de gauche à droite de la pièce B.
- F. Boulon d'un diamètre d'environ 12,5 mm et d'une longueur d'environ 229 mm, fileté sur 38 mm dans sa partie inférieure. Ce boulon n'est pas fixé avec un écrou.
- G. Goupille d'attelage (non retrouvée).

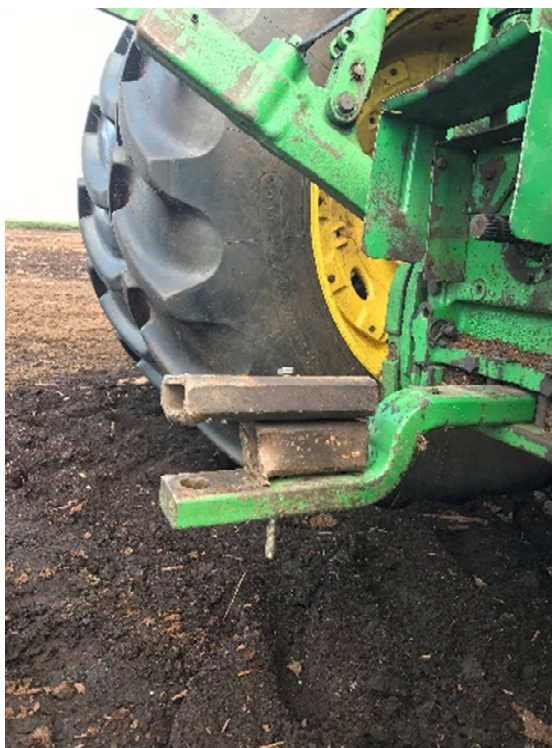


Fig. 7 - *Illustration du positionnement de la chape de conception artisanale avec pièces retrouvées*

Source : CNESST

4.2.4 Élingue

Une élingue de corde est utilisée. Elle a un diamètre de 3,81 cm (1,5 po) et une longueur de 6,096 m (20 pi). Elle a une limite de charge de travail de 7 484 kg (16 500 lb) et une résistance à la rupture de 22 453 kg (49 500 lb). Cette dernière se comporte comme un élastique lorsqu'elle est sous tension.



Fig. 8 - Élingue utilisée pour la récupération du tracteur

Source : CNESST

4.2.5 Manille

Une manille de marque Vanguard est présente à une extrémité de l'élingue, du côté tracteur John Deere. Cette dernière ne présente pas de déformation apparente.



Fig. 9 - Manille

Source : CNESST

4.2.6 La méthode de travail

Le tracteur Massey Ferguson opéré par le travailleur est enlisé d'environ 112 cm (44 po) du devant et d'environ 30,48 cm (12 po) aux roues arrière.



Fig. 10 - Tracteur Massey Ferguson enlisé

Source : CNESST

Le tracteur John Deere 7530, conduit par B [REDACTED], est utilisé afin d'effectuer la récupération du tracteur Massey Ferguson.

Pour ce faire, les tracteurs sont positionnés dos à dos. Une élingue est utilisée afin de lier les deux tracteurs. Une extrémité de cette dernière est attachée à la barre d'attelage munie d'une chape du tracteur enlisé Massey Ferguson. Elle est retenue par une goupille d'attelage.

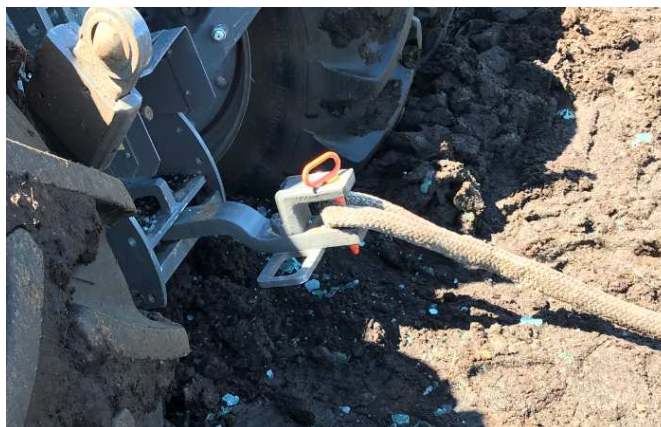


Fig. 11 - Barre d'attelage munie d'une chape du tracteur Massey Ferguson (reconstitution)

Source : CNESST

Pour ce qui est de l'autre extrémité de l'élingue, cette dernière est associée à une manille. La manille ou l'élingue est attachée par une goupille à la barre d'attelage munie d'une chape de conception artisanale du tracteur-remorqueur John Deere¹.

Le tracteur John Deere avance en coactivité avec le tracteur Massey Ferguson, qui est en marche arrière, afin de tendre l'élingue. Lorsque la tentative échoue, le tracteur John Deere recule, puis réaccélère en marche avant afin de retendre l'élingue.

Malgré les tentatives de récupération, le tracteur Massey Ferguson demeure enlisé. Lors de la dernière tentative, la contrainte appliquée sur la chape de conception artisanale dépasse la capacité du boulon munie d'un écrou. Lorsque le boulon cède, l'élingue en tension, toujours munie de la manille, se rétracte. Des pièces de la chape de conception artisanale sont entraînées et projetées en direction de la cabine de l'opérateur du tracteur Massey Ferguson et casse la vitre arrière. Le travailleur est frappé à la tête par une ou plusieurs pièces.

4.2.7 Estimation de la force requise pour extraire le tracteur Massey Ferguson

Toute opération de récupération d'un tracteur enlisé génère des forces sur les liens et les accessoires utilisés entre les tracteurs ainsi que sur leurs points d'ancrage. Les forces et les contraintes réelles demeurent difficiles à calculer avec exactitude. Plusieurs facteurs influencent la force nécessaire à la récupération du tracteur. Des outils d'aide sont disponibles pour évaluer les situations au cas par cas. Par exemple, l'université Purdue a élaboré un guide à ce sujet. Ce guide présente une méthode pour estimer la force nécessaire à l'extraction d'un véhicule embourbé selon des critères prédéfinis. L'estimation de la force minimale requise permet notamment de sélectionner des liens et des accessoires de capacité suffisante pour effectuer le travail, mais ne permet pas à elle seule de se substituer à l'utilisation d'une méthode de travail sécuritaire pour contrôler l'ensemble des risques.

En utilisant la méthode présentée dans le guide produit par l'université Purdue, la force requise pour extraire le tracteur Massey Ferguson peut être estimée à 21 125 kg. Pour en arriver à ce résultat, les paramètres suivants ont été considérés : le poids du véhicule et de son chargement de même que la résistance due à la profondeur d'enlèvement. En utilisant une autre approche, soit celle de la compagnie US Cargo Control, la force requise pour extraire le tracteur Massey Ferguson peut être estimée à environ 3,5 fois son poids, soit 29 575 kg (voir annexe C : Revue de littérature).

¹ Les informations recueillies ne permettent pas de spécifier quel élément entre la manille et l'élingue était attaché à la goupille d'attelage.

4.2.8 Force pouvant agir sur la chape

Dans le cas présent, la chape de conception artisanale s'est avérée être le maillon faible des liens de récupération.

La résistance à la rupture de la chape de conception artisanale n'est pas connue. L'application d'une force (F_x) appliquée sur la goupille d'attelage peut causer un déplacement de la pièce supérieure de la chape dans le sens de la traction subie (figure 12).

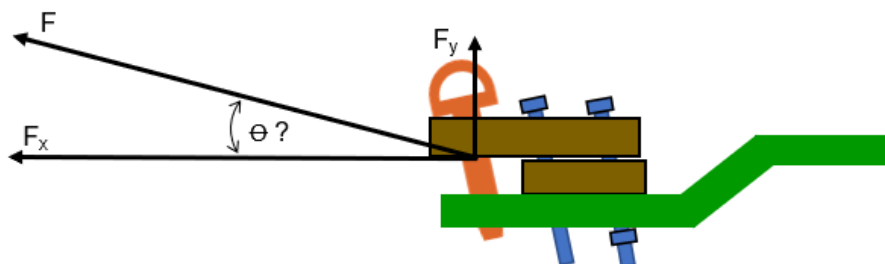


Fig. 12 - *Illustration. Influence des forces*
Source : CNESST

Le déplacement de la pièce supérieure de la chape contribue à l'inclinaison de la goupille d'attelage. L'élingue peut ainsi glisser vers la pièce supérieure et désengager la goupille de la barre d'attelage.

Une variation de l'angle de tire peut engendrer une force (F_y) qui peut aussi contribuer à faire sortir la goupille de la barre d'attelage. L'angle de tir peut être influencé par la position des tracteurs ainsi que par les différentes manœuvres.

Les boulons subissent une combinaison de diverses contraintes, notamment, en tension, en flexion et en cisaillement. Ces contraintes sont plus importantes considérant que l'assemblage n'est pas rigide, qu'il y a peu de friction entre les pièces et que la surface de contact entre les boulons et les pièces est faible. Les autres pièces de la chape subissent aussi des contraintes, tel que le laissent présumer les déformations des trous dans les tubes d'acier (voir annexe C : Revue de la littérature).

Le boulon F (voir figure 4) a été retrouvé plié et le boulon D, n'a pas été retrouvé. Il est présumé que ce dernier a cédé sous les contraintes exercées.

4.2.9 Organisation du travail concernant les opérations aux champs

Le processus décisionnel concernant les opérations pour la récolte de la tourbe au site Saint-Laurent est informel et s'appuie principalement sur l'expérience de quelques travailleurs. D'autres facteurs, comme la météo et les besoins de production sont également pris en considération.

Le manuel Prévention+ de l'employeur indique que le travailleur a le choix de se référer au superviseur « et/ou » à la procédure sécuritaire établie pour la récupération d'un équipement enlisé. Or, au site Saint-Laurent, au moment de l'événement, une telle procédure sécuritaire n'est pas disponible par écrit.

Les instructions du manuel de l'employeur se limitent aux directives suivantes :

- Installer un écran protecteur entre l'opérateur et l'accessoire de tirage lorsqu'un équipement mobile, comme un tracteur ou un bélier mécanique, est utilisé pour tirer une charge à l'aide d'un câble, d'une chaîne ou d'une courroie.
- Attacher l'élingue correctement et à un endroit sécuritaire.
- Inspecter tout accessoire de tirage avant son utilisation, que ce soit une chaîne, un câble ou une courroie, et le réparer ou le remplacer si un bris est constaté.

Ces informations ne fournissent aucune information sur l'évaluation de la situation, la préparation, le choix et la capacité des équipements et accessoires de récupération, les points d'attache sécuritaires ainsi que sur les zones dangereuses (voir annexe C).

Par ailleurs, aucun écran protecteur n'est installé pour protéger les opérateurs malgré la directive.

L'employeur rend disponible un registre d'inspection préventive des tracteurs à compléter par les travailleurs. Toutefois, la chape n'est pas incluse dans la liste des vérifications. De plus, il y a absence d'audit formel concernant les accessoires de récupération afin de s'assurer de l'état de ces derniers.

Au site Saint-Laurent, la formation est de type compagnonnage d'une durée variable, selon les besoins du travailleur. La formation consiste, pour le nouveau travailleur, à observer un formateur-opérateur de tracteur. Par la suite le nouveau travailleur opère le tracteur en étant assisté du formateur-opérateur. Lorsque le travailleur et son formateur jugent la situation adéquate, il y a une validation du superviseur et le travailleur peut opérer seul.

L'employeur tient un registre de formations pour son personnel. Toutefois, la notion de récupération de tracteur enlisé n'est pas identifiée au registre, ni les risques associés à cette activité. À ce registre, il y a une formation en corrélation avec le manuel Prévention+.

4.2.10 Activité d'entretien et réparation.

Un atelier mécanique est présent sur le site Saint-Laurent. Des travailleurs y sont attirés pour effectuer diverses tâches. L'employeur a mis en place un logiciel pour assurer le suivi des entretiens et des réparations de ses tracteurs. Toutefois, ce système est en processus d'implantation. D'ailleurs, aucune information n'est disponible concernant l'installation et la vérification de la chape de conception artisanale sur le tracteur John Deere 7530.

4.2.11 La formation du travailleur

Le travailleur est à sa [REDACTED] saison pour cet employeur.

Le travailleur a eu une formation concernant la conduite de chariot élévateur en [REDACTED].

Le travailleur a eu une formation concernant la conduite de chargeur sur roues en [REDACTED].

4.2.12 Règlementation et règle de l'art

4.2.12.1 Loi sur la santé et sécurité du travail (LSST)

La LSST stipule, aux articles suivants :

Article 2 :

La présente loi a pour objet l'élimination à la source même des dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique et psychique des travailleurs.

Article 51.3 :

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

Article 51.5 :

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique du travailleur. Il doit notamment : [...] utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur.

Article 51.7

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique du travailleur. Il doit notamment : [...] fournir un matériel sécuritaire et assurer son maintien en bon état.

Article 51.9

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

4.2.12.2 Information provenant du manuel du fabricant John Deere

Dans le manuel d'opération du tracteur John Deere 7530, on retrouve des consignes concernant la récupération d'un tracteur enlisé (embourbé). Ces consignes sont présentées à la figure 13.

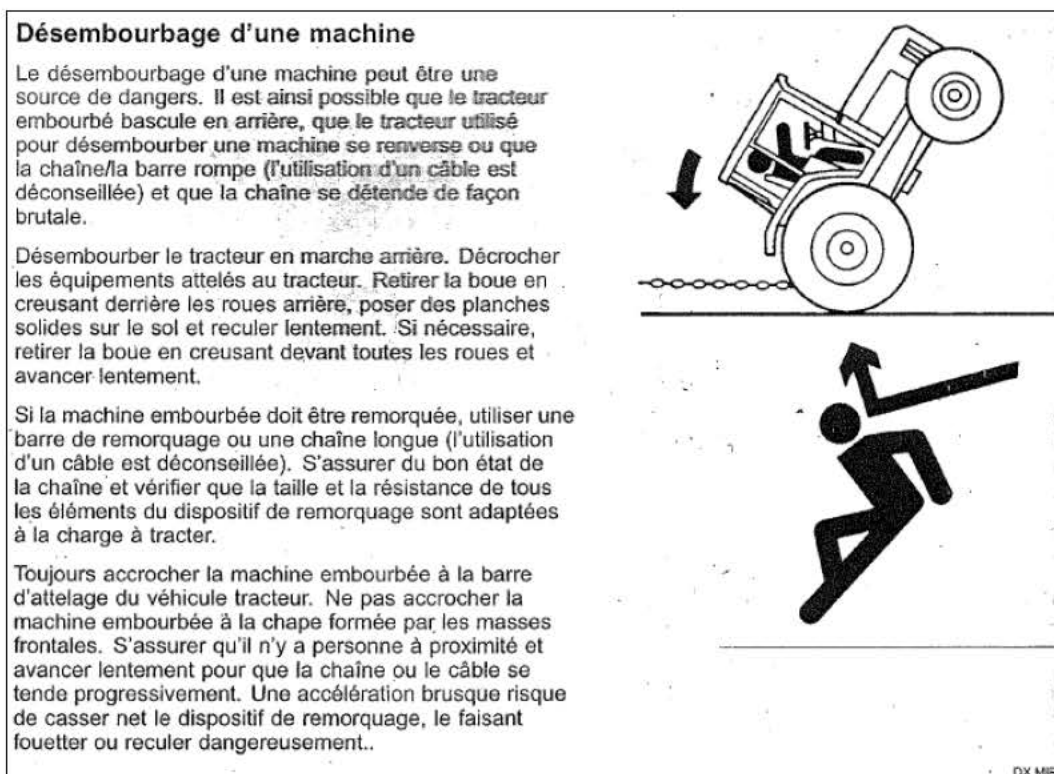


Fig. 13 - Consignes pour la récupération d'un tracteur embourbé

Source : John Deere, Manuel d'opération John Deere 7530

Les deux principaux risques illustrés, à l'aide de pictogrammes par la compagnie John Deere, sont le cabrage du tracteur-remorqueur et la projection d'objets ou de pièces pouvant heurter une personne, de plus, le texte précise que la chaîne ou la barre peut se rompre et qu'en cas d'un bris du dispositif de remorquage il peut fouetter ou reculer (en se détendant brusquement).

Avant de procéder à la récupération d'un tracteur enlisé, le manuel John Deere recommande notamment de :

- *Décrocher les équipements attelés au tracteur enlisé ;*
- *Retirer la boue en creusant derrière les roues arrière [...].
Si nécessaire, retirer la boue en creusant devant toutes les roues ;
[...]*
- *S'assurer du bon état de la chaîne et vérifier que tous les éléments du dispositif de remorquage ont une taille et une résistance adaptées à la charge à tracter ;
[...]*
- *S'assurer qu'il n'y a personne à proximité.*

4.2.12.3 Information concernant une chape fabriquée par la compagnie John Deere

La compagnie John Deere fabrique des chapes pour ses différents modèles de tracteurs. À titre d'exemple (figure 14), le catalogue de pièces du modèle John Deere 7530 propose notamment une chape avec éclisse moulée (pièce numéro 10) et retenue à la barre d'attelage (pièce numéro 1) par deux boulons d'un diamètre de 20 mm.

Enfin, dans le manuel d'opération du tracteur John Deere 7530, il est précisé que « les composants de la barre d'attelage sujets à l'usure doivent être contrôlés toutes les 250 heures ».

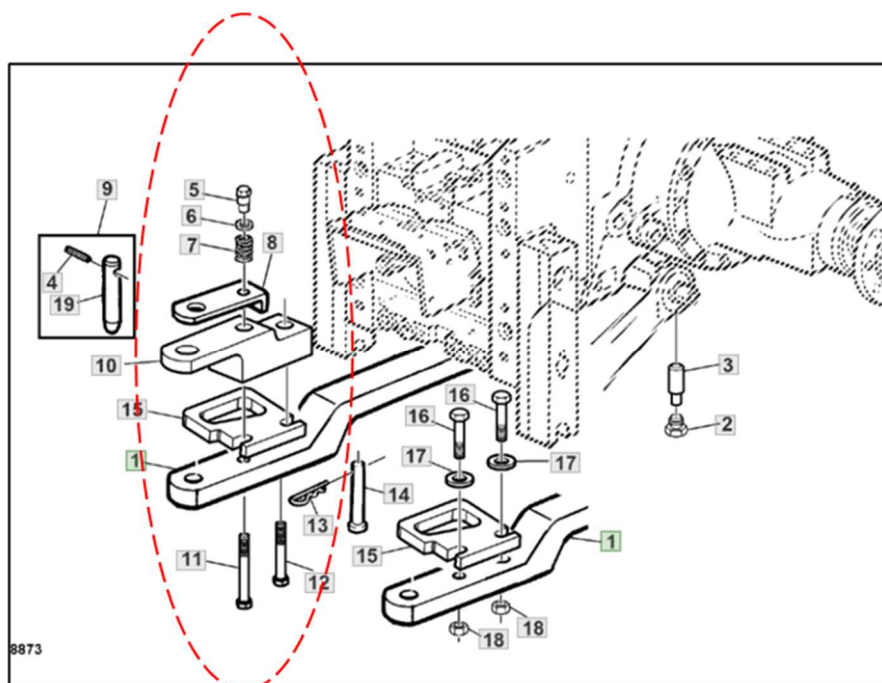


Fig. 14 - Modèle de chape offert par John Deere

Source : John Deere, <https://partscatalog.deere.com/jdrc/sidebyside/pin/RW7530P020177/equipment/338735/referrer/search/pgId/398245957> (modifié CNESST)

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Lors de la récupération du tracteur enlisé, le travailleur qui l'opère est frappé à la tête par une pièce métallique projetée en raison de la rupture de la chape du tracteur-remorqueur.

Pour effectuer la récupération du tracteur Massey Ferguson enlisé, un tracteur-remorqueur de marque John Deere est utilisé. Les tracteurs sont positionnés dos à dos et les deux travailleurs prennent place à l'intérieur de leur cabine respective.

Selon la revue de littérature produite par le réseau d'expertise en prévention-inspection de la CNESST, la récupération d'un tracteur enlisé est une activité dangereuse et ne doit pas être prise à la légère. Bien que l'objectif de la Loi soit d'éliminer le danger à la source, il peut demeurer un risque résiduel de projection d'où l'importance de délimiter et de respecter les zones de danger autour des véhicules lors de l'opération de récupération. Le manuel Prévention+ identifie le danger de projection en cas de bris des accessoires de récupération. Pour protéger les travailleurs qui opèrent les tracteurs, ce manuel identifie des mesures de prévention comme l'utilisation d'un écran de protection entre l'opérateur et les accessoires de récupération. Or, lors de l'événement, aucun écran de protection n'est utilisé, ni aucune autre mesure pour contrôler le risque en cas de projection.

Lors de la récupération, la contrainte appliquée sur la chape de conception artisanale dépasse la capacité du boulon munie d'un écrou. Lorsque la chape de conception

artisanale du tracteur John Deere cède, des pièces de cette dernière sont entraînées par l'élingue et projetées en direction de la cabine du tracteur Massey Ferguson. Au moins une de ces pièces fracasse la vitre arrière du tracteur et atteint le travailleur à la tête.

Cette cause est retenue.

4.3.2 L'employeur ne définit et ne prescrit aucune méthode de travail sécuritaire spécifique pour la récupération d'un tracteur enlisé.

L'employeur inclut à son manuel Prévention+ l'obligation de se référer au superviseur ou d'appliquer la procédure sécuritaire établie avant de récupérer un équipement mobile qui est enlisé.

Dans les faits, les travailleurs font eux-mêmes l'évaluation de la situation. Ceux-ci ne disposent d'aucun moyen formel pour évaluer les forces impliquées ni pour sélectionner les équipements et les accessoires à utiliser. Cette évaluation est subjective et repose sur l'expérience des travailleurs sans avoir de précision sur les paramètres à prendre en considération notamment : le poids des véhicules, la résistance due à la profondeur d'enlèvement et à l'inclinaison du sol.

La récupération d'un équipement enlisé est une activité dangereuse et elle ne doit pas être prise à la légère. Récupérer un véhicule profondément enlisé exerce une force extrême sur les équipements et accessoires de récupération. Cette force peut atteindre plusieurs fois le poids de l'équipement enlisé. Il existe des méthodes pour estimer la force requise pour extraire un tracteur enlisé, notamment celle du guide produit par l'université Purdue et l'approche de US Cargo Control.

L'enlèvement d'un tracteur dans une tourbière est une activité prévisible, dont la fréquence peut être influencée à la hausse selon les conditions du sol. L'employeur a d'ailleurs identifié les opérations de récupération d'un équipement mobile à son manuel Prévention+. Pourtant, une procédure sécuritaire complète pour la récupération d'un équipement enlisé n'est pas disponible. Il en va de même pour la sélection et l'inspection des équipements et des accessoires.

Cette cause est retenue.

4.3.3 L'employeur ne s'assure pas que les accessoires utilisés pour la récupération sont de capacité connue et suffisante.

Pour répondre aux besoins d'attelage, le fabricant propose une chape spécifique à ce modèle de tracteur. Or, une chape de conception artisanale de capacité est inconnue est installée à la barre d'attelage du tracteur John Deere 7530 utilisé pour la récupération du tracteur enlisé.

Lors de la récupération, les travailleurs utilisent les accessoires mis à leur disposition par l'employeur. Ceux-ci ne disposent d'aucun moyen pour connaître les forces appliquées sur les équipements et les accessoires utilisés. De plus, certains de ces accessoires, notamment la chape de conception artisanale et la manille, n'ont pas d'indication de capacité. Quant à l'élingue de corde utilisée, sa limite de charge de travail est de 7 484 kg, ce qui est inférieur au poids du tracteur enlisé qui est d'environ 8 450 kg. Tel que démontré dans la revue de littérature, la force requise pour récupérer ce tracteur est estimée à au moins 2,5 fois son poids, soit environ 21 125 kg.

Cette cause est retenue.

SECTION 5**5 CONCLUSION****5.1 Causes de l'accident**

- Lors de la récupération du tracteur enlisé, le travailleur qui l'opère est frappé à la tête par une pièce métallique projetée en raison de la rupture de la chape du tracteur-remorqueur ;
- L'employeur ne définit et ne prescrit aucune méthode de travail sécuritaire spécifique pour la récupération d'un tracteur enlisé ;
- L'employeur ne s'assure pas que les accessoires utilisés pour la récupération sont de capacité connue et suffisante.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Au rapport d'intervention RAP9143408, la CNESST ordonne la suspension des travaux avec l'utilisation des attaches d'arrimage domestique (home made). Afin de permettre la reprise des travaux, une attestation d'ingénieur sur la capacité et l'utilisation de ce dispositif est exigé.

Au rapport d'intervention RAP9143408, la CNESST ordonne la suspension des travaux de l'utilisation des tracteurs pour dégager un autre tracteur enlisé ou autres machines. Afin de permettre la reprise des travaux, la CNESST exige l'élaboration d'une procédure de travail sécuritaire, de s'assurer de la capacité de son système ainsi que la formation des travailleurs.

Au rapport d'intervention RAP9143499, la CNESST autorise la reprise des travaux de dégagement de tracteurs enlisés, ou autres machineries. L'employeur s'engage à utiliser les services d'une entreprise spécialisée en remorquage pour dégager les tracteurs enlisés.

Dans les rapports d'intervention RAP9143499, RAP1398443, RAP1408555, RAP141448, RAP1417872 et RAP1424784, la CNESST demande une procédure d'extraction de matériel embourbé et de former le personnel concerné de cette procédure.

5.3 Recommandations

Afin qu'ils en informent leurs membres, la CNESST transmettra une copie du rapport d'enquête à l'Association de la tourbe de sphaigne canadienne (CSPMA), l'Association des producteurs de tourbe horticole du Québec (APTHQ) et à l'Association des producteurs de tourbe du Nouveau-Brunswick (APTNB).

Une copie du rapport sera également transmise à l'Union des producteurs agricoles (UPA), ainsi qu'à l'Association canadienne de sécurité agricole (ACSA).

Dans le cadre de son partenariat avec la CNESST, visant l'intégration de la santé et de la sécurité du travail dans la formation professionnelle et technique, le ministère de l'Éducation diffusera à des fins informatives et pédagogiques le rapport d'enquête dans les établissements de formation qui offrent les programmes d'études en agriculture.

ANNEXE A**Accidenté**

Nom, prénom : C [REDACTED]

Sexe : Masculin

Âge : [REDACTED]

Fonction habituelle : [REDACTED]

Fonction lors de l'accident : Journalier de tourbière

Ancienneté chez l'employeur : [REDACTED]

Syndicat : [REDACTED]

ANNEXE B**Liste des personnes interrogées****Personnes rencontrées**

Monsieur D [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur E [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur F [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur Vincent Picard, directeur santé et sécurité, Premier Horticulture Itée
Monsieur Ghislain Lévesque, vice-président Opérations Horticulture, Premier Horticulture Itée
Monsieur G [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur H [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur I [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur J [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur K [REDACTED], Premier Horticulture Itée
Monsieur Francis Fillion, enquêteur, Sûreté du Québec

Personnes contactées

Madame Lina Soucy, enquêtrice à la Sûreté du Québec
Monsieur Yves Brière, Sûreté du Québec
Docteure Renée Roussel, coroner

ANNEXE C**Rapport d'expertise****REVUE DE LITTÉRATURE**

Revue de littérature : éléments à considérer pour la récupération de véhicules agricoles enlisés, estimation de la force requise et forces agissant sur une chape

Rapport présenté à :

Luc Lepage, inspecteur

et

Simon-Pierre D'Amours, ing., inspecteur

Direction de la prévention-inspection sud-est, Rimouski

Préparé par :

François Granger, ing. et agr.

Conseiller expert en prévention-inspection

et

Sorina Rachiteanu, ing.

Conseillère en prévention-inspection

Direction du génie-conseil

Direction générale de la gouvernance et du conseil stratégique en prévention

15 mai 2023

Table des matières

1. Mise en contexte.....	3
2. Description du mandat.....	3
3. Informations reçues	3
4. Récupération de véhicules agricoles enlisés	4
5. Forces pouvant agir sur une chape	7
6. Conclusions	8

Note : Dans ce document, afin de faciliter la compréhension, les mêmes termes que ceux utilisés généralement dans l'industrie du remorquage sont employés. Par exemple, la « force » requise pour extraire un véhicule est exprimée en « kg » et correspond en fait à la capacité de charge requise des équipements et accessoires.

1. Mise en contexte

Lors d'une opération de récupération d'un tracteur enlisé (photo 1), le bris d'une chape artisanale installée sur la barre de tire du tracteur remorqueur cause le retour brusque de l'élingue sous tension. Des pièces de la chape sont entraînées et projetées en direction du tracteur enlisé et frappent mortellement son conducteur.



Photo 1. État d'enlisement du tracteur MF au moment de l'accident (source CNESST)

2. Description du mandat

Le mandat en support à l'enquête comporte deux volets. Le premier volet consiste à réviser la littérature portant sur la récupération de véhicules agricoles enlisés, plus particulièrement sur les éléments et les considérations en lien avec la situation décrite précédemment. Il consiste également à estimer à partir de cette littérature, la force requise pour extraire le tracteur qui était enlisé, puisqu'elle est déterminante en ce qui concerne la capacité des équipements et accessoires de récupération.

Le second volet consiste à expliquer brièvement et de façon théorique les principales forces pouvant agir sur les composantes de la chape artisanale installée sur la barre de tire du tracteur remorqueur.

3. Informations reçues

Outre l'état d'enlisement du tracteur MF (photo 1), les informations suivantes ont été fournies :

- Entre les tracteurs, le terrain est relativement plat et horizontal.
 - Des dépressions telles des ornières n'ont pu être observées.
- Les points d'attache de l'élingue (extrémités des barres de tire) sont à peu près à la même élévation.
- Le tracteur remorqueur est de marque John Deere (JD), modèle 7530 : 180 hp.
- Le tracteur enlisé est de marque Massey Ferguson (MF), modèle 6716-S de 150 hp :
 - Le poids total du tracteur MF enlisé (pesée réalisée en incluant le chargeur avant) : $\approx 8\,450$ kg
- La **limite de charge de travail** (working load limit ou WLL) de l'élingue utilisée : $\approx 7\,484$ kg
- La **résistance à la rupture** (break strength ou BS) de l'élingue indiquée par le fabricant : $\approx 22\,453$ kg
- La force appliquée sur l'élingue n'a pas dépassé sa résistance à la rupture (elle n'a pas cédé).
- La chape artisanale a cédé.

Par ailleurs, selon les informations reçues, au moment de l'accident, la chape artisanale est composée de deux parties, soit, une partie supérieure constituée d'un tube de section rectangulaire placée sur un tube plus court de section carrée. Ces deux parties sont assemblées à la barre de tire du tracteur remorqueur à l'aide de deux boulons (schéma 1).

Toujours selon les informations reçues, seul le boulon 2 serre l'assemblage sur la barre de tire à l'aide d'un écrou, mais de façon à pouvoir faire pivoter la partie supérieure au besoin. Ainsi, l'écrou n'est pas très serré. Le boulon 2 et son écrou n'ont pas été retrouvés. Le boulon 1 a été retrouvé complet, mais plié.

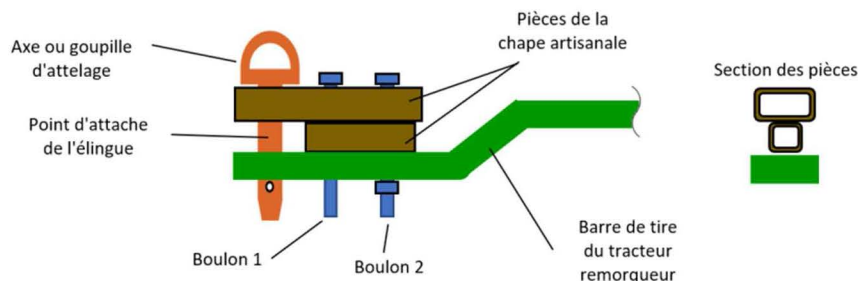


Schéma 1. Illustration de l'assemblage de la chape artisanale – non à l'échelle (source CNESST)

4. Récupération de véhicules agricoles enlisés

L'état d'enlèvement du tracteur tel que constaté, nécessite une opération de récupération. Cela requiert des équipements et des accessoires adaptés à la récupération et de capacité supérieure à ceux utilisés pour un remorquage. Dans le cas d'un remorquage, le véhicule à remorquer peut rouler ou est faiblement enlisé. S'il faut extraire un véhicule d'un fossé ou d'un enlèvement profond, il s'agit d'une récupération.

Deux références américaines ont été identifiées concernant la récupération de véhicules agricoles enlisés qui sont généralement des véhicules lourds. Ces références fournissent entre autres, des lignes directrices et des facteurs qui permettent d'estimer la force minimale requise pour extraire un véhicule enlisé. Soit un guide produit par l'université Purdue (Purdue, 2012) et les lignes directrices d'un fournisseur spécialisé, notamment en élingues de récupération pour les véhicules lourds (US Cargo Control, 2023).

Le guide de l'université de Purdue précise que la récupération d'un véhicule agricole enlisé est une activité extrêmement dangereuse et qu'elle requiert une réflexion sérieuse. Il présente de nombreux cas d'accidents et de situations dangereuses. Ce guide fourni entre autres, des informations concernant le choix, la capacité et l'usage des équipements ainsi que sur les facteurs à prendre en considération avant de tenter d'extraire de l'équipement agricole ou des véhicules enlisés. Il vise à sensibiliser les opérateurs sur les connaissances nécessaires pour pouvoir dégager un véhicule embourbé de manière sécuritaire, sans risque de blesser les conducteurs ou les gens aux alentours, d'endommager le matériel ou de nuire à l'environnement.

Ainsi, avant de procéder à une opération de récupération d'un véhicule enlisé, il faut connaître la capacité des points d'attache recommandés par les fabricants des véhicules (ex. barre de tire et chape, ou autres points d'attaches) et vérifier que le véhicule « remorqueur » est adéquat et a une capacité suffisante. Il faut également connaître la capacité des accessoires utilisés, tels que crochets, manilles et axes d'attelage, ainsi que la capacité de l'élingue, de la chaîne ou de la barre de récupération selon le cas, notamment en consultant le marquage qui doit apparaître sur l'accessoire ou l'équipement. Chaque accessoire doit être utilisé selon les recommandations et les limites indiquées par le fabricant.

À l'aide du guide, il est possible d'estimer la force requise pour extraire un véhicule agricole enlisé. Le but de cet exercice est d'abord d'évaluer si les équipements et les accessoires disponibles ont la capacité

requis pour que l'opération soit sécuritaire. Dans le cas contraire, ou en cas de doute, il faut faire appel à des services spécialisés en remorquage ou en extraction de véhicules lourds.

De façon générale, l'estimation de la force minimale requise pour récupérer un véhicule enlisé, doit tenir compte du poids du véhicule et de son chargement, auquel s'ajoutent des forces dues à la résistance à la profondeur d'enlèvement, ainsi qu'à la présence d'une pente, s'il y a lieu.

À partir des informations fournies dans le guide de l'université Purdue et par la compagnie US Cargo Control, l'estimation de la force minimale requise peut être résumée ainsi :

$$F = W + R_{r/e} + R_p \quad (\text{équation 1})$$

Où

F	:	Force requise pour sortir un véhicule enlisé
W	:	Poids du véhicule et de sa charge
$R_{r/e}$:	Résistance au roulement ou due à la profondeur d'enlèvement
R_p	:	Résistance due à la pente

Le poids du véhicule (W) peut être obtenu des spécifications du fabricant. Pour les forces dues aux résistances $R_{r/e}$ et R_p , le guide de l'université Purdue indique qu'elles sont impossibles à calculer avec précision. Toutefois, elles peuvent être estimées à partir d'une appréciation de la situation sur le terrain et en utilisant des facteurs et des lignes directrices basés sur l'expérience de l'industrie du remorquage. Dans le guide de l'université Purdue, les facteurs et lignes directrices utilisés proviennent de l'entreprise WreckMaster, une entreprise qui forme et certifie des professionnels de l'industrie du remorquage.

4.1 Estimation de la force requise pour extraire le tracteur MF qui était enlisé

L'estimation qui suit est basée sur les lignes directrices des références consultées et ne vise qu'à fournir un ordre de grandeur de la force minimale requise pour extraire le tracteur MF, tel qu'il était enlisé (photo 1).

Le poids total du tracteur MF avec son chargeur est de 8 450 kg. La pente est considérée négligeable et la résistance R_p nulle. Selon les facteurs de WreckMaster (Purdue, 2012) et compte tenu de l'importance de la profondeur d'enlèvement (partie avant avec le châssis sous la surface du sol), la résistance « $R_{r/e}$ » retenue pour l'estimation correspondrait à au moins 150% du poids du véhicule enlisé. Ainsi, la force minimale requise pour extraire le tracteur équivaldrait à 2,5 fois son poids et serait de l'ordre de 21 125 kg :

$$\begin{aligned} F &= W + R_{r/e} & \text{ou} & \quad F = W + (1,5 \times W) \\ F &= 8\,450 \text{ kg} + (1,5 \times 8\,450 \text{ kg}) & \text{ou} & \quad 2,5 \times 8\,450 \text{ kg} \\ F &= \mathbf{21\,125 \text{ kg}} & & \quad (\text{estimation à partir du guide de l'université Purdue}) \end{aligned}$$

La méthode d'estimation de la compagnie US Cargo Control se résume également par l'équation 1. Elle établit cependant une force de résistance supérieure dans le cas d'un véhicule enlisé jusqu'au châssis avec ses roues sur un même plan horizontal. Cette force de résistance « $R_{r/e}$ » s'ajoute au poids « W » du véhicule et correspond à 2,5 fois le poids du véhicule enlisé. Au total, cela équivaut à multiplier par 3,5 le poids du véhicule enlisé afin d'estimer la force minimale requise.

Toujours en considérant que la pente est négligeable et que la résistance R_p est nulle, la force minimale requise pour extraire le tracteur MF avec l'approche de US Cargo Control serait de l'ordre de 29 575 kg :

$$\begin{aligned} F &= W + R_{r/e} & \text{ou} & \quad F = W + [(1,5 \times W) + W] \\ F &= 8\,450 \text{ kg} + [(1,5 \times 8\,450 \text{ kg}) + 8\,450 \text{ kg}] & \text{ou} & \quad 3,5 \times 8\,450 \text{ kg} \\ F &= \mathbf{29\,575 \text{ kg}} & & \quad (\text{estimation à partir de l'approche de US Cargo Control}) \end{aligned}$$

Ces estimations fournissent un ordre de grandeur de la force minimale requise pour extraire le véhicule enlisé. Le résultat de ces estimations permet de conclure que la limite de charge de travail de l'élingue utilisée ($\approx 7\,484$ kg) était insuffisante. Par ailleurs, la valeur estimée de la force minimale requise est près ou dépasse la résistance à la rupture indiquée par le fabricant de l'élingue ($\approx 22\,453$ kg).

Or, afin que l'opération soit sécuritaire, la limite de charge de travail des points d'attaches, des accessoires et de l'élingue doit être supérieure à la force minimale requise pour extraire le véhicule.

4.2 Élingue de récupération

Le guide de l'université Purdue précise que dans le cas d'une élingue, il faut s'assurer qu'elle est conçue pour l'extraction de véhicules enlisés et qu'il s'agit bien d'une élingue de récupération (recovery strap / recovery rope). Une élingue de récupération est conçue pour pouvoir s'étirer et recevoir des coups lors de la traction. Par contre, il faut comprendre qu'une telle élingue emmagasine beaucoup d'énergie lorsqu'elle est tendue.

Il faut choisir une élingue de récupération de capacité suffisante et éviter d'exercer une force supérieure à sa capacité pour qu'elle ne cède pas. Toutefois, l'élingue devrait avoir une résistance à la rupture plus faible que la limite de charge de travail des autres accessoires et des points d'attaches. Une élingue qui se rompt demeure très dangereuse compte tenu de l'énergie emmagasinée, mais si elle se rompt avant les autres accessoires, ceux-ci ne seront pas entraînés et projetés par le brusque retour élastique de l'élingue. Ainsi :

- La **limite de charge de travail** de l'élingue (working load limit ou WLL), doit être supérieure à la force requise pour extraire le véhicule enlisé;
- La **résistance à la rupture** (break strength ou BS) de l'élingue doit être inférieure à la limite de charge de travail des points d'attache et de chacun des accessoires utilisés.

Le guide met en garde de ne jamais utiliser d'élingues qui ne sont pas conçues pour s'étirer pour la récupération d'un véhicule ou d'un équipement enlisé, telles des élingues de levage ou de remorquage. En effet, une élingue de remorquage n'est pas conçue pour s'étirer. Elle peut se rompre lorsqu'elle subit un coup durant la traction. Elle est conçue pour le remorquage d'un véhicule qui roule librement.

4.3 Zones dangereuses

Le guide de l'université Purdue explique les zones dangereuses lors de la récupération d'un véhicule enlisé. Dans une vidéo produite par l'université du Kansas à partir du guide de l'université Purdue, un remorqueur professionnel apporte des précisions (photo 2).

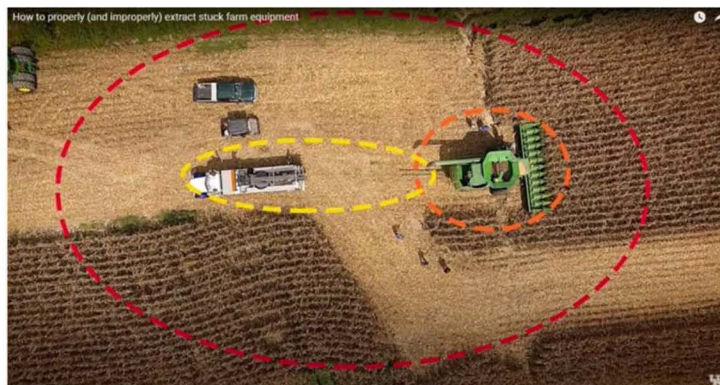


Photo 2. Zones lors de la récupération d'un véhicule enlisé (Kansas University, 2023) :
(Orange : zone d'enlèvement, jaune : zone de remorquage - danger, rouge : zone d'exclusion - danger)

La zone de remorquage en jaune sur la photo 2 est une zone très dangereuse, s'il y a un bris, le câble et les pièces seront projetés vers le véhicule remorqueur ou vers le véhicule enlisé. Dans leurs consignes de sécurité certains manufacturiers précisent de « NE JAMAIS SE TENIR DANS LA TRAJECTOIRE D'UNE ÉLINGUE TENDUE » (Purdue, 2012).

Par ailleurs, il est recommandé d'avoir une zone d'exclusion de 30 m ou plus (en rouge sur la photo 2), ou aucune personne ne doit être lors de l'opération, incluant les personnes à bord d'autres véhicules. Sur la photo 2, avant l'opération, les véhicules autres que le camion remorqueur doivent être retirés.

5. Forces pouvant agir sur une chape

Le but de cette section est d'expliquer de façon théorique les forces pouvant agir sur la chape artisanale et ses composantes.

Par réaction, la force exercée par le tracteur remorqueur est transférée à l'élingue par l'axe d'attelage où elle est attachée (schéma 2). L'élingue tire avec la même force sur les deux points d'attaches où elle est fixée, soit, celui sur le tracteur enlisé et celui sur le tracteur remorqueur. L'élingue applique cette force sur l'axe d'attelage du tracteur enlisé (pièce de couleur orange sur le schéma 2).

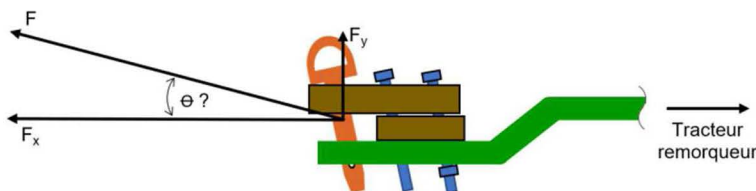


Schéma 2. Illustration de la force appliquée par l'élingue sur la chape artisanale (source CNESST)

Cette force (F), peut avoir deux composantes, soit une composante horizontale ou parallèle au plan du terrain (F_x) et une composante verticale ou perpendiculaire au plan du terrain (F_y). La composante F_y sera plus ou moins importante et agira vers le haut ou vers le bas selon l'angle de travail, qui lui, dépend de la différence d'élévation entre les points d'attache de l'élingue sur les deux tracteurs. Cette différence d'élévation peut notamment être due aux points d'attache eux-mêmes, à la présence d'ornières ou encore, à un cabrage du tracteur remorqueur. Lorsque les points d'attaches sont de même élévation, la force agit uniquement à l'horizontale et $F = F_x$.

Considérant que le terrain est horizontal, que les points d'attache sont à peu près à la même élévation et que des ornières n'ont pu être observées, la majeure partie de la force appliquée sur la chape artisanale devait être horizontale.

La limite de charge de travail de la chape artisanale ainsi que sa résistance à la rupture ne sont pas connues. En émettant l'hypothèse que la capacité de la barre de tire et celle de l'axe d'attelage sont supérieures à celle de la chape artisanale, lorsqu'une force dépassant la capacité des composantes de la chape est exercée en tirant sur l'axe d'attelage, la pièce supérieure de la chape commence à se déplacer dans le sens de la traction subie (schéma 2). À ce moment, l'axe d'attelage s'incline progressivement, ce qui peut contribuer à faire glisser l'élingue vers la pièce supérieure et faire sortir l'axe de la barre de tire. S'il y a lieu, la présence d'une composante verticale de la force (F_y) agissant vers le haut pourrait aussi contribuer à faire sortir l'axe de la barre de tire. Quant à eux, les boulons et les écrous subissent une combinaison de diverses contraintes¹, notamment, en tension, en flexion et en cisaillement.

¹ Tension interne ou force extérieure exercée sur un corps et qui tend à le déformer (Dictionnaire Antidote)

Ces contraintes sont plus importantes lorsque l'assemblage n'est pas rigide, qu'il y a peu de friction entre les pièces et que la surface de contact entre les boulons et les pièces est faible. Les autres pièces de la chape subissent aussi des contraintes comme il peut être constaté par la déformation des trous d'assemblage.

La qualité des pièces d'une chape, la qualité de l'assemblage (ex. type de joint, dimensions et résistance des boulons, tolérances entre les trous et le diamètre des boulons, couple de serrage, etc.) ainsi que sa compatibilité avec la barre de tire, font partie des éléments qu'un concepteur doit tenir compte.

Par ailleurs, les manufacturiers appliquent aussi des facteurs de sécurité lors de la conception et tiennent compte des normes et des essais applicables. Ils considèrent également des recommandations pour l'utilisation, l'inspection et l'entretien.

Les forces exercées sur la chape via l'axe d'attelage peuvent être très importantes. Par exemple, l'ordre de grandeur de la force minimale requise pour extraire le tracteur MF estimée précédemment se situe autour de 21 125 à 29 575 kg (\approx 207 165 à 290 030 N) ce qui correspond environ à 2,5 à 3,5 fois son poids. Toute cette charge est appliquée sur un point d'attache. Il est donc important de vérifier quels points d'attache sont prévus par le manufacturier du véhicule, et, si la barre de tire en fait partie, de s'assurer que la limite de charge de travail de la chape et de la barre de tire soit connue et que les recommandations du manufacturier soient respectées.

6. Conclusions

Les références consultées permettent les principales conclusions suivantes concernant la récupération d'un véhicule agricole enlisé :

- La récupération d'un véhicule agricole enlisé est une activité extrêmement dangereuse et elle ne doit pas être prise à la légère;
- Tirer un véhicule profondément enlisé, exerce une force extrême sur les équipements de récupération. Cette force peut atteindre plusieurs fois le poids du véhicule ou de l'équipement enlisé;
- Si la force exercée sur les accessoires utilisés pour la récupération et les dispositifs d'attelage est supérieure à leurs capacités ils peuvent se disloquer, casser ou se fendre;
- Lorsque les accessoires ou les dispositifs d'attelage cèdent, des débris sont projetés à une vitesse et à une force fulgurantes;
- La limite de charge de travail des équipements et accessoires de récupération doit être supérieure à la force minimale requise pour extraire le véhicule ou l'équipement enlisé :
 - En respectant la limite de charge de travail indiquée, les facteurs de sécurité prévus par le manufacturier sont également respectés;
 - Si la limite de charge de travail des équipements et accessoires ne peut être respectée, ou en cas de doute, faire appel à des services spécialisés en extraction de véhicules lourds.
- Ne jamais attacher une élingue à un point d'attache ou avec un accessoire ayant une résistance inférieure à celle de l'élingue. L'élingue devrait toujours être l'élément le plus faible de l'assemblage;
- Si la capacité d'un point d'attache ou d'un accessoire n'est pas connue, ne pas s'en servir :
 - Ne jamais utiliser des équipements de fabrication artisanale, leur capacité n'est pas connue.
- Respecter les recommandations des fabricants sur l'utilisation, l'entretien et l'inspection des équipements et accessoires;
- Respecter les zones de danger autour des véhicules lors de l'opération de récupération.

Références

Purdue University, 2012. [Extracting Stuck Equipment Safely. How to Avoid Expensive and Painful Incidents.](#) Purdue University Cooperative Extension Service. Publication PPP-98.

- Ce guide est disponible en français sous le titre « [L'extraction sécuritaire de matériel embourbé](#) ».

US Cargo Control, 2023. [Extracting a Stuck Vehicle](#) et [11 Tips to Safely Extract Stuck Tractors and Farm Equipment from Mud.](#) Pages web consultées en janvier et février 2023.

Kansas university, 2023. [How to properly \(and improperly\) extract stuck farm equipment.](#) University of Kansas, College of Agriculture, Food and Environment. Vidéo consultée en janvier et février 2023.

Juvinall, R.C. and K.M, Marshek, 2003. *Fundamentals of Machine Component Design.* Updated third edition. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-44844-3

ANNEXE D

Références bibliographiques

JOHN DEERE. *John Deere Parts Catalog*, à jour le 25 janvier 2023, [en ligne] [CANADA], Deere & Company. [<https://partscatalog.deere.com/jdrc/sidebyside/pin/RW7530P020177/equipment/338735/referrer/search/pgId/398245957>]

PURDUE UNIVERSITY. *Extracting Stuck Equipment Safely. How to Avoid Expensive and Painful Incidents. Publication PPP-98* [en ligne] [ÉTATS-UNIS], Purdue University Cooperative Extension Service. [<https://ppp.purdue.edu/wp-content/uploads/2016/08/PPP-98.pdf>]

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, chapitre S-2.1*, à jour le 15 octobre 2022, [en ligne] [QUÉBEC], Éditeur officiel du Québec. [<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/S-2.1>]

US CARGO CONTROL. *11 Tips to Safely Extract Stuck Tractors and Farm Equipment from Mud*, à jour en février 2023, [en ligne] [ÉTATS-UNIS], US Cargo Control. [<https://www.uscargocontrol.com/blogs/blog/11-tips-for-extracting-stuck-tractors-and-farm-equipment-safely>]

US CARGO CONTROL. *Extracting a Stuck Vehicle*, à jour en janvier 2023, [en ligne] [ÉTATS-UNIS], US Cargo Control. [<https://www.uscargocontrol.com/blogs/blog/extracting-stuck-vehicle>]