EN004480

RAPPORT D'ENQUÊTE

Accident ayant causé la mort d'un [redacted] de l'entreprise Ferme Holdream inc., survenu le 27 juin 2025 au 197A, 9e rang à Saint-Honoré-de-Shenley.

Version dépersonnalisée

Service de la prévention-inspection – Chaudière-Appalaches

Inspecteurs :

Yannick Boutin, inspecteur

Guillaume Désy, inspecteur

Date du rapport : 02 mars 2026

Rapport distribué à :

- Monsieur Guillaume Lessard, copropriétaire, Ferme Holdream inc.
- Monsieur Jean-François Bertrand, coroner
- Madame Liliana Romero, MD, MSc., FRCPC, directrice de la santé publique, Chaudière-Appalaches

TABLE DES MATIÈRES

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT 1

2 ORGANISATION DU TRAVAIL 3

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

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 7
4.2.1 CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT DU TRACTEUR 7
4.2.2 CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT DE L'ÉPANDEUR 9
4.2.3 COMPOSANTES DU TIRANT DE RELEVAGE ET DOMMAGES OBSERVÉS 10
4.2.4 USURE DES PIÈCES 12
4.2.5 AVIS TECHNIQUE 15
4.2.6 CONSIGNES DE SÉCURITÉ DU FABRICANT DE L'ÉPANDEUR 17
4.2.7 ENCADREMENT LÉGISLATIF 18
4.3 ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES 19
4.3.1 EN RAISON DE L'USURE EXCESSIVE DES FILETS DE LA TIGE FILETÉE INFÉRIEURE ET DE LA CHAPE DU TIRANT DE RELEVAGE GAUCHE DE L'ATTELAGE TROIS-POINTS DU TRACTEUR, L'ENSEMBLE SE DÉCOUPLE SOUDAINEMENT SOUS LA CHARGE DE L'ÉPANDEUR ET CHUTE SUR LA VICTIME. 19
4.3.2 L'ABSENCE DE SUPPORTS DE L'ÉPANDEUR, AUTRE QUE L'ATTELAGE TROIS-POINTS DU TRACTEUR, AU MOMENT OÙ LA VICTIME EFFECTUE UNE VÉRIFICATION EN DESSOUS DE LA MACHINE, L'EXPOSE À UN DANGER D'ÉCRASEMENT EN CAS DE DÉFAILLANCE. 20

5 CONCLUSION 21

5.1 CAUSES DE L'ACCIDENT 21
5.2 SUIVIS DE L'ENQUÊTE 21

6 ANNEXE 22

ANNEXE A-ACCIDENTÉ 22
ANNEXE B–AVIS TECHNIQUE 23
ANNEXE C-EXPERTISE MÉCANIQUE 24
ANNEXE D-RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 25

SECTION 1

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

Description de l'accident

Le 27 juin 2025 en avant-midi, à la suite d'une réparation effectuée sur le tirant de relevage du côté gauche de l'attelage trois-points du tracteur, monsieur A (ci-après nommé la victime) se penche sous l'épandeur, du côté gauche de la machine, afin d'effectuer une vérification préalable à sa remise en service. Après s'être agenouillé, il se penche sous le cadre de protection situé sous l'échelle de l'épandeur. Le côté gauche de l'épandeur chute alors soudainement sur la victime.

Conséquences

La victime décède sur les lieux, aux environs de 11 h.

Figure 1 - *Position du tracteur et de l'épandeur*
Source : CNESST

Libellé des causes

- En raison de l'usure excessive des filets de la tige filetée inférieure et de la chape du tirant de relevage gauche de l'attelage trois-points du tracteur, l'ensemble se découple soudainement sous la charge de l'épandeur et chute sur la victime.

- L'absence de supports de l'épandeur, autre que l'attelage trois-points du tracteur, au moment où la victime effectue une vérification en dessous de la machine, l'expose à un danger d'écrasement en cas de défaillance.

Mesures correctives

- Le rapport d'intervention RAP1518893 en date du 27 juin 2025 fait état de l'intervention initiale. Aucune décision n'est émise à ce moment.

- Le rapport d'intervention RAP1518894 en date du 2 juillet 2025 a comme objectif de recueillir de l'information. Aucune décision n'est émise à ce moment.

- Le rapport d'intervention RAP1518896 en date du 4 juillet 2025 a comme objectif de recueillir de l'information. Le tracteur et l'épandeur sont au garage G. Bolduc, par la suite ils sont transportés à la succursale S.A. Service agricole de Beauce à Saint-Georges pour effectuer une expertise sur le tracteur. Une décision est émise à ce moment. Le scellé n° E77123 est apposé sur l'épandeur. À ce jour, les réparations sur l'épandeur ne sont pas effectuées.

- Le rapport d'intervention RAP1519270 en date du 8 juillet 2025 fait suite à l'inspection mécanique du tracteur à la succursale S.A. Service agricole de Beauce à Saint-Georges. Deux avis de correction sont émis à la suite de l'inspection, soit le frein à main qui n'est pas fonctionnel et l'état de certaines pièces mécaniques présentent de l'usure.

- Le rapport d'intervention RAP1522767 en date du 1er août 2025 a pour objectif de vérifier l'état d'avancement des avis de correction émis le 8 juillet 2025. Le frein à main est réparé et fonctionnel. L'avis de correction est considéré comme étant effectué. Les correctifs exigés au second avis de correction ne sont pas commencés.

- Le rapport d'intervention RAP1527940 en date du 24 septembre 2025 a pour objectif de vérifier l'état d'avancement du second avis de correction émis le 8 juillet 2025. Les correctifs exigés ont été réalisés.

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 5situation 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

La Ferme Holdream inc. est une entreprise agricole en copropriété [redacted]. Elle concentre ses activités dans trois secteurs de production soit : laitière, acéricole et grande culture.

L'établissement fait partie du sixième groupe prioritaire et le secteur d'activité économique est *l'agriculture*. On y compte quatre travailleurs non syndiqués affectés à la production, [redacted].

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

Outre les directives verbales qui sont données aux travailleurs concernant certains risques associés aux tâches qui leur sont assignées, l'entreprise n'a aucun mécanisme de participation qui vise la prise en charge de la santé et de la sécurité du travail.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

L'entreprise n'a pas élaboré de programme de prévention propre à ses activités. Notons que les entreprises du secteur agricole n'ont pas d'obligation en ce sens selon la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) [L.R.Q., c. S-2.1] au moment de l'accident.

Cependant, depuis le 6 avril 2022, le projet de loi n° 59 de la *Loi modernisant le régime de santé et de sécurité du travail* (LMRSST) [2021, chapitre 27] oblige tous les établissements qui n'ont pas de mécanismes de prévention et de participation dans leur milieu à les mettre en place. Ce régime prépare les milieux de travail à la mise en application du programme de prévention ou du plan d'action. Il introduit également des mécanismes de participation dans les milieux de travail.

Dans les établissements ayant moins de 20 travailleurs :

- L'employeur doit documenter par écrit les risques à la santé des travailleurs ainsi que les risques pouvant affecter leur sécurité.
- Les travailleurs doivent désigner, parmi eux, un agent de liaison en santé et en sécurité.

Ce régime intérimaire vise à augmenter la prise en charge de la santé et de la sécurité par les milieux de travail.

Depuis le 1er octobre 2025, le *Règlement sur les mécanismes de prévention et de participation en établissement* (RMPPÉ) [S-2.1, r. 8.3] est entré en vigueur, conformément à la LMRSST. Ce nouveau règlement détermine les règles applicables en établissement relativement au programme de prévention, au plan d'action, au comité de santé et de sécurité (CSS), à l'agent de liaison santé et sécurité (ALSS) ainsi qu'au représentant en santé et sécurité (RSS).

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Le lieu de travail est situé au 197A, 9e Rang à Saint-Honoré-de-Shenley. Pour se diriger au site de l'accident, les personnes doivent parcourir un chemin privé d'environ 600 mètres (m). Pour se rendre près du tracteur, il faut parcourir une distance approximative de 225 m dans le champ de maïs. Les coordonnées géographiques du lieu de l'accident sont : latitude 46° 00'48.2''N longitude 70° 49'29.7''O.

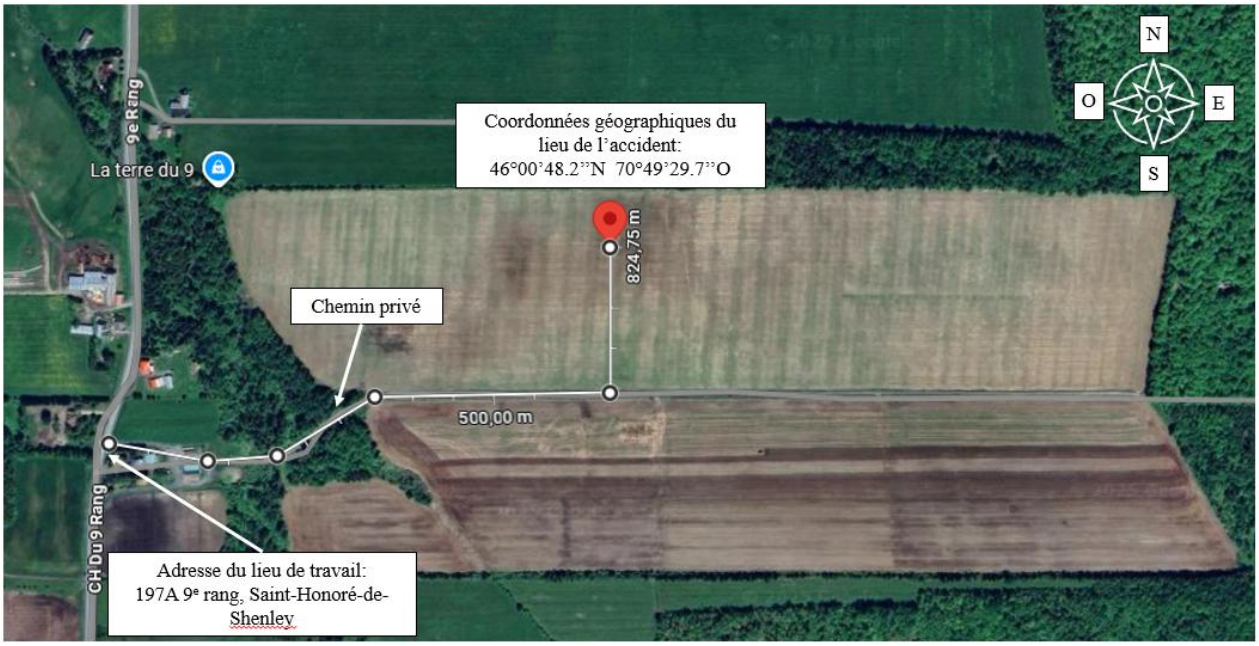


Fig. 2 – *Lieu de l'accident*
Source : Google Maps, modifié par la CNESST

Le matin du 27 juin 2025 entre 9 h et 10 h, la station météorologique d'Environnement et ressources naturelles Canada, située à Beauceville, indique que la température oscille entre 18 °C et 21 °C. Il s'agit d'un avant-midi ensoleillé avec passages nuageux. Le vent souffle en direction nord, entre trois et huit km/h. Selon l'échelle de Beaufort du même ministère fédéral, le vent est catégorisé entre très légère brise à légère brise durant cette heure. Aucun événement météo local n'est signalé dans la région.

3.2 Description du travail à effectuer

La tâche principale de la victime le matin du 27 juin 2025 est de conduire la chargeuse sur roues afin d'alimenter l'épandeur en engrais granulaire (ci-après nommé engrais). Pendant ce temps, monsieur B (ci-après nommé la personne en autorité) effectue l'épandage de l'engrais dans le champ de maïs. Pour accomplir le travail, l'épandeur est positionné sur l'attelage trois-points situé à l'arrière du tracteur.

SECTION 4

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 26 juin 2025 en soirée, selon la personne en autorité, la tâche débute vers 17 h 30 au lieu de travail. Sa tâche est de conduire le tracteur pour l'épandage de l'engrais dans le champ de maïs. Quatre sacs de 750 kilogrammes (kg) sont épandus à ce moment. Afin de prendre de l'avance pour le lendemain matin, les cinquièmes et sixièmes sacs y sont vidés. Le travail se termine vers 20 h. Le 27 juin 2025, la journée de travail à la ferme débute vers 5 h 30. Une pause déjeuner est prise vers 7 h 30. L'épandage de l'engrais débute vers 9 h. Selon la personne en autorité, 85 % de l'épandage est fait à ce moment. Un 11^{e} sac est chargé dans la machine par la victime vers 9 h 15. Au total, depuis la veille, 10 sacs sont épandus. La durée du chargement est estimée par la personne en autorité à cinq minutes. Vers 9 h 20, l'épandage reprend. Vers 9 h 30, alors que la personne en autorité circule en direction ouest, le tracteur passe dans une rigole à une vitesse estimée à 11 km/h. Quelques mètres plus loin, la tige filetée gauche du tirant de relevage de l'attelage trois-points du tracteur se découple de la chape. Ainsi, la partie gauche de l'épandeur chute et glisse au sol sur quelques mètres, occasionnant par le fait même des dommages en dessous (figure 3).

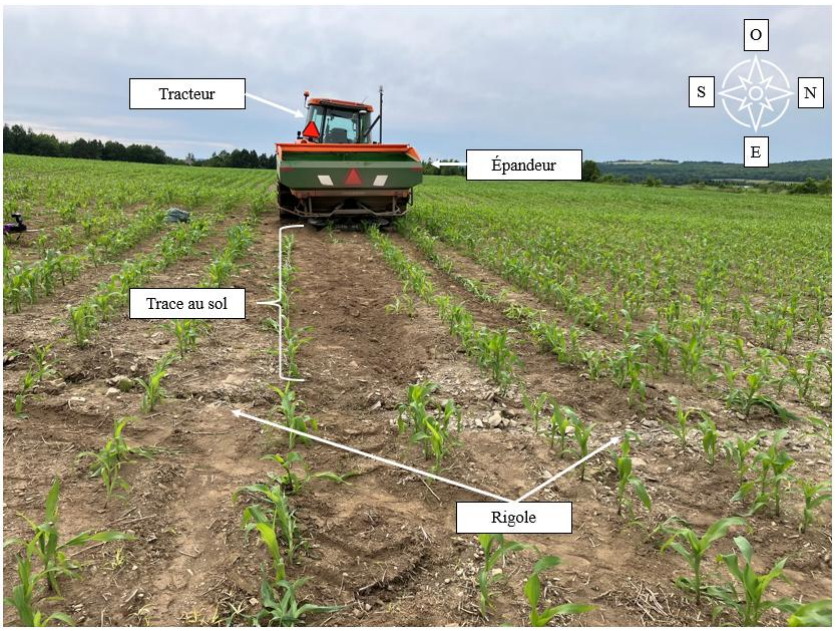


Fig. 3 – *Circulation dans la rigole du champ de maïs*
Source : CNESST

Vers 9 h 35, la victime, la personne en autorité et monsieur C (ci-après nommé travailleur) constatent que la goupille fendue à ressort (ci-après nommée goupille) a cédé. Aussitôt, ils se dirigent au garage de la ferme, à quelques minutes des lieux, avec le tirant de relevage afin d'effectuer la réparation. Vers 9 h 40, la personne en autorité retire la goupille abîmée de la tige filetée. Par la suite, celle-ci est vissée dans la chape. La personne en autorité insère ensuite la nouvelle goupille dans l'ouverture de la tige filetée à sa position de verrouillage dans la chape.

Vers 9 h 50, ils quittent le garage en direction du champ de maïs. Vers 9 h 55, arrivés sur les lieux, ils assemblent les composantes sur l'attelage trois-points du tracteur. Par la suite, l'épandeur est hissé à sa position d'épandage. Une fois à sa place, les intervenants se glissent en dessous, du côté gauche. Un nettoyage, une réparation et une inspection des composantes de l'équipement sont effectués. L'exécution de cette procédure prend une dizaine de minutes. Pendant ce temps, les éléments mécaniques de l'épandeur ne sont pas en fonction et aucun soutien n'est positionné en dessous afin de supporter la charge durant le travail. Le tracteur fonctionne à bas régime.

Vers 10 h 05, le travail en dessous de l'épandeur est terminé. Les intervenants se retirent. La personne en autorité se dirige vers la cabine du tracteur à proximité de la roue arrière gauche. Quant au travailleur, il s'éloigne de la machine à gauche de celle-ci, soit légèrement en retrait. Entre-temps, la victime s'accroupit à quatre pattes et se glisse la tête sous le cadre de protection, situé sous l'échelle de l'épandeur. À ce moment, la tige filetée du tirant de relevage gauche de l'attelage trois-points du tracteur se découple à nouveau de la chape (figure 4). La victime se fait alors écraser par le cadre de protection sous l'échelle (figure 5). Un appel au 911 est logé vers 10 h 05. L'ambulance arrive sur les lieux vers 10 h 15.

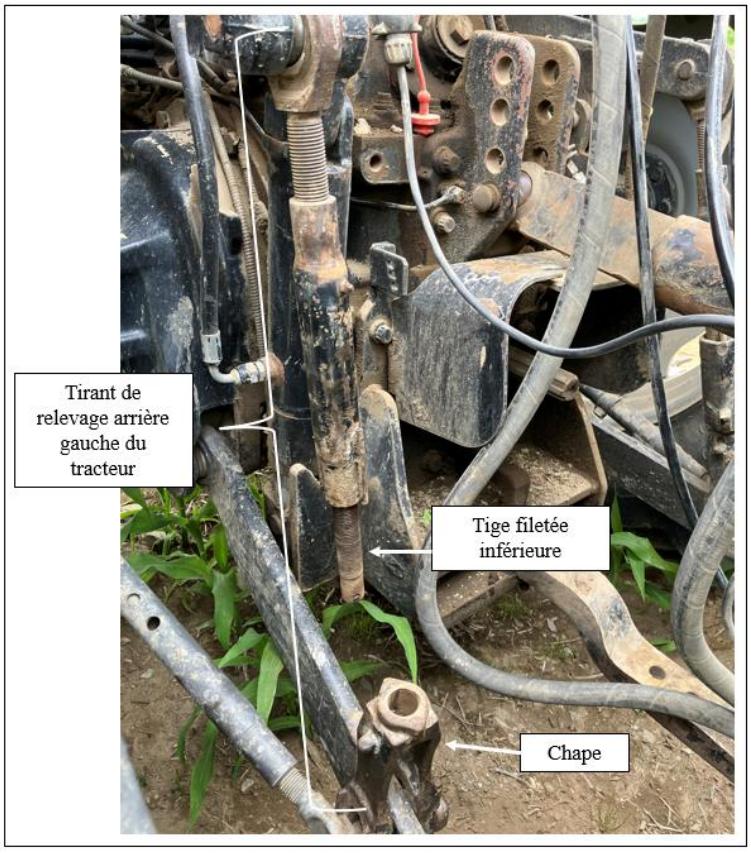


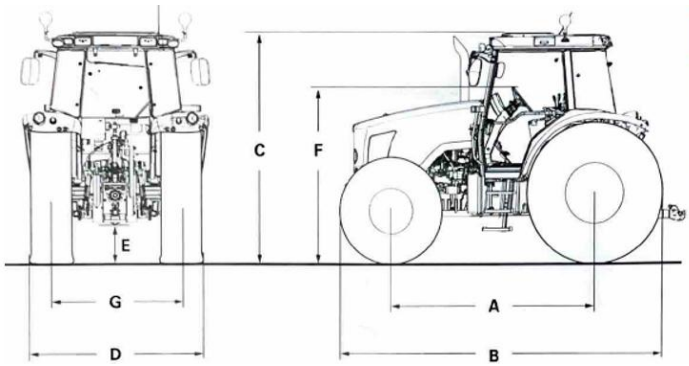
Fig. 4 – *Vue arrière de l'attelage trois-points du tracteur*
Source : CNESST

Fig. 5 – *Scène de l'accident*
Source : CNESST

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Caractéristiques et état du tracteur

Il s'agit d'un tracteur de marque Agco LT95A modèle M26D22GF613H, numéro de série [redacted]. L'année de fabrication est 2008 et le nombre d'heures d'utilisation inscrit au compteur est de 4770 h. Son poids est estimé selon le manuel du fabricant à 4540 kg sans le carburant ni le poids pouvant être ajouté aux roues. Il est équipé d'une chargeuse modèle FL45 dont le poids est estimé à 1546 kg sans le godet. Son poids total estimé est de 6086 kg. La puissance du moteur diesel est de 115 forces (HP) et la capacité de levage de l'attelage trois-points arrière est de 3545kg à 610 mm au-dessus du sol[1]. Ses spécifications techniques sont présentées à la figure 6 ci-dessous. L'inspection mécanique du tracteur est effectuée à la succursale de SA Service Agricole de Saint-Georges. Celle-ci révèle que plusieurs points sont à corriger (voir Annexe C).



Légende	
A	Empattement: 2674 mm
B	Longueur totale: 4406 mm
C	Hauteur au toit min/max: 2725 mm / 2825 mm
D	Largeur totale: 2550 mm
E	Garde au sol: 380 mm / 580 mm
F	Hauteur au volant: 2028 mm / 2151 mm
G	Distances entre les faces internes des jantes: 1800 mm

Fig. 6 – *Spécifications techniques*
Source : AGCO S.A., LTA Series tractors, Models LTA Auto 4, modifiée par la CNESST[2]

[1] TractorData, Informations sur toutes les marques et modèles de tracteurs, tractordata.com, (Consulté le 2025-12-05)
[2] AGCO S.A., LTA Series tractors, Models LTA Auto 4, Beauvais – France, january 2010, p. 152 et al.

L'arrière du tracteur est représenté par la figure 7 ci-dessous, images A et B. Il s'agit d'un modèle similaire à celui impliqué dans l'accident. L'image C représente le triangle d'attelage de l'épandeur. Les cercles rouges sont les points d'insertion du bras de poussée et des bras inférieurs de l'attelage trois-points du tracteur.

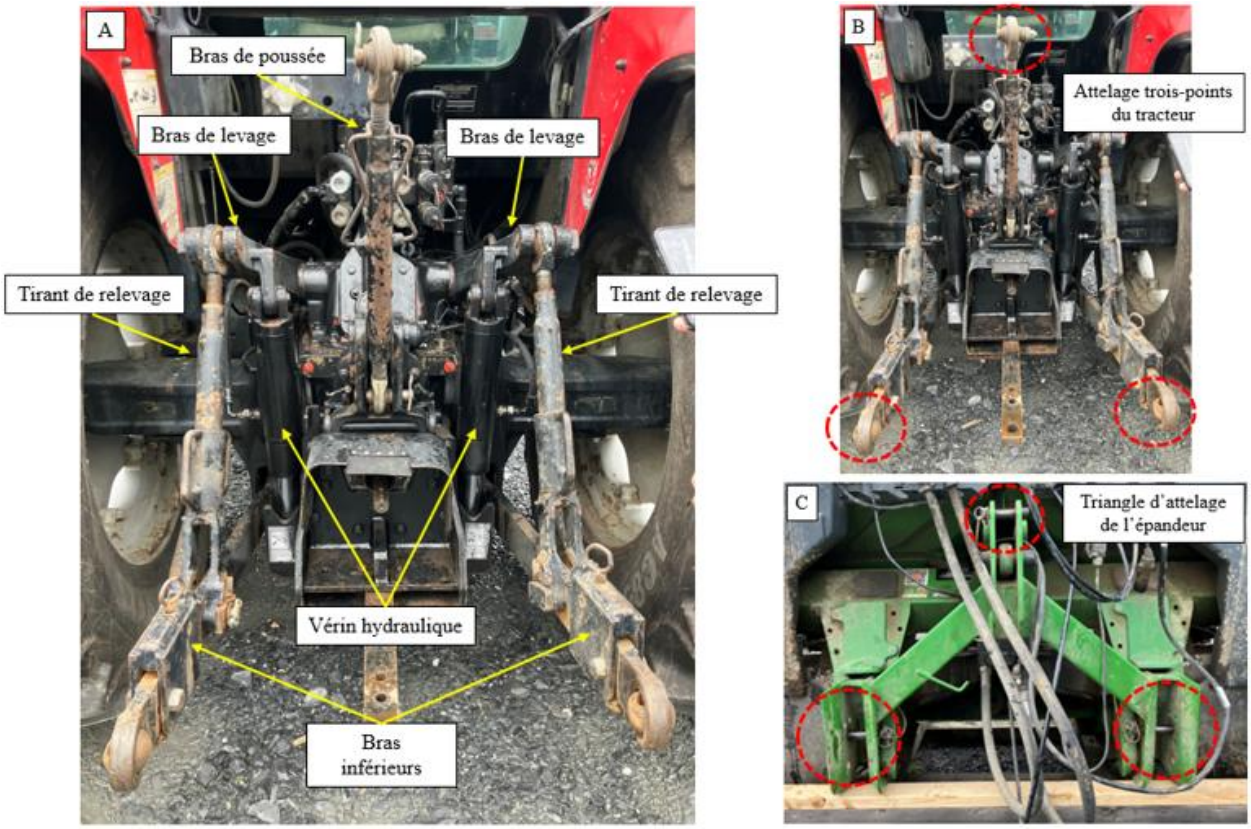


Fig. 7 – *Vue arrière du tracteur (modèle similaire) et vue arrière de l'épandeur*
Source : CNESST

Le système d'attelage trois-points est un ensemble de connexions qui est utilisé pour atteler une machine portée à l'arrière du tracteur, tel que l'épandeur (figure 7, image C). Ces points forment un triangle qui assure une liaison stable et sécurisée entre le tracteur et l'équipement attelé. Les deux points inférieurs, soit les bras de relevage, sont mobiles et contrôlés par les vérins hydrauliques (figure 7, image A). Ils supportent la majeure partie du poids de l'outil et permettent de le lever ou de l'abaisser. Le troisième point, situé au-dessus et au centre, est la barre de poussée qui stabilise l'outil et permet d'ajuster son inclinaison[3].

[3] www.agrivert fr/bien-utiliser-les-3-points-tracteur-agricole-pour-un-attelage-optimal/, (consulté le 9-12-2025)

4.2.2 Caractéristiques et état de l'épandeur

Il s'agit d'un épandeur porté de marque Amazone, modèle ZA-TS Profis Hydro numéro . L'année de fabrication est 2024. Son poids à vide est de 800 kg. La capacité de la trémie est de 3200 L ou 3200 kg en charge utile. La livraison au propriétaire, la Coopérative d'utilisation de matériel agricole (CUMA) Petite-Montagne situé à Saint-Joseph-de-Beauce est effectuée le 29 avril 2025.

La CUMA est une coopérative qui fournit un cadre légal aux entreprises qui en sont membres, tout en leur permettant de mettre en commun et d'utiliser de la machinerie, de l'équipement, des intrants, de l'outillage et autre. L'emprunt du matériel agricole s'appuie sur un système de location basé sur le volume de travail à réaliser. Les propriétaires de la Ferme Holdream inc. en sont membres.

L'épandeur est récupéré par les propriétaires de la Ferme Holdream inc. durant la journée du 26 juin 2025 chez un membre de la CUMA de la région. La machine est utilisée par les propriétaires de la ferme pour la première fois le jour même en soirée. Préalablement, une formation sur son utilisation leur est donnée au mois d'avril 2025 à la succursale New Holland - Machinerie Avantis de Sainte-Marie-de-Beauce par un représentant d'Amazone.

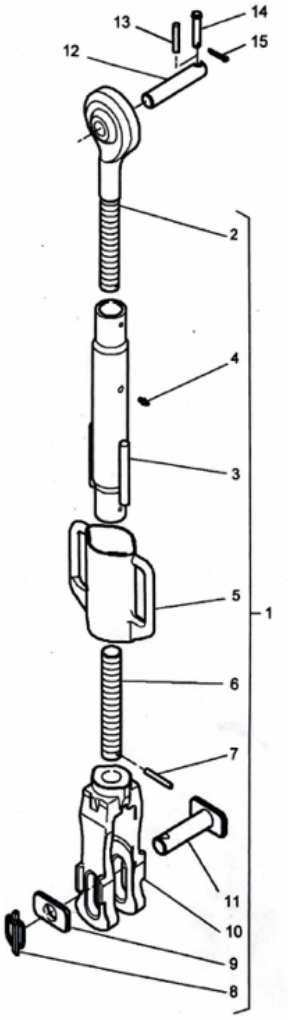
Lors de l'accident du 27 juin 2025, un chargement de 1500 kg d'engrais est présent dans la trémie de l'épandeur, soit l'équivalent de deux sacs (un sac correspond à 750 kg). La personne en autorité mentionne qu'un maximum de deux sacs est vidé dans l'épandeur. Celle-ci précise qu'il y a un risque que le devant du tracteur se redresse, puisqu'il n'est pas lesté à l'avant.

Dans le milieu de la matinée, un premier événement est survenu lors du passage du tracteur dans une rigole dans le champ de maïs. Le tirant de relevage du côté gauche a cédé, l'épandeur s'est retrouvé au sol du même côté et il a été traîné sur une certaine distance. En conséquence, des bris sont survenus au niveau du disque avec aubes d'épandage, du déflecteur contre la projection de l'engrais vers l'avant et des roulettes de support sous la trémie. De plus, l'engrais s'est déplacé du même côté que le bris. Donc, environ les 2/3 de la charge s'y sont retrouvés.

À la suite de l'accident, l'épandeur est transporté à la succursale de Machinerie Avantis de Sainte-Marie-de-Beauce pour une inspection mécanique et pour effectuer quelques réparations.

4.2.3 Composantes du tirant de relevage et dommages observés

Les composantes du tirant de relevage[4] de l'attelage trois-points du tracteur sont présentées à la figure 8 ci-dessous.



Légende	
1	Tirant de relevage
2	Embout à rotule
3	Tube
4	Graisseur
5	Poignée
6	Tige filetée
7	Goupille fendue à ressort
8	Goupille clip
9	Plaque
10	Chape
11	Goupille de chape
12	Goupille
13	Goupille spirale
14	Axe goupillé
15	Goupille fendue à ressort

Fig. 8 – *Composantes du tirant de levage*
Source : AGCO S.A., LTA Series tractors,
Models LTA Auto 4, modifiée par la CNESST

[4] Des termes comme chandelle de levage ou *« lift arm »* sont également utilisés dans le milieu agricole.

Le tirant de relevage est l'une des composantes faisant partie de l'attelage trois-points à l'arrière du tracteur (figure 7). Fonctionnant en paire, ce sont des pièces mécaniques ayant pour fonction de transférer la force des vérins hydrauliques vers les bras inférieurs (figure 6) sur lequel l'équipement est installé. Le tirant de relevage forme une jonction entre le bras de levage et le bras inférieur (figure 7). La tige filetée à la base du tirant de relevage et la chape fixée au bras inférieur forment un ensemble boulonné (figures 8 et 9). La tige filetée est munie à sa base d'une ouverture latérale à laquelle, une fois boulonnée à la chape, une goupille s'y insère afin de servir de barrure. Cela permet d'empêcher la tige filetée de tourner (figure 9) lorsque l'opérateur ajuste la longueur du tirant en faisant tourner le tube à l'aide des poignées (figure 8, points 3 et 5).

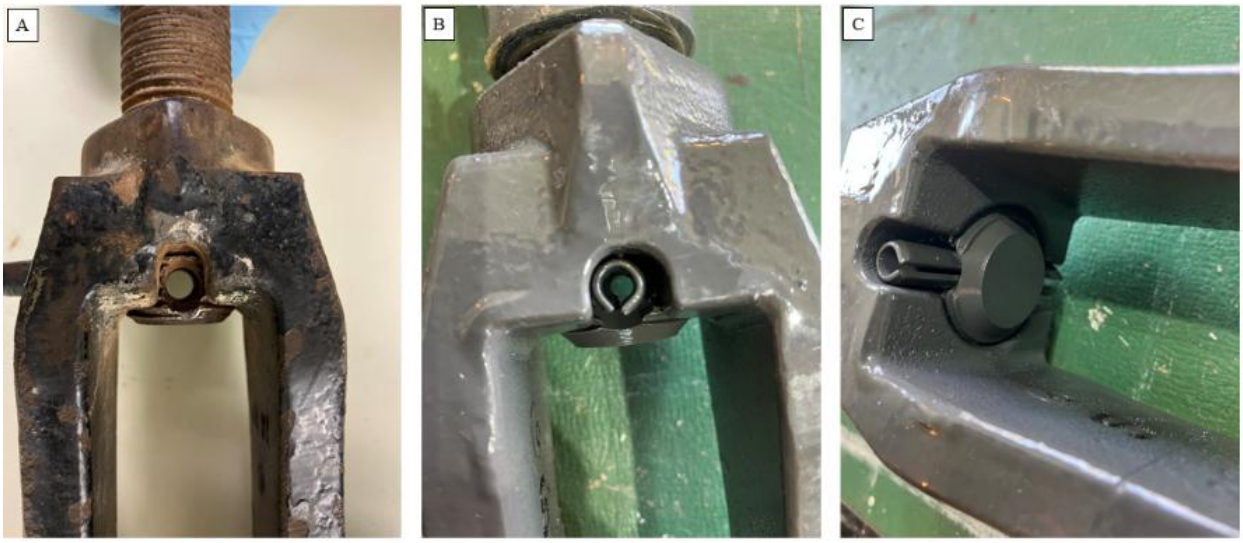


Fig. 9 – *Position de la goupille*
(Image A : pièces endommagées, Images B et C : pièces neuves)
Source : CNESST

La figure 10 démontre les dommages au niveau des composantes du tirant de relevage gauche à la suite de l'accident. L'image D présente le résultat du découplement entre la tige filetée et la chape. Puisqu'aucun mécanisme ne retient le bras inférieur en position horizontale, lorsque la tige filetée et la chape du tirant de relevage du tracteur se désolidarisent, le bras inférieur tombe au sol. Les images A à C représentent le résiduel de la goupille dans l'orifice de la tige filetée. L'image E, notamment au niveau des extrémités (encerclées en rouge), présente les deux forces qui se sont exercées sur la goupille, soit la flexion et le cisaillement. Dans les images F et G, des traces de frottement sont visibles dans l'ouverture de la chape. Le positionnement des traces de frottement au niveau des filets de la chape concorde avec les parties cisaillées de la goupille.

Lorsque les filets sont trop usés, ce qui représente une perte d'engagement entre la partie de la tige filetée et la chape, tout le poids du côté gauche de l'épandeur repose brièvement sur la goupille qui n'est pas conçue pour le supporter. Celle-ci se plie de chaque côté de la tige filetée sous la force exercée sur le bras inférieur gauche à laquelle la chape est fixée, puis se cisaille en raison du rebord de la chape. L'avis technique présenté à la section 4.2.5 permet de démontrer les phénomènes ayant contribué au découplage de ces deux éléments.

Fig. 10 – *Tirant de relevage gauche du tracteur*
Source : CNESST

4.2.4 Usure des pièces

La tige filetée du tirant de relevage gauche de l'attelage trois-points est présentée aux figures 11 et 13, images A et D. Sa longueur est de 21 centimètres (cm) (figure. 11, image D). Son diamètre varie entre 28,6 millimètres (mm) mesuré au niveau des filets dans la chape (figure. 13, image A) et 30,2 mm mesuré dans sa partie centrale. Donc un écart approximatif de 1,6 mm est constaté. Une tige filetée neuve présente un diamètre d'environ 30,1 mm (figure 13B) sur toute sa longueur. Aussi, le diamètre maximum mesuré sur la tige filetée du tirant gauche indique que certaines parties présentent peu d'usure. L'image C de la figure 11 présente l'usure sur une longueur d'environ quatre centimètres de la partie de la tige filetée, qui s'engage dans la chape afin d'en faire un ensemble boulonné. L'image A de la figure 11 présente l'usure de la tige à deux endroits identifiés à l'aide des cercles. L'image B de la figure 11 représente la déformation plastique de la tige filetée.

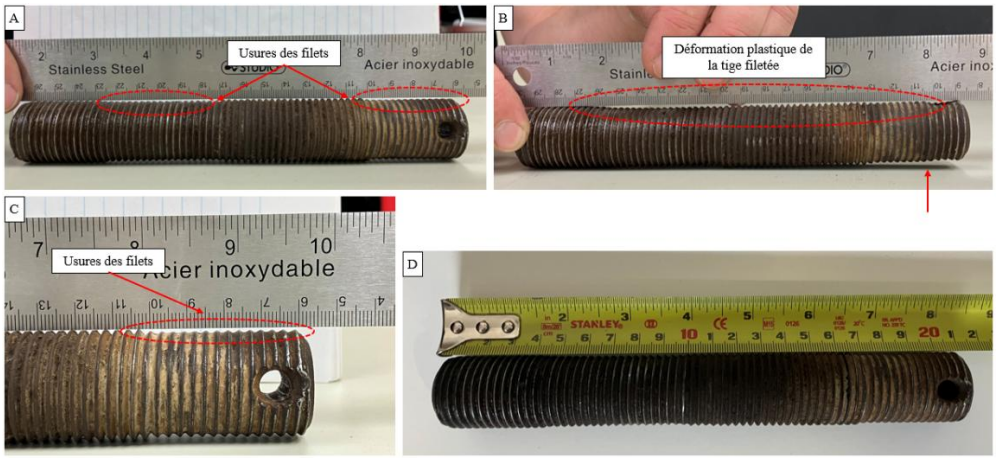


Fig. 11 – *Usure et déformation de la tige filetée du tirant gauche*
Source : CNESST

La figure 12 présente l'usure de la goupille témoin provenant du tirant de relevage droit de l'attelage trois-points. Les images A et B présentent la déformation plastique qu'a subie la goupille et les images C et D montrent des fissures. Ces dommages démontrent que différentes forces se sont exercées lors du fonctionnement du tracteur durant les dernières années.

Fig. 12 – *Fissures et déformation de la goupille du tirant droit*
Source : CNESST

La figure 13 présente la différence de diamètre entre la tige filetée et la chape du tirant de relevage gauche de l'attelage trois-points, avec une tige filetée et une chape qui s'avèrent toutes les deux neuves. Les pièces récentes servent de point de référence. Les images C et F de la figure 13 représentent les composantes du tirant de relevage droit du tracteur.

Un écart de 0,02 mm est présent entre les composantes impliquées dans l'accident (figure 13, images A et D). Cet écart démontre un faible engagement des filets de la tige dans ceux de la chape. Les pièces neuves présentent un écart d'environ 2,86 mm entre les composantes (figure 13, images B et E). Cet écart démontre un engagement solide entre celles-ci alors qu'elles forment un ensemble boulonné. On peut également constater que le dessus des filets de la chape accidentée est arrondi (figure 14, image A), comparativement à une chape neuve (figure 14, image B). L'avis technique présenté à la section 4.2.5 explique le rôle de l'usure des composantes dans l'accident. Le niveau d'engagement de la tige filetée et de la chape du côté droit du tracteur formant un ensemble boulonné (figure 13, images C et F) n'a pu être démontré en raison de la destruction[5] de la chape (figure 13, image F). La figure 14 démontre que la crête des filets de la chape de l'image B n'est pas arrondie comme celle de l'image A.

[5] La tige filetée ne pouvait être retirée autrement que par une méthode destructive.

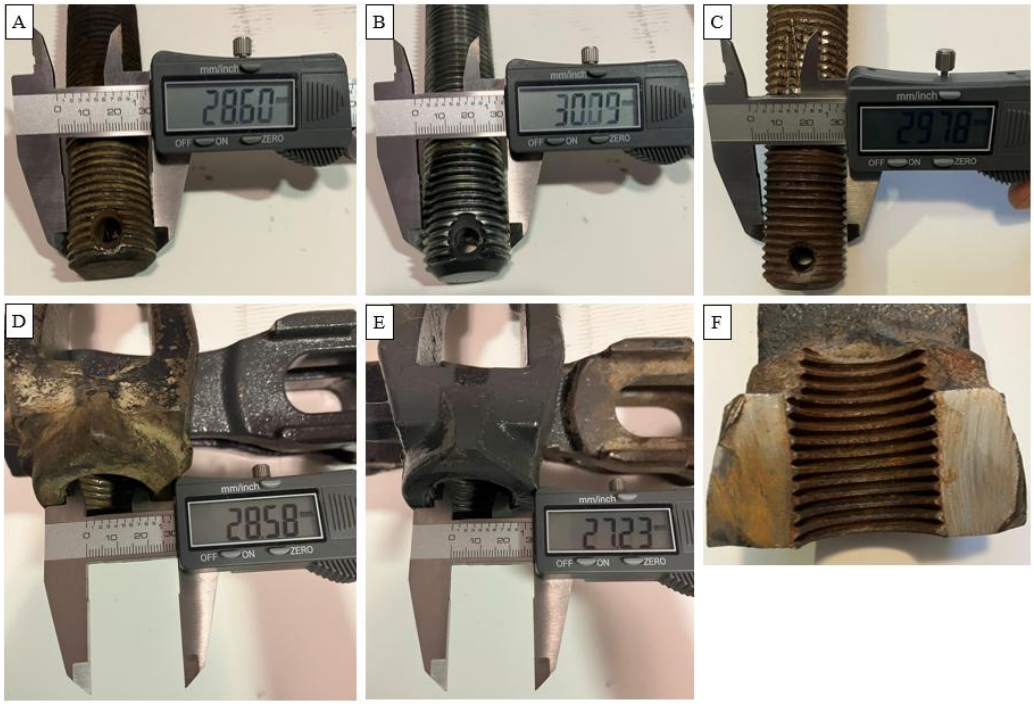


Fig. 13 – *Différence entre les mesures des filets usés et neufs*
Source : CNESST

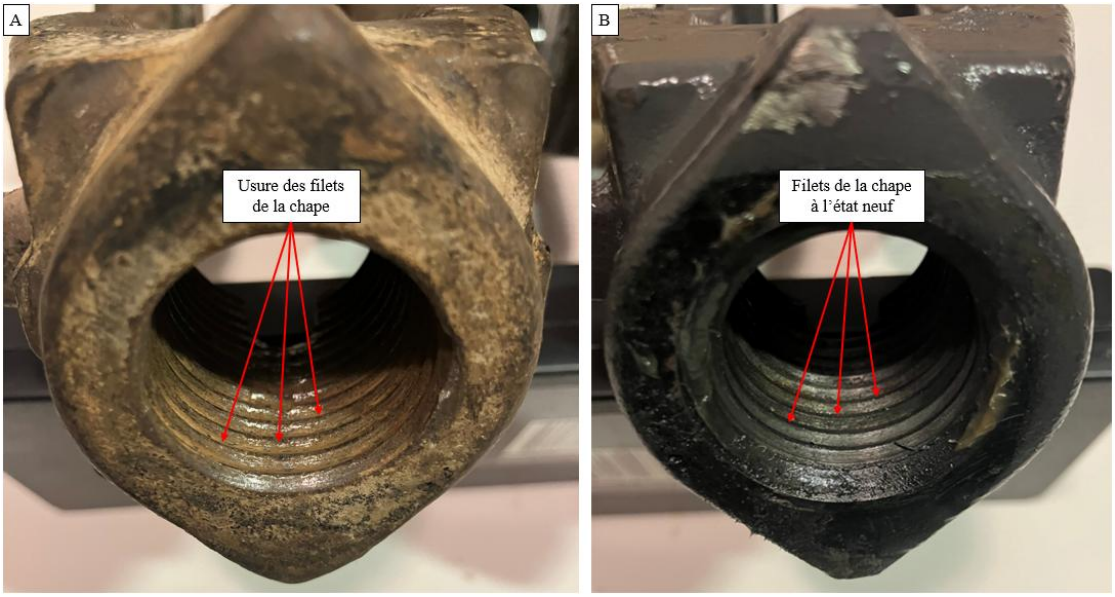


Fig. 14 – *Usure des filets de la chape, image A et filets de la chape neuve, image B*
Source : CNESST

Lors du fonctionnement du tracteur, il est à noter que chacune des composantes formant l'attelage trois-points présente un jeu. Celles-ci sont mobiles, c'est-à-dire qu'elles vibrent et bougent sur plusieurs axes en raison de la circulation du véhicule dépourvu d'une suspension sur des surfaces irrégulières dans les champs et routes d'accès. Chacun des bras de levage, des bras de poussée et des bras inférieurs (figure 7, image A) sont soumis à des forces dynamiques et statiques.

Cependant, ces observations ne permettent pas de déterminer un moment précis lors de l'utilisation du tracteur ou encore quelles forces ont eu une contribution significative sur chacune des composantes, comme l'usure des filets de la tige filetée et de la chape, la déformation de la tige filetée et de la goupille ainsi que les fissures (figures 11 à 13). Ce qui est plausible, c'est que l'usure des composantes s'est effectuée graduellement au fil des années.

Le manuel de l'utilisateur du tracteur mentionne trois éléments concernant l'opération de l'attelage trois-points à l'arrière du véhicule et la maintenance. D'abord, à la section 3.9 du document, les schémas et principes d'utilisation des contrôles électroniques du dispositif sont exposés[6]. Ensuite, la section 3.10 présente les modalités d'ajustement des composantes de l'attelage trois-points, notamment l'ajustement d'un tirant de relevage[7]. Finalement, à la sous-section 4.7.2, il est mentionné que la lubrification des composantes doit s'effectuer à toutes les 50 h d'utilisation[8]. Aucune autre directive n'est précisée, comme une fréquence d'inspection des éléments constituant les tirants de relevage.

4.2.5 Avis technique

Un avis technique produit par M. Hussein Elahmed, ingénieur au réseau d'expertise de la CNESST, est fourni à l'annexe B[9]. Cet avis précise que la distance requise d'insertion de la tige filetée dans la chape permettant la mise en place de la goupille est égale à 27 mm. Sachant que le pas (distance entre les filets) est égal à 3 mm, un minimum de neuf filets est nécessaire afin d'engager la chape et d'y insérer la goupille. En absence d'usure, la résistance théorique au cisaillement de ce nombre de filets est de l'ordre de 487 kN. Pour deux tirants de relevage, la résistance totale au cisaillement est égale à 974 kN, ce qui est largement suffisant pour la tâche à exécuter. Dans le cas présent, cette résistance est compromise en raison de l'usure excessive constatée sur les filets de la tige et de la chape, une constatation confirmée par les mesures des diamètres des deux composantes. La différence entre les valeurs mesurées du diamètre moyen de la tige filetée et du diamètre intérieur moyen de la chape impliquées dans l'accident démontre une perte considérable voire un manque de chevauchement entre les filets des deux composantes. Un contact est malgré tout présent entre la tige filetée et la chape, notamment en raison de l'inclinaison du tirant de relevage et le peu de jeu entre les filets. Ce contact est toutefois insuffisant pour prévenir l'accident. La résistance des filets de la tige filetée n'est assurée que par la friction de contact avec celle de la chape, qui est égale maximalement à 80 % du poids de l'épandeur et de son contenu. Cela est insuffisant pour empêcher le transfert de force vers la goupille. Ainsi la résistance au glissement entre la tige filetée et la chape est inférieure au poids appliqué.

Lorsque la tige filetée est boulonnée dans la chape, le rôle de la goupille, une fois insérée dans l'ouverture latérale de la tige filetée, consiste essentiellement à celui de dispositif de blocage. Aucun transfert de charge ne doit s'appliquer dessus. Au moment de l'accident, la goupille ne peut supporter la charge appliquée. Selon l'avis technique en annexe, la résistance en cisaillement

[6] AGCO S.A., LTA Series tractors, Models LTA Auto 4, Beauvais – France, january 2010, p. 81 et al.

[7] Idem, p.89

[8] Idem, p.137

[9] ELAHMED, Hussein, ing., Avis technique, Réseau d'expertise en prévention-inspection, Montréal, CNESST, 2025, 15 p.

double de la goupille n'est pas suffisante à cette charge, et ce, même en se basant sur les propriétés physiques du matériau de la goupille.

De surcroît, un espace est présent entre les plans de cisaillement de chaque côté de la goupille. Cet espace, causé par le fraisage de la tige en raison du trou d'insertion de la goupille, constitue un « bras de levier » entre les forces de cisaillement de chaque côté, ce qui induit un effort de flexion supplémentaire dans la goupille, affaiblissant ainsi sa résistance. Il faut mentionner que la résistance « nominale » d'une goupille est basée sur un contact étroit entre les plans de cisaillement à l'intérieur de celle-ci. Si un espace existe entre ces plans, la résistance de la goupille est diminuée. Cette situation est illustrée à la figure 6 de l'avis technique, puis expliquée par la suite dans le même document.

Le fraisage au niveau de la tige filetée est démontré sur le pourtour de l'ouverture latérale (figure 15A, image A). L'espace illustré entre les lignes pointillées à la figure 15B, image B représente le fraisage de la tige filetée. Il est possible de constater sur ces images que la flexion et le cisaillement se produisent au bas du trou de cette tige et des rebords de la chape (figure 15B, images A et B). La figure 15A indique les zones de flexion (fraisage) et de cisaillement sur la tige filetée et sur la chape. Donc, le cisaillement est complet lorsque les flèches rouges se rejoignent, comme illustré à la figure 15B, image A. Les flèches bleues de cette illustration démontent le mouvement vertical des composantes au moment du découplement.

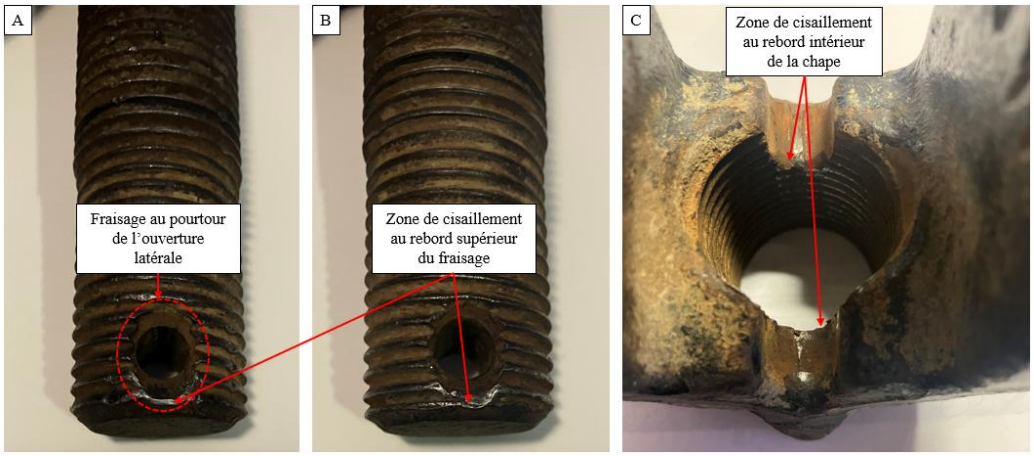


Fig. 15A – *Vue de face de la tige filetée et zones de cisaillement dans la chape*
Source : CNESST

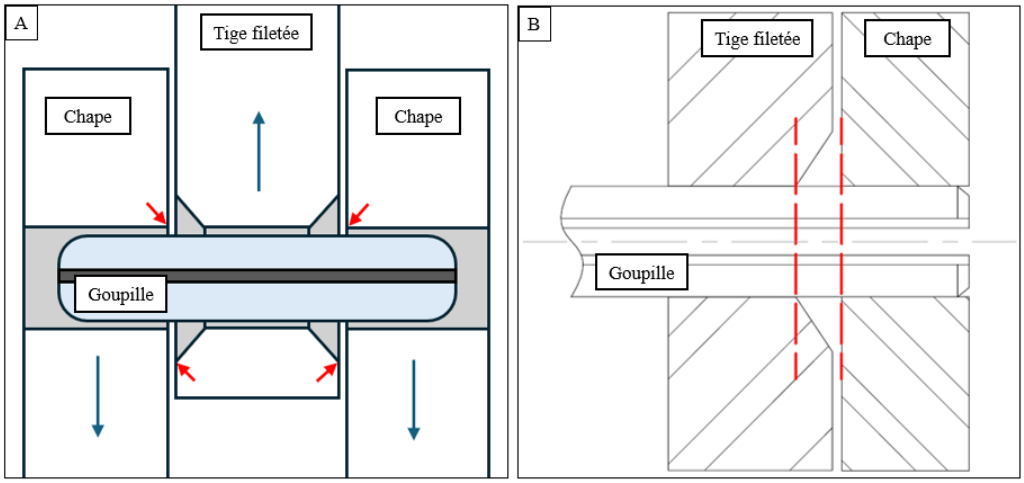


Fig. 15B – *Vue en coupe des plans de cisaillement*
Source : Image A réseau d'expertise CNESST, Image B Avis technique

Selon l'avis technique, la force transférée au tirant de relevage gauche de l'attelage trois-points du tracteur, au moment de l'accident, est calculée à 13,8 kN. En prenant en considération les distances mesurées entre les plans de cisaillement de chacun de ses côtés, la résistance au cisaillement double de la goupille est estimée à 10,4 kN. La force appliquée sur la goupille au moment de l'accident est donc supérieure à sa résistance maximale en double cisaillement.

4.2.6 Consignes de sécurité du fabricant de l'épandeur

Il est précisé dans le manuel du fabricant de l'épandeur[10] que l'utilisateur doit lire attentivement les directives pour l'utilisation de la machine et se conformer aux consignes de sécurité avant sa mise en service.

Parmi ces consignes, plusieurs concernent le contrôle des énergies dangereuses lors de l'utilisation ou lors de l'intervention sur l'épandeur. À cet effet, au point 2.16.1, à la partie utilisation de la machine, on mentionne que l'utilisateur doit prendre toutes les mesures nécessaires afin d'éviter tout démarrage et déplacement accidentel du tracteur. Notamment, il doit abaisser l'épandeur au sol, serrer le frein de stationnement, arrêter le moteur et retirer la clé de contact[11]. De plus, au point 2.16.6, il est mentionné que lors du nettoyage, de l'entretien et de la réparation de l'épandeur, l'utilisateur doit, avant d'effectuer ces opérations, arrêter l'entrainement, arrêter le moteur, retirer la clé de contact et débrancher le connecteur de la machine de l'ordinateur de bord. Également, avant toute opération de nettoyage, d'entretien ou de réparation, l'utilisateur doit sécuriser l'épandeur s'il est en position relevée afin d'éviter tout abaissement accidentel[12].

[10] Notice d'utilisation, Amazone, ZA-TS BAG0088.23 07.23, document MG4140, Copyright Amazonen-Were H. Dreyer SE & Co. KG, 2023, 135 p.
[11] Idem
[12] Idem

Dans le cas présent, aucune des consignes de sécurité présentées dans le manuel du fabricant n'est exécutée préalablement à l'intervention sous l'épandeur.

4.2.7 Encadrement législatif

L'article 51 de la LSST [L.R.Q., c.-2.1] précise que : *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'établissement est équipé et aménagé de façon à assurer la protection du travailleur ou de la travailleuse (article 51.1).*
- *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 51.3).*
- *Utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur (article 51.5).*
- *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 (article 51.9).*

L'employeur doit également prendre les mesures prévues à la section XXI, *Machines* du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (RSST) [chapitre S-2.1, r.13], sous-section §2 *Disposition générale.* Dans le cas présent, l'article 174 est respecté, car l'épandeur est accompagné du manuel d'instruction du fabricant. Cependant, les exigences de la sous-section §4 *Cadenassage et autres méthodes de contrôle des énergies* du règlement ne sont pas mises en application préalablement à l'intervention sous l'épandeur.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 En raison de l'usure excessive des filets de la tige filetée inférieure et de la chape du tirant de relevage gauche de l'attelage trois-points du tracteur, l'ensemble se découple soudainement sous la charge de l'épandeur et chute sur la victime.

Alors que la charge est soutenue seulement par l'attelage trois-points, l'usure excessive des composantes du tirant de relevage représente un danger imminent pour quiconque se positionne sous l'épandeur afin d'y effectuer une vérification ou une réparation. Une telle situation est susceptible d'entraîner une lésion professionnelle grave ou le décès de toute personne pouvant s'y exposer. Ce qui s'est produit le 27 juin 2025 en avant-midi est la matérialisation de ce danger. La victime s'est exposée à la chute imprévue et soudaine de l'épandeur en se penchant sous celui-ci.

Dans un tel contexte, la probabilité de survenance de l'événement est très élevée. Un découplage antérieur est survenu plus tôt durant la matinée. Ces pièces d'équipement cèdent une première fois lors du passage du tracteur dans une rigole dans le champ de maïs. Quelque temps plus tard, à la suite d'une réparation, l'épandeur est hissé avec l'attelage trois-points à sa position initiale et maintenu en place sans aucun support indépendant. Afin de vérifier les dommages en dessous de la machine, les intervenants se glissent sous celle-ci. Donc trois personnes sont exposées au danger durant quelques minutes. Elles se retirent une fois la tâche terminée, mais pour une raison inconnue, la victime se penche à nouveau sous l'épandeur.

La présente enquête démontre que l'usure excessive des filets de la tige filetée et de la chape a comme conséquence une perte d'engagement entre ces composantes formant un ensemble boulonné. Un contact est malgré tout présent entre la tige filetée et la chape, notamment en raison de l'inclinaison du tirant de relevage et le peu de jeu entre les filets, mais insuffisant pour prévenir une chute de l'épandeur.

À la suite du premier événement, le chargement s'est déplacé au 2/3 sur le côté gauche de l'épandeur. Une fois celui-ci en position relevée, le poids de son contenu repose, l'espace de quelques instants, sur la goupille, qui n'est pas conçue pour le supporter. Sous cette charge, la goupille plie de chaque côté de la tige filetée sous la force exercée sur le bras inférieur gauche de l'attelage trois-points, à laquelle la chape est fixée, puis se cisaille.

Une fois insérée dans l'ouverture latérale de la tige filetée et boulonnée dans la chape, le rôle de la goupille consiste essentiellement à celui de dispositif de blocage en rotation. Aucun transfert de charge ne doit s'appuyer dessus. Au moment de l'accident, la goupille ne peut supporter la charge puisque la force appliquée sur la goupille est supérieure à sa résistance maximale en double cisaillement.

Dans de telles circonstances, la capacité d'évitement de la personne s'avère quasi impossible. La survenue de l'accident est plus rapide que le réflexe de la victime à se retirer de la situation dangereuse dans laquelle elle se trouve en raison de sa position sous l'épandeur.

Cette cause est retenue

4.3.2 L'absence de supports de l'épandeur, autre que l'attelage trois-points du tracteur, au moment où la victime effectue une vérification en dessous de la machine, l'expose à un danger d'écrasement en cas de défaillance.

Dans le cadre de cet accident, la victime se trouve dans une situation dangereuse. Elle est exposée à un phénomène dangereux qui est d'ordre mécanique, c'est-à-dire lié à la masse et à la stabilité de l'épandeur, supporté uniquement par l'attelage trois-points du tracteur.

L'enquête démontre que l'engagement de l'ensemble boulonné que représente la partie de la tige filetée insérée dans la chape est précaire en raison de l'usure excessive des filets. Les 2/3 de la charge de la machine reposent sur le côté gauche de l'épandeur. Une fois en position relevée, le poids de son contenu repose principalement, l'espace de quelques instants, sur la goupille. Un ensemble boulonné précaire combiné à une charge non supportée expose la victime à un danger d'écrasement imminent.

Les consignes générales de sécurité du fabricant de l'épandeur, dont plusieurs concernent le contrôle des énergies dangereuses lors de son utilisation ou lors d'une intervention sur la machine, ne sont pas suivies préalablement à l'intervention. Une mise en garde des dangers lors du nettoyage, de l'entretien et de la réparation de la machine y est précisée. Notamment, l'utilisateur doit, avant d'effectuer ces opérations, prendre des mesures de prévention concernant les machines agricoles en présence. Plus particulièrement, il est précisé que l'utilisateur doit sécuriser l'épandeur lorsqu'il est en position relevée afin d'éviter tout abaissement accidentel.

Aucun dispositif de soutènement n'est installé à pied d'œuvre par les intervenants avant d'accéder sous l'épandeur pour y effectuer une réparation ou une vérification. Le tracteur est demeuré en fonction à bas régime. Tous les accessoires de l'épandeur sont demeurés énergisés et les roues ne sont pas bloquées afin d'éviter un déplacement accidentel ou intempestif, puisque le frein de stationnement n'est pas fonctionnel à ce moment.

Dans un tel cas, les obligations prévues à la section XXI, *Machines* du RSST [chapitre S-2.1, r.13], sous-section §4 *Cadenassage et autres méthodes de contrôle des énergies* ne sont pas appliquées.

Les facteurs d'évitement du dommage pour la victime sont inexistants. La procédure de travail est improvisée par les personnes ayant à intervenir sous la machine. Aucune méthode de contrôle des énergies dangereuses n'est mise en œuvre afin d'éviter l'abaissement accidentel de l'épandeur. De plus, aucun support indépendant n'est positionné sous la machine préalablement à l'intervention. Comme rien ne l'empêche de s'abaisser de manière imprévue et soudaine, la victime ne peut éviter le dommage puisqu'elle est penchée sous l'épandeur.

Cette cause est retenue

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

- En raison de l'usure excessive des filets de la tige filetée inférieure et de la chape du tirant de relevage gauche de l'attelage trois-points du tracteur, l'ensemble se découple soudainement sous la charge de l'épandeur et chute sur la victime.

- L'absence de supports de l'épandeur, autre que l'attelage trois-points du tracteur, au moment où la victime effectue une vérification en dessous de la machine, l'expose à un danger d'écrasement en cas de défaillance.

5.2 Suivis de l'enquête

- Afin qu'ils en informent leurs membres, la CNESST présentera les conclusions de l'enquête à l'Union des producteurs agricoles (UPA) et transmettra une copie du rapport à l'Association des marchands de machineries agricoles du Québec (AMMAQ), à l'Association des grossistes en machinisme agricole du Québec (AGMAQ), l'Association canadienne de sécurité agricole, ainsi qu'à l'Association des CUMA du Canada.
- La CNESST transmettra également une copie du rapport à l'Association de surveillance des normes des systèmes agricoles canadiens (SNSAC) qui vise la normalisation des systèmes agricoles, incluant les normes touchant à la sécurité des équipements agricoles.
- 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 et de l'Enseignement supérieur diffusera à des fins informatives et pédagogiques le rapport d'enquête dans les établissements de formation qui offrent les programmes d'études en agriculture.

6 ANNEXE

ANNEXE A-Accidenté

Nom, prénom	**:**	A
Sexe	:	Masculin
Âge	:	
Fonction habituelle	:	
Fonction lors de l'accident	:	Opérateur de la chargeuse sur roues
Expérience dans cette fonction	:	S/O
Ancienneté chez l'employeur	:	S/O
Syndicat	:	S/O

ANNEXE B – Avis technique

Avis technique

Dans le cadre des mandats du réseau d'expertise en prévention-inspection de la CNESST

Sujet : *Attaches mécaniques*
Demandeur: Yannick Boutin & Guillaume Désy
Région : Chaudière-Appalaches
Domaine d'expertise : Mécanique
Dossier : DPI4405814
Date : 2025

Questions :

1. Quelle est la résistance au cisaillement des filets de la tige accidentée?

2. Est-ce que la charge appliquée dans la goupille qui a été insérée dans le tirant de relevage[1] après le premier accident, était suffisante pour causer la rupture de la goupille?

Réponses :

1. En raison de l'usure des pièces, on ne peut parler de cisaillement. Dans les faits, la résistance des filets de la tige n'était assurée que par la friction statique avec les filets de la chape. Il est estimé que cette résistance ne représente qu'au plus 80% du poids de l'épandeur et de son contenu, ce qui n'est pas suffisant pour empêcher le transfert de cette force à la goupille.

2. Oui. Il est important de noter que, bien qu'elle possède une certaine résistance, ce n'est pas le rôle de la goupille de supporter la charge tel que démontré par l'analyse réalisée :

   - La résistance maximale en double cisaillement de la goupille est de l'ordre de 10,4 kN
   - Au moment de l'accident, la force transmise à la goupille était égale à 13,8 kN, ce qui dépasse la résistance maximale de la goupille en double cisaillement.
   - L'analyse démontre que la résistance maximale en double cisaillement ne sera pas atteinte en raison de la plastification causée par l'écart entre les plans de cisaillement sur chaque côté de la goupille. Et ce, même en présence d'une goupille neuve en acier au Carbone.

Rédigé par : Hussein Elahmed, ing. **Date : 09/12/2025**

[1] Cette pièce est appelée aussi chandelle de levage dans d'autres sources.

Mise en contexte :

Un travailleur a été écrasé sous le poids d'un épandeur d'engrais pendant qu'il réparait et vérifiait certaines pièces sous cet équipement. Ce dernier était porté par le système d'attelage trois points du tracteur. Cet attelage comporte notamment deux tirants de relevage. Selon les informations fournies, le jour de l'accident, le tirant de relevage gauche a subi une première rupture quand le tracteur est passé dans une rigole. Lors de cet incident, la tige filetée de la chandelle s'est détachée de la chape dans laquelle elle était boulonnée, entrainant la fracture de la goupille qui sert à bloquer la tige dans la chape pour l'empêcher de tourner.
À la suite de l'incident, le tirant de relevage gauche a été réparée en réinsérant la tige filetée dans la chape et en y insérant une goupille neuve provenant d'un stock disponible dans le garage de la ferme. L'accident est survenu peu après avoir à nouveau soulevé l'épandeur. Au moment de l'accident, la tige est sortie encore une fois de la chape entrainant la rupture de la deuxième goupille et le côté gauche de l'épandeur est tombé sur le travailleur (figure 1).

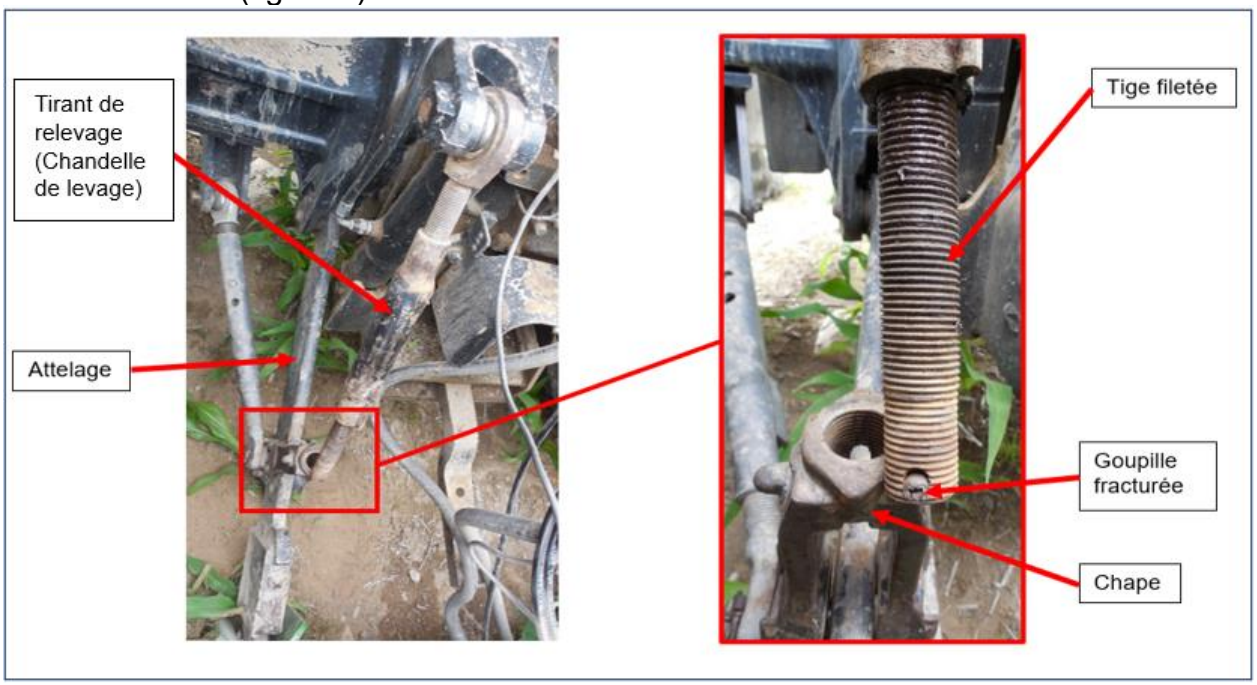


Figure 1 : Tirant de relevage gauche après l'accident. (Source CNESST).

1. Résistance au cisaillement des filets de la tige accidentée

Les tirants de relevage, appelés aussi chandelles de levage, sont des pièces mécaniques, utilisés pour transférer la force de levage, provenant des vérins hydrauliques, aux bras inférieurs du système d'attelage trois points sur lequel l'épandeur est attelé (figure 8 en annexe). Dans le cas présent, le tirant de relevage est relié au bras inférieur par un assemblage boulonné entre une tige filetée d'un diamètre nominal de 30 mm, et une chape

ayant un filetage intérieur. Une coupe effectuée sur la chape du tirant de relevage droit (tirant qui n'a pas subi d'accident) montre cet assemblage (photographie 1).

Photographie 1 : Une tige filetée à l'intérieur d'une chape. (Source CNESST).

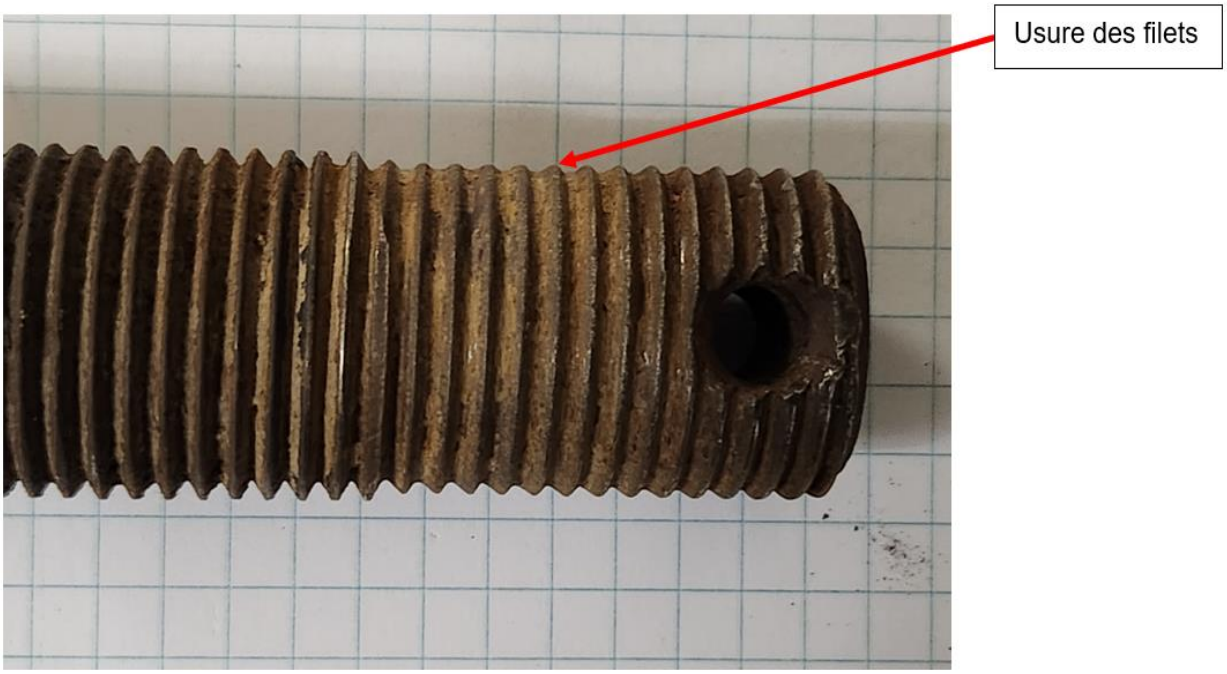
Chaque tige filetée est munie d'un trou transversal, permettant l'insertion d'une goupille afin de bloquer le mouvement de rotation de la tige (photographie 2). Ainsi, la goupille constitue un dispositif de blocage qui empêche le désengagement de la tige, une fonctionnalité qui fait partie des utilisations courantes de cette composante[2].

[2] https://www.huyett.com/blog/introduction-spring-pins

Photographie 2 : Trou dans la tige filetée permettant l'insertion de la goupille. (Source CNESST).

La distance d'engagement requise pour permettre la mise en place de la goupille, est égale à 27 mm, soit : 9*(Pas de filetage ou le ''Pitch'') = 9*3 = 27 mm. En d'autres termes, un minimum de 9 filets devrait être engagés dans la chape du tirant de relevage pour permettre la mise en place de la goupille.

Théoriquement la résistance au cisaillement de ces 9 filets est de l'ordre de 487 kN (Partie 2 de l'annexe, Résistance au cisaillement des filets). Pour les deux tirants de relevage, la résistance au cisaillement des filets est égale à 2*487 kN = 974 kN. Cette valeur dépasse largement le poids de l'épandeur et son contenu qui est estimé à 19,86 kN au moment de l'accident (Partie 1 de l'annexe). Or selon nos observations cette résistance est compromise par une usure excessive observée sur les filets de la tige (photographie 3). Cette usure se manifeste par une réduction apparente du diamètre des filets sur toute la partie introduite dans la chape. Aucune trace de rupture par cisaillement n'était observable sur les filets de la tige.



Photographie 3 : Usure des filets de la tige du tirant de relevage accidenté. (Source CNESST).

Par ailleurs, la mise en place de cette tige dans la chape droite (chape sectionnée), montre la perte d'engagement ou de chevauchement entre les filets de la tige et la chape à cause de l'usure (photographie 4).

Photographie 4 : Perte d'engagement entre les filets. (Source CNESST).

À la suite des observations précédentes, une mesure à l'aide d'un vernier électronique, du diamètre extérieur de la tige et du diamètre intérieur de la chape du tirant de relevage accidenté a été effectué. Le tableau suivant résume ces mesures :

Diamètre extérieur moyen de la tige accidentée	28,26mm
Diamètre extérieur d'une tige neuve	29,74mm
Diamètre intérieur moyen de la chape accidentée	28,74mm
Diamètre intérieur d'une chape neuve	27,25mm

À première vue, il est possible de noter l'augmentation du diamètre intérieur de la chape. Cette augmentation est de 28,74 – 27,252 = 1,49 mm. Ce qui démontre que les filets de la chape ont subi de l'usure similairement aux filets de la tige.

Concernant les filets de la tige, la diminution de leur diamètre extérieur, tel que constaté précédemment est égale à : 29,72 – 28,26 = 1,46 mm.

Ainsi, la perte totale incluant les pertes au niveau du diamètre des filets de la tige et celui au niveau des filets de la chape est égale à : 1,49 + 1,46 = 2,95 mm. Cette distance dépasse la distance d'intersection ou le chevauchement maximal entre les filets de la tige et les filets de la chape.

Selon la figure suivante, ce paramètre est l'ordre de 0,866P = 0,866 *3 = 2,6 mm.

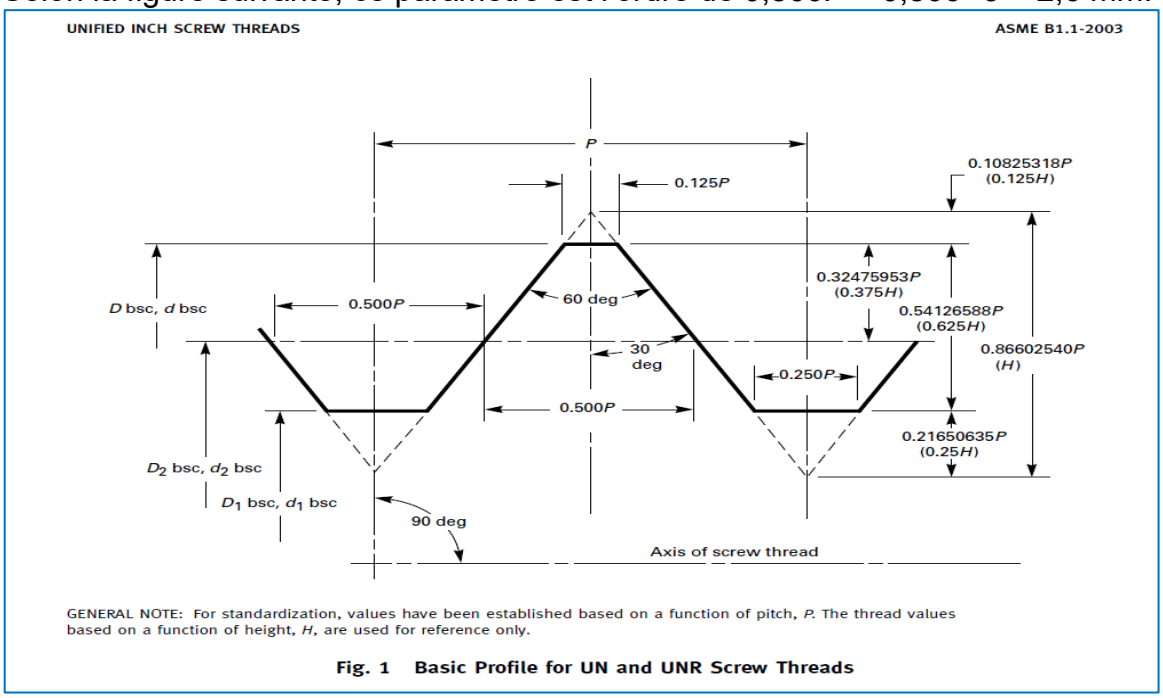


Figure 2 : Image tirée de la norme ASME B1.1-2003.

Selon les mesures des diamètres, l'état du contact entre les filets de la tige et ceux de la chape correspondrait à ce qui est montré à la figure suivante :

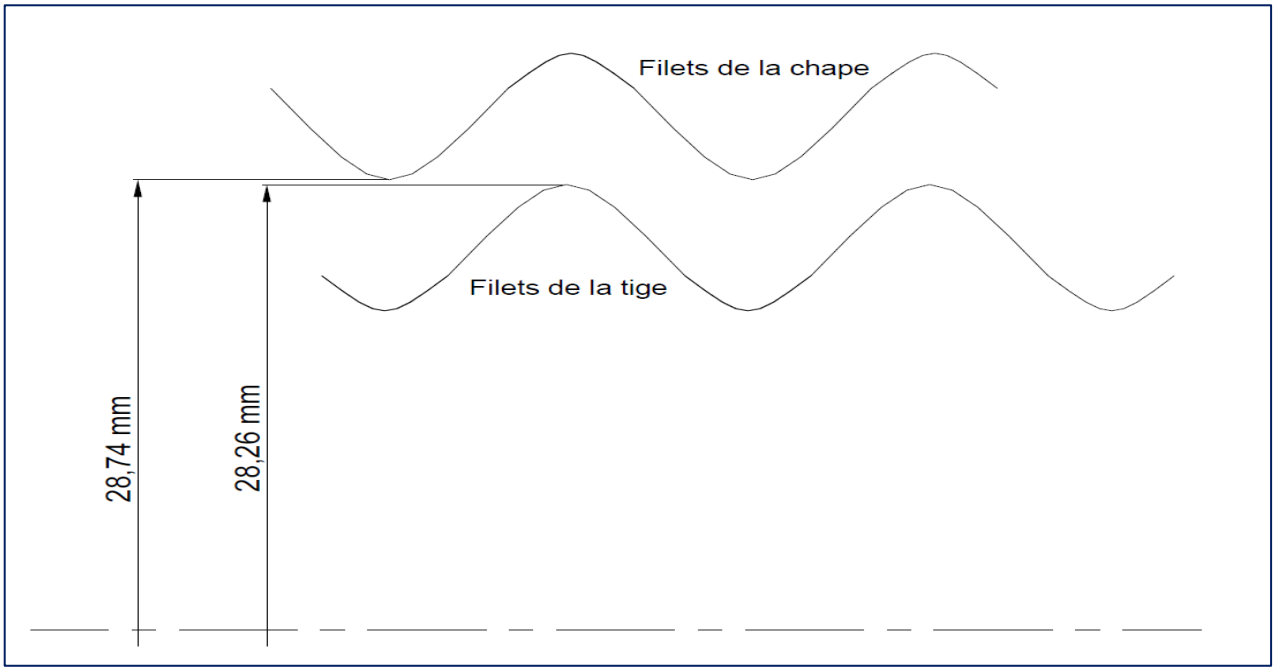


Figure 3 : État du contact théorique entre les filets de la tige et la chape.

Ce qui démontre qu'il n'y aurait pas de contact ou d'intersection entre les filets de la tige et la chape. Cependant, un contact est toujours établi entre la tige et la chape à cause de plusieurs facteurs comme l'inclinaison du tirant de relevage et le peu de jeu entre les filets malgré l'usure. Dans ces conditions, seule la résistance au glissement des filets qui s'effectue par friction peut être considérée et non la résistance au cisaillement. Cette dernière est dépendante d'une intersection suffisante entre les filets de la tige et chape, ce qui n'était pas le cas au moment de l'accident à cause de l'usure des filets de la tige et la chape. Puisqu'il s'agit d'une friction statique entre deux éléments en acier, il serait possible de supposer un coefficient de friction égal à 0,8[3] entre les filets de la tige et la chape. Cependant, il faut prendre en considération que la présence d'un lubrifiant peut réduire ce coefficient. Par conséquent, la résistance des filets serait au maximum égale à :

Poids*Coefficient de friction = 0,8*Poids. Soit 80% du poids. Cette résistance est inférieure au poids appliqué.

Quant à la résistance au glissement, elle est inférieure au poids appliqué.

[3] *Table 1. Coefficients of Static Friction for Steel on Various Materials. p 158. Machinery's Handbook 27th Edition*

En conclusion, la résistance des filets de la tige, qui n'était assurée que par la friction de contact (friction statique) avec les filets de la chape, est égale au maximum à 80% du poids de l'épandeur et son contenu, ce qui n'était pas suffisant pour empêcher le transfert de cette force à la goupille.

2. Analyse de la résistance de la goupille

En principe, le levage d'une charge installée sur le système d'attelage, comme l'épandeur en question, s'effectue à l'aide des tirants de relevage au moyen de la résistance des filets. Tel que mentionné précédemment (voir page 4 de ce document), **La goupille constitue un dispositif de blocage, et aucune application ou transfert de charge ne doit s'appliquer sur cette composante**.

La goupille utilisée, est une pièce cylindrique fendue sur toute sa longueur (*slotted pin*), son diamètre est de 8 mm, et son épaisseur est de 1,5 mm. Les matériaux les plus utilisés dans la fabrication de cette pièce sont l'acier inoxydable (*Stainless Steel*) et l'acier au carbone (*High Carbon Steel*). La résistance d'une goupille dépend des propriétés physiques de ces matériaux. Dans les tableaux des fabricants, cette résistance s'exprime en cisaillement simple ou double, la figure suivante montre un exemple de la résistance en double cisaillement des goupilles de différents diamètres[4] :

Nominal Dia.	Expanded Dia.		Recommended hole size (H12)		Material thickness	Minimum double shear strengths tested to ISO8749 kN	
	Min.	Max.	Min.	Max.		Carbon steel	Stainless Steel
8	8.50	8.80	8.00	8.15	1.50	42.76	26.46
10	10.50	10.80	10.00	10.15	2.00	70.16	42.14
12	12.50	12.80	12.00	12.18	2.50	104.10	-
14	14.50	14.80	14.00	14.18	3.00	144.70	-
16	16.50	16.80	16.00	16.18	3.00	171.00	-
20	20.50	20.90	20.00	20.21	4.00	280.00	-

Figure 4 : Image extraite du document SPRING PINS/SLOTTED PINS ISO 8752.

Les résistances en double cisaillement, comme indiqué à la figure 4, sont obtenues à la suite des tests de cisaillement où l'écart entre le plan de la force appliquée et le plan de la résistance de la section est très réduit (figure 5). Ce qui permet de mesurer la ''pleine'' résistance en cisaillement de la goupille.

[4] Screws, Nuts, Bolts & More | FFT - Fasteners Fixings and Tools

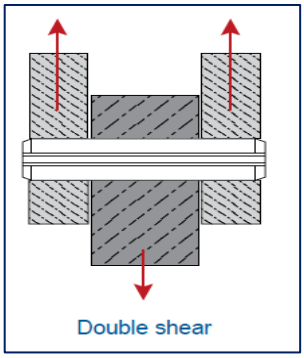


Figure 5 : Exemple d'un test de double cisaillement. Image extraite du document ''SPIROL Slotted Spring Pins.''

Cependant, dans certaines conditions de service, l'écart entre ces deux plans est relativement élevé. La figure suivante montre un cas fréquent où un écart dû au fraisage d'une pièce, se situe entre les deux plans de cisaillement dans la goupille :

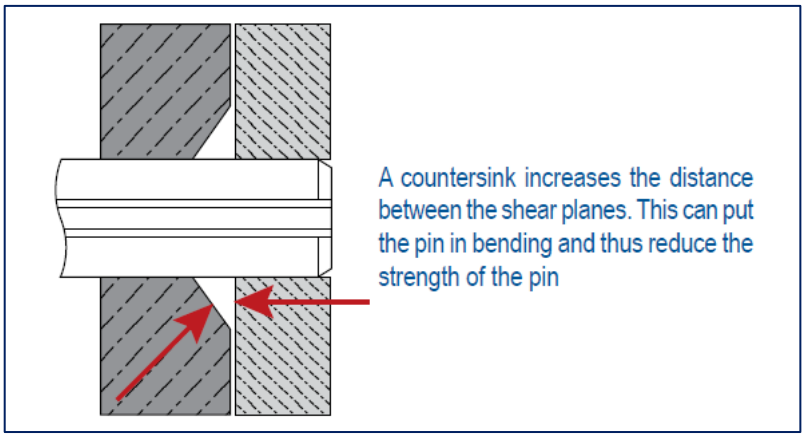
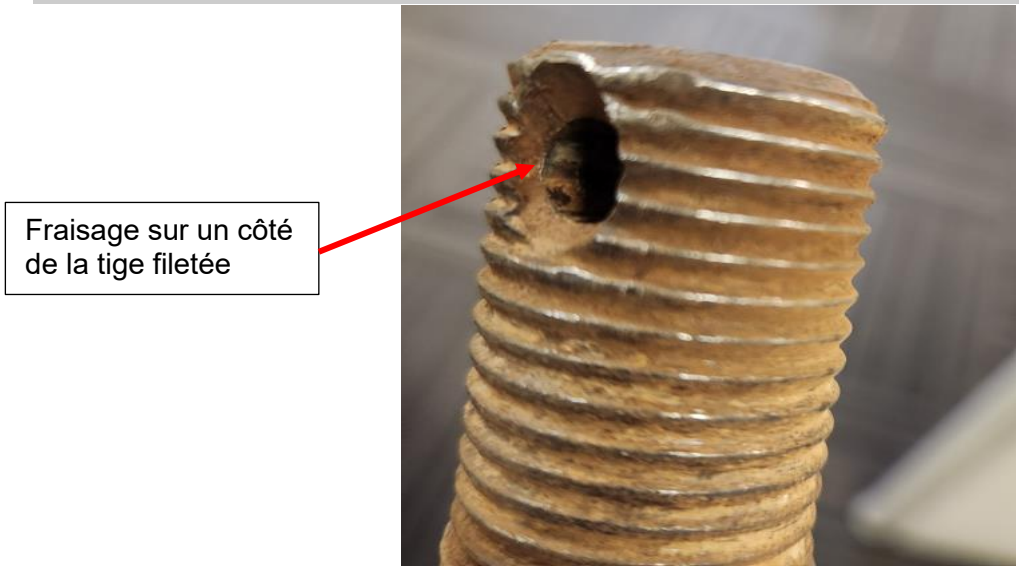


Figure 6 : Image extraite du document ''SPIROL Slotted Spring Pins''.

En conséquence, un effort de flexion supplémentaire dans la goupille doit être pris en considération, ce qui réduit par le fait même sa résistance en cisaillement. Dans le cas de l'accident, le fraisage sur les deux côtés du trou dans la tige filetée, servant à l'insertion de la goupille, est un exemple pratique du fraisage illustré à la figure 6.



Photographie 5 : Fraisage sur un côté de la tige filetée. (Source CNESST).

La figure suivante de la goupille après l'accident, démontre qu'elle a subi une flexion excessive et une rupture par cisaillement sur chaque côté. La distance mesurée entre le plan d'application de la force (situé du côté de la tige), et le plan de la résistance en cisaillement dans la goupille (situé du côté de la chape) est de l'ordre de 3,7mm.

Figure 7 : Déformation en flexion et rupture en cisaillement sur chaque côté de la goupille. (Source CNESST).

Afin d'évaluer l'impact de cet écart sur la résistance de la goupille, il serait nécessaire dans un premier temps de calculer la force dans le tirant de relevage. Cette force devrait correspondre à la moitié du poids de l'épandeur au moment de l'accident. Or selon les informations recueillies, cette charge aurait été augmentée à cause de la rupture du tirant de relevage lors du premier incident. Le basculement de l'épandeur survenu lors de cet accident, a entrainé l'augmentation de la quantité d'engrais qui se trouvait du côté du tirant de relevage accidenté. Selon les mesures des inspecteurs sur place, cette quantité était équivalente à 0,67% de la masse totale de l'engrais, soit 0,67*1227 = 822 kg.

Ainsi, la masse transférée à la chandelle est égale à :

Masse de l'épandeur/2 + la masse de l'engrais au moment de l'accident = 800/2 + 822 = 1222 kg (≈ 12 kN). Cette charge doit être ajustée en fonction de l'inclinaison de la chandelle, ce qui donne finalement une force égale à 12/ cos (30°) = 13,8 kN.

Pour déterminer la résistance de la goupille, les deux hypothèses suivantes seront retenues :

- La section de la goupille est considérée comme un cylindre creux dont le diamètre extérieur est de 8 mm, et l'épaisseur de la paroi est de 1,5 mm. La réduction causée par la fente sera négligée. De plus, la diminution du diamètre après insertion dans la tige ne sera pas considérée. L'ensemble de ces hypothèses sont en faveur d'une surestimation de la résistance de la goupille (approche conservatrice).
- Bien que le matériau de la goupille ne fût pas identifié, ce dernier est supposé de l'acier au carbone, ce qui est aussi une approche conservatrice.

En fonction des hypothèses précédentes, il est possible de conclure que :

- Le moment de flexion causé par l'écart entre les plans de cisaillement sur chaque côté de la goupille est égal à : 3,7*13,8/2 kN = 25,5 kN.mm
- La résistance de la section = Module de la section*Contrainte de plastification

  Où

  - Module de la section = $\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} = 0{,}098\frac{(D^4 - d^4)}{D}$, D = 8mm et d = 8-1,5 = 6,5mm

    $= 0{,}098*(8^4 - (6{,}5)^4)/8 = 28{,}3\ mm^3$

  - Contrainte de plastification de l'acier au carbone = 680 MPa[5]

Ce qui donne un moment résistant = 28,3 * 680 = 19,2 kN.mm.

[5] https://www.makeitfrom.com/material-properties/Annealed-and-Cold-Drawn-1095-Carbon-Steel

Cette valeur est inférieure au moment induit par l'écart des plans de cisaillement, ce qui explique la déformation en flexion observée sur chaque côté de la goupille. En plus, cette plastification (déformation excédant la limite d'élasticité) de la goupille réduit la résistance de la section de cette goupille. Dans cette situation, la résistance en cisaillement sur chaque côté ne doit pas dépasser :

$$\frac{Moment\ résistant\ maximal\ (résistance\ de\ la\ section\ en\ flexion)}{Écart\ de\ cisaillement}$$

Ce qui donne un effort maximal = 19,2/3,7 = 5,2 kN.

En termes de double cisaillement, l'effort maximal ne doit pas dépasser 10,4 kN (2*5,2 kN) La force appliquée sur la goupille au moment de l'accident était égale à 13,8 kN, ce qui dépasse sa résistance maximale en double cisaillement. Cette dernière ne représente qu'environ 25% de la résistance en double cisaillement indiquée dans le tableau de la figure 4. Cette réduction de la résistance en double cisaillement est attribuée à la plastification de la goupille. Une plastification causée par l'écart entre les plans de cisaillement sur chaque côté de la goupille.

Annexe :

1. **Calcul des forces dans le tirant de relevage gauche :**

Selon les informations recueillies :
Le poids de l'épandeur + la masse de l'engrais au moment de l'accident = 800 + 1227 = 2027 kg (19,86 kN).
===> 19,86/2 = 9,9 kN par tirant de relevage. D'après les photographies de l'attelage à trois points, l'angle du tirant de relevage par rapport à la verticale est environ 30°.

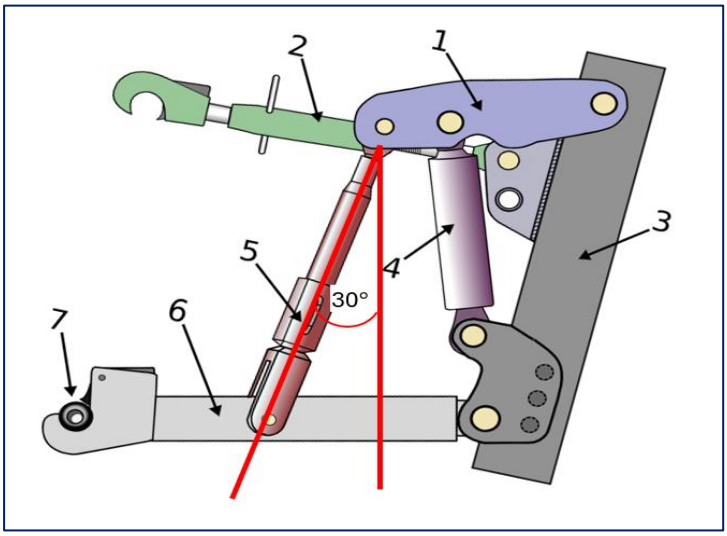


Schéma d'un attelage 3 points : 1 – bras de levage 2 – bras de poussée 3 – châssis du tracteur 4 – vérin de levage (Peut être placé aussi à l'intérieur du châssis) 5 – tirant de relevage réglable en hauteur 6 - bras inférieur 7 – boule pivotante de réduction dans le crochet (attelage semi-automatique).

Figure 8 : Image extraite du site : https://fr.wikipedia.org/wiki/Attelage_trois-points

Ce qui donne : F_1 = 9,9 / cos (30°) = 11,4 kN.

2. **Résistance au cisaillement des filets :**

Selon l'annexe B de la norme ASME B1.1 -2003 :

- La résistance au cisaillement des filets d'une tige (''external threads'') :

$$AS_s = 3.1416(1/P)(LE)(D_1\,max)\,x\left[\frac{1}{2(1/P)} + 0.57735(d_2\,min - D_1\,max)\right]$$

- La résistance au cisaillement des filets de la chape (internal threads) :

$$AS_n = 3.1416(1/P)(LE)(d\,min)\,x\left[\frac{1}{2(1/P)} + 0.57735(d\,min - D_2\,max)\right]$$

- P : le pas du filetage (Pitch) = 3 mm
- LE = Longueur d'entrainement = 9*3 = 27 mm
- $D_1\,max$ (*''maximum minor diameter of internal'')* = diamètre intérieure de la chappe

ISO Metric Thread Designation	Pitch	Metric Internal Threads Specification Table							
		Tolerance Class	Minor Dia		Pitch Dia		Major Dia		Tap Drill
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Basic
M30x3	3	6H	26.752	27.252	28.051	28.316	30.000	30.698	27.000

Tableau 1 : source : https://www.engineersedge.com/hardware/metric-internal-thread-sizes2.htm

- $D_1\,max$ = 27.252 mm (Selon le tableau 1)
- d_2 min (''minimum pitch diamter of external thread''). (Selon le tableau 2)

ISO Metric Thread Designation	Pitch	External Threads							
		Tolerance Class	Major Dia		Pitch Dia		Minor Dia		
			Max	Min	Max	Min	Max	Min	
M30x3	3	6g	29.952	29.577	28.003	27.803	26.704	25.955	
M30x3	3	4g6g	29.952	29.577	28.003	27.878	26.704	26.030	

Tableau 2 : source : https://www.engineersedge.com/hardware/metric-external-thread-sizes2.htm

- d_2 min = 27.878 mm
- d min (minimum major diameter of external thread) = 29.577 mm
- $D_2\,max$ (maximum pitch diameter of internal thread) = 28.316 mm

Ce qui donne :

AS_s= 3.1416(1/3)(27)(27.252) x [1/(2(1/3)) + 0.57735(27.878 - 27.252)] = 1433,28 mm^2.

Toujours selon l'annexe B de la norme ASME B1.1 -2003 :

$$\text{shear strength of threads} = 0.5S_t\ (AS_n \text{ or } AS_s)$$

Où S_t est la résistance ultime de la tige. Cette résistance varie en fonction du matériau de la tige. À des fins de calcul, on suppose que le matériau de la tige correspond à une des variantes de l'acier SAE-AISI- 1095[6]. La résistance ultime à la traction varie entre à 680 et 900 MPa.

Ce qui donne finalement une résistance minimale au cisaillement égale à 1433,28*680 = 487 kN.

[6] https://www.makeitfrom.com/material-properties/SAE-AISI-1095-SUP4-1.1274-C100S-G10950-Carbon-Steel

Références :

- ASME B1.1-2003 Unified Inch Screw Threads (UN and UNR Thread Form). The American Society of Mechanical Engineers ASME.
- ASME B18.8.2-2020 Taper Pins, Dowel Pins, Straight Pins, Grooved Pins, and Spring Pins (Inch Series). The American Society of Mechanical Engineers ASME.
- Machinery's Handbook, ERIK OBERG, et ALL, 27th Edition, INDUSTRIAL PRESS INC. NEW YORK
- Fundamentals of Machine Component Design. ROBERT C. JUVINALL et KURT M. MARSHEK, 5th Edition, JOHN WILEY & SONS, INC.
- https://www.makeitfrom.com/material-properties/Annealed-and-Cold-Drawn-1095-Carbon-Steel
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Attelage_trois-points

ANNEXE C-Expertise mécanique

AGCO PARTS AGCO SERVICE

CONTRÔLES RAPIDES - FORMULAIRE D'INSPECTION DES TRACTEURS

Grande puissance *(GP)* / Puissance moyenne *(PM)* / Tracteur à chenilles *(TC)*

Temps d'inspection estimé : _____

DATE DE L'INSPECTION : 8 Juillet 2025 TECHNICIEN : D N° DU BON DE TRAVAIL : _____

MODÈLE : AGCO LT95A N.I.V : T038072 HEURES : 4170.9

NOM DU CLIENT : _____ ADRESSE : _____

VILLE/PROVINCE/CODE POSTAL : _____/_____/_____ TÉLÉPHONE : _____

SIGNATURE DU CLIENT : _____

FORMULAIRE D'IMPRESSION

RÉFÉRENCE

- + = VÉRIFIÉ ET - Passe l'inspection
- △ = EN ÉTAT DE FONCTIONNEMENT - MONTRE DE L'USURE Nécessite une attention et un suivi
- ○ = CRITIQUE - DOIT ÊTRE RÉPARÉ Requiert une attention immédiate

	ÉTAT			NOTE	CONTRÔLES PRÉALABLES À L'INSPECTION
1	✓	△	○		Vérifiez les codes d'erreur actifs : S'il y en a, les noter
2	+	✓	○	✓	Niveau du liquide de refroidissement
3	✓	△	○		Niveau d'huile moteur
4	✓	△	○		Niveau d'huile de transmission
5	✓	△	○		Niveau d'huile hydraulique
6	+	△	○		Niveau d'huile de la prise de force avant – le cas échéant ***(PM SEULEMENT)***
	ÉTAT			**NOTE**	**CABINE ET POSTE DE CONDUITE**
7	✓	△	○		Filtres de cabine correctement installés et scellés
8	✓	△	○		Fonctionnement des essuie-glaces avant/arrière
9	✓	△	○	✓	Fonctionnement du liquide lave-glace et niveau
10	✓	△	○		Fonctionnement de la vitesse du ventilateur de la cabine
11	✓	△	○		La climatisation refroidit correctement
12	✓	△	○		Les accélérateurs à pied et à main fonctionnent bien et restent bien réglés
13	✓	△	○		La pédale d'embrayage fonctionne librement et correctement
14	✓	△	○		La pédale de frein fonctionne librement
15	✓	△	○		Ceintures de sécurité : Matériel manquant/Capacité de verrouillage
	ÉTAT			**NOTE**	**ÉLECTRIQUE/ÉLECTRONIQUE**
16	✓	△	○		Le commutateur d'allumage est bien immobilisé et fonctionne sans problème
17	✓	△	○		Fonctionnement des interrupteurs de l'accoudoir : P.d.f., hydraulique, 3 pt.
18	✓	△	○		Le commutateur de démarrage au point mort fonctionne sans problème
19	+	✓	○	✓	Feux internes/externes opérationnels
20	+	✓	○	✓	Témoins d'avertissement du tableau de bord opérationnels
21	+	✓	○	✓	Batteries/Câbles propres et bien serrés
22	+	✓	○	✓	Avertisseur sonore de recul opérationnel
	ÉTAT			**NOTE**	**CHASSIS *(GP et PM SEULEMENT)***
23	✓	△	○		Pneus et roues correctement serrés
24	✓	△	○		État des pneus : Coupures, usure, dommages (intérieur/extérieur)
25	+	△	○		État des biellettes de direction, pincement/ouverture des roues
26	+	△	○		Axes et bagues d'articulation : Usure, desserrage, graissage (le cas échéant)
	ÉTAT			**NOTE**	**MOTEUR/TRANSMISSION**
27	✓	△	○		Niveau d'huile du différentiel avant ***(GP SEULEMENT)***
28	✓	△	○		Séparateur eau-carburant ***(GP, TC SEULEMENT)***
29	✓	△	○		Fuites de gaz d'échappement : Collecteur, turbocompresseur, tuyaux, colliers de serrage
30	✓	△	○		Fuites de carburant : Détérioration des réservoirs, des bagues passage des tuyaux et des tuyaux
31	✓	△	○		Fuites de liquide du refroidissement indirect de l'air de suralimentation : Durites, colliers de serrage
32	✓	△	○		Durites, flexibles et colliers de serrage du refroidisseur d'air de suralimentation
33	✓	△	○		État du système de refroidissement : Liquide de refroidissement, durites, fuites visibles
34	✓	△	○		Fuites d'huile du moteur (externe)
35	✓	△	○		Filtres à air correctement installés et scellés
36	✓	△	○		Niveau d'huile de la transmission finale avant ***(GP, PM SEULEMENT)***
37	✓	△	○		Niveau d'huile de l'essieu avant ***(GP, PM SEULEMENT)***

	ÉTAT			NOTE	MOTEUR/TRANSMISSION - Suite
38	+	△	○		Niveau d'huile de la transmission finale arrière
39	✓	△	○		Courroies de ventilateur et accessoires : Usure, alignement, étanchéité
40	✓	△	○		Faisceau du radiateur côté moteur : Fuites, obstructions
41	✓	△	○		Système d'admission d'air : Colliers, tuyaux, tubes desserrés, cassés ou usés
42	✓	△	○		Câbles du démarreur et câblage
	ÉTAT			**NOTE**	**À L'ARRIÈRE DE LA MACHINE**
43	✓	△	○		Panneau de véhicule lent : lumineux, visible
44	+	✓	○	✓	Différentiel et transmission finale : Fuites, débris
45	✓	△	○		Arbre de sortie de la p.d.f. : Fuites, usure des cannelures
46	+	△	○		Distributeurs sur garde-boue : P.d.f., hydraulique, 3 pt.
	ÉTAT			**NOTE**	**ESSAI SUR ROUTE**
47	+	△	⌀	✓	Fonctionnement du frein de stationnement : Capacité d'immobilisation du tracteur et réglage du levier
48	+	△	○		Fonctionnement de l'essieu avant suspendu
49	+	△	⌀	✓	Fonctionnement de l'essieu avant : Réglage de l'angle d'oscillation et des butées d'aile
50	✓	△	○		Fonctionnement de la pédale d'accélérateur
	ÉTAT			**NOTE**	**INSPECTIONS DES CHENILLES *(TC SEULEMENT)***
51	+	△	○		Roues, roues intermédiaires, roues motrices : Usure, séparation, déchirures, fissures
52	+	△	○		Huile du moyeu des roues-guide : Niveau, fuite, état
53	+	△	○		État des chenilles et des barrettes : arrachées ou manquantes, coupées, entaillées, câbles exposés
54	+	△	○		Pressions des vérins télescopiques à l'azote (enregistrer et réglage)
55	+	△	○		Niveau d'huile du moyeu des roues motrices arrière
56	+	△	○		Alignement des chenilles
	ÉTAT			**NOTE**	**AUTRES COMPOSANTS**
57	+	△	○		
58	+	△	○		
59	+	△	○		
60	+	△	○		
61	+	△	○		
62	+	△	○		
63	+	△	○		
64	+	△	○		
65	+	△	○		
66	+	△	○		
67	+	△	○		
68	+	△	○		
69	+	△	○		
70	+	△	○		
71	+	△	○		
72	+	△	○		
73	+	△	○		
74	+	△	○		
75	+	△	○		

AGCO Your Agriculture Company
© 2021 AGCO Corporation. AGCO Parts est une marque mondiale d'AGCO Corporation. AGCO et AGCO Parts sont des marques de commerce d'AGCO. Tous droits réservés.
29621_EC.T_CF DATE DE RÉVISON : 060221

CONTRÔLES RAPIDES - FORMULAIRE D'INSPECTION DES TRACTEURS

Grande puissance _(GP)_ / Puissance moyenne _(PM)_ / Tracteur à chenilles _(TC)_

DATE DE L'INSPECTION : 8 Juillet 2025 TECHNICIEN : Martin Nolin

N° DU BON DE TRAVAIL : _____ MODÈLE : AGCO LT95A N.I.V : T038072

INDIQUER LE NUMÉRO D'INSPECTION DU RECTO ICI

N°	COMMENTAIRES
2	Antigel Sale a Changer
9	Lave Glace Fonctionne mais Réserve Vide
19	Feu de Route Grille Avant ne Fonctionne Pas
20	Trois Lumière au Dash ne S'Allume Pas
21	Main de Batterie a Nettoyer
22	Avertisseur Sonore a Remplacer (A la Grippe)
44	Niveau d'huile des Planétaires Avant Bas et Noir (Huile a Remplacé)
47	Frein a Main ne fonctionne pas (Switch du Frein a main Inopérante ces pour ça qu'il l'ont oublier et rouler avec le frein a main Engagé)
******	REMARQUE
A	Cylindre de Porte Gauche a Remplacé
B	Pression Pneu Ok: Avant Gauche = 32.5 Psi / Avant Droit = 31 Psi Pneu Arrière (Liquide Calcium) Arrière Gauche = 51.5" Arrière Droit = 51.5"
C	Pédale de Clutch Engage Sec a Calibré
D	Transmission se Remet en Quatrième Gamme au Départ
E	Moteur Long a Partir au Démarrage
F	Deux Ball Joint de Direction Lousse a Remplacé
G	Bushing du Shaft du Pivot du balancier du Différentiel Avant Lousse a Remplacé
H	Loader: Plusieurs Pin & Bushing a Remplacé du Lousse de Partout
I	Relevage: Deux Sensing Pin Lousse / Deux bras de Tirant de relevage a Remplacé / Deux Pin du bas a Remplacé
J	Cylindre de 66mm Donc CAT-2
K	Rod Fileté Tirant de Relevage Original = 30 mm / Tracteur = 28.6 mm Usée

ANNEXE D-Références bibliographiques

AGCO S.A**.** « *LTA Series tractors, Models LTA Auto 4* » (2010) [Manuel de service]. Beauvais, France, 190 p.

AMAZONEN-WERKE H. DREYER SE & CO. KG**.** (2023). « *Notice d'utilisation : ZA-TS BAG0088.23 07.23 »* (Document MG4140). 135 p.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, « *Loi sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1. LégisQuébec. » [En ligne] s-2.1 - Loi sur la santé et la sécurité du travail, (consulté le 5 décembre 2025)

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, « *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1, r. 13. LégisQuébec. » [En ligne] S-2.1, r. 13 - Règlement sur la santé et la sécurité du travail, (consulté le 5 décembre 2025)

TRACTORDATA, « *Informations sur toutes les marques et modèles de tracteurs*. » [En ligne] https://www.tractordata.com. (consulté le 5 décembre 2025)