

Efficacité des dispositifs anti-bourrage

Vidange des trémies de moissonneuse-batteuse

Essais sur ray grass
(récolte 2008)



L'essentiel
et plus encore



santé
famille
retraite
services

PARTENAIRES du PROJET

Fédération M.S.A. des Portes de Bretagne

BARBIER Patrice - Conseiller en prévention, Coordonnateur du projet
Rédacteur du dossier technique

Coopérative des Agriculteurs du Morbihan

RIOU Gilbert - Responsable pôle végétal contractualisé
GUILLO Mickaël - Technicien porte-graines

Sté Jouffray-Drillaud

GUILLEMOTO Gwennaïg - Technicienne de production

Syndicat des Entrepreneurs des Territoires

BOUQUET Delphine - Animatrice régionale

Nous remercions pour leur soutien financier à l'expérimentation des dispositifs décrits dans ce dossier technique:

- ➔ la Caisse Centrale de Mutualité Sociale Agricole (C.C.M.S.A.),**
- ➔ le Groupement National Interprofessionnel des Semences (G.N.I.S.).**

SOMMAIRE

Problématique.....	page 1
1. Pourquoi la récolte de graminée porte graines est délicate ?...	page 2
Mesures de régulation	page 3
2. L'expérimentation	
2.1 Portée de l'action préventive	page 5
2.2 Démarche	page 6
2.3 Protocole d'essais.....	page 6
3. Les dispositifs expérimentés	
3.1 Le vibreur électrique	
3.1.1 Présentation.....	page 7
3.1.2 Montage.....	page 8
3.1.3 Résultats.....	page 11
3.1.4 Bilan essai vibreur électrique.....	page 13
3.2 Le système pneumatique	
3.2.1 Présentation.....	page 14
3.2.2 Montage	page 15
3.2.3 Résultats	page 17
3.2.4 Bilan essai système pneumatique	page 18
3.3 Le ramassage après fauchage	
3.3.1 Présentation	page 19
3.3.2 Montage	page 20
3.3.3 Résultats	page 20
3.3.4 Bilan essai fauchage –ramassage.....	page 23
Conclusion et Perspectives	page 24

Annexes

Problématique

En France, la récolte de semences fourragères représente 46 000 Ha sur les 310 000 Ha de surfaces de multiplication totales (source GNIS juillet 2007). Cette superficie représente une infime proportion si on la compare aux 5 millions d'hectares consacrés en 2008 à la culture de blé ¹.

Pour autant, chaque année la récolte des graminées porte-graines (ray grass notamment) pose problème. La vidange de trémie de moissonneuse batteuse est une difficulté bien connue des récolteurs.

Favoriser la descente de la semence à l'aide d'une perche est quasiment obligatoire et ce d'autant plus que l'humidité du produit est élevée.

Sur les moissonneuses anciennes, l'accès de la trémie est relativement facile. On peut manoeuvrer un bâton sans courir un trop grand risque pour sa sécurité.

Aujourd'hui, sur les récents modèles de moissonneuses, du fait de la grande capacité des trémies, cette opération s'avère plus difficile. La tentation de descendre dans la trémie est plus grande augmentant considérablement le caractère dangereux de l'intervention. Deux accidents graves (dont un décès) sont survenus en 2007 dans le Morbihan.

Conscients de cette situation et face au refus d'un nombre croissant de sous-traitants et d'entreprises de travaux agricoles de récolter ce type de graminée, les semenciers ont cherché des solutions.

L'une d'entre elles a notamment été testées par la Sté BARENBRUG chez quelques uns de ses multiplicateurs.

La MSA avec des partenaires a pris le relais de cette première expérimentation pour l'élargir à d'autres dispositifs.

Ce dossier dresse le bilan de ces essais.

¹: source de l'Office National Interprofessionnel des Grandes Cultures (ONIGC).

1. Pourquoi la récolte de graminée porte-graines est délicate ?

Parmi les variétés de graminée fourragères, les principales plantes sont :

- le RAY-GRASS anglais, italien ou hybride,
- le DACTYLE,
- la FETUQUE élevée.

Ces graminées ont comme caractéristiques communes leur **légèreté** et leur **forme allongée**. Le ray-grass d'Italie qui est la variété la plus semée en France se distingue du ray-grass anglais par ses **épis barbus**.

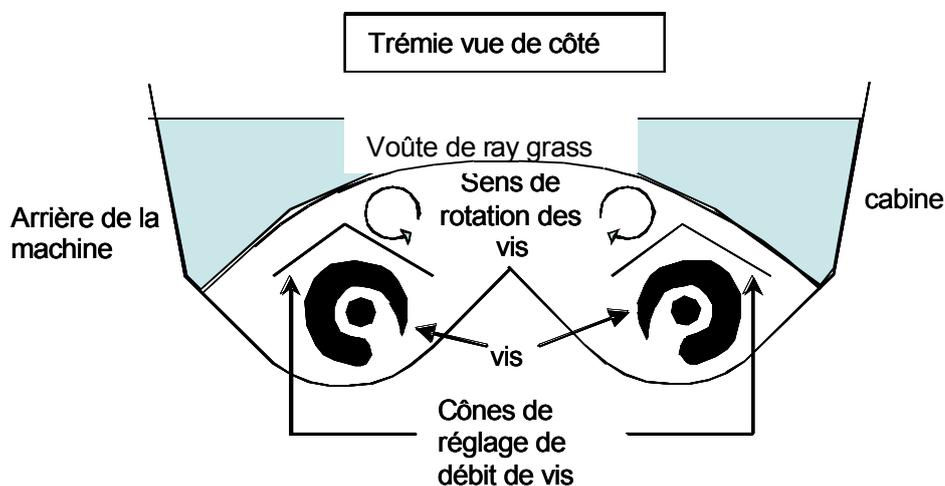


Ray grass anglais



Ray grass italien

Lorsqu'elles sont battues dans des conditions climatiques défavorables (humidité), les graines tombant dans la trémie de la moissonneuse s'agglomèrent entre elles et forment une voûte au dessus de la (des) vis de vidange rendant ainsi leur évacuation impossible par la goulotte.



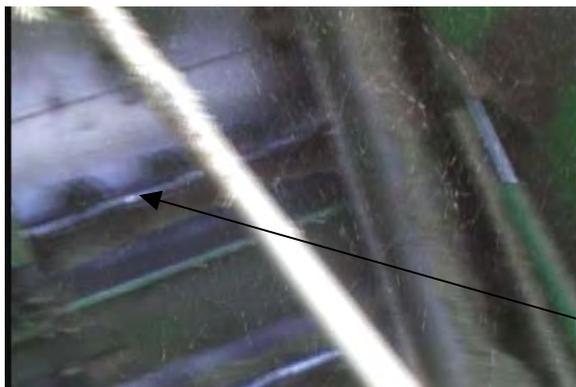
Mesures de régulation

Pour pallier cet inconvénient, les chauffeurs mettent en œuvre plusieurs pratiques :

- ils limitent le remplissage de la trémie pour réduire le tassement (trémie remplie au $\frac{1}{4}$ ou la moitié). Ils sont alors contraints de vider plus fréquemment ce qui allonge le temps de récolte,
- ils vident en marche. Cela est rarement possible car les caissons de récolte sont souvent déposés dans la parcelle,



- ils ôtent partiellement ou totalement les capots de réglage du débit de vidange de vis. Cette mesure accroît le volume de grain, donc la charge sur la vis ce qui peut l'endommager.



vis de vidange apparente

- ils cassent la voûte avec un bâton pour créer un puits d'écoulement. Cette opération est plus difficile sur des machines à grande trémie (distance par rapport à la vis plus grande). De plus, les chauffeurs sont souvent tentés d'accéder à la trémie directement depuis la cabine de conduite en utilisant la trappe d'échantillon comme marche pied.

- Enfin, quand toutes ces mesures sont inefficaces, certains pénètrent dans la trémie pour piétiner le tas et casser la voûte avec la vis en fonctionnement. C'est dans cette situation que 2 accidents de travail ont entraînés le décès d'une victime et l'amputation d'une jambe pour l'autre (voir fig.1).

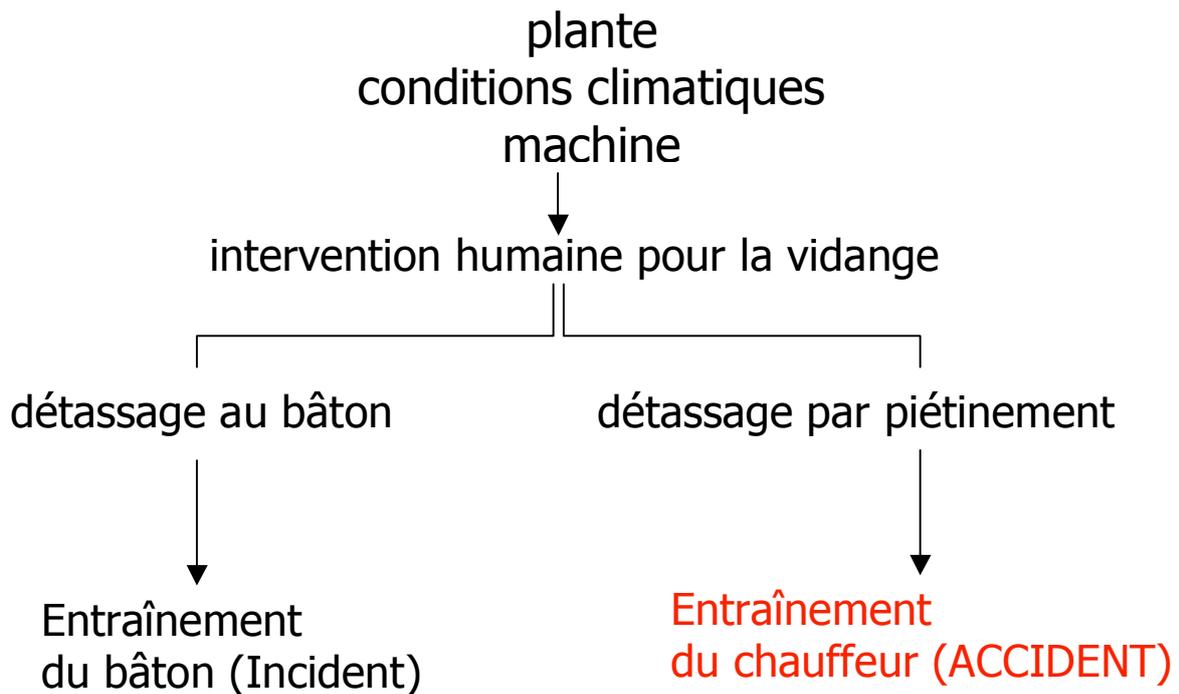
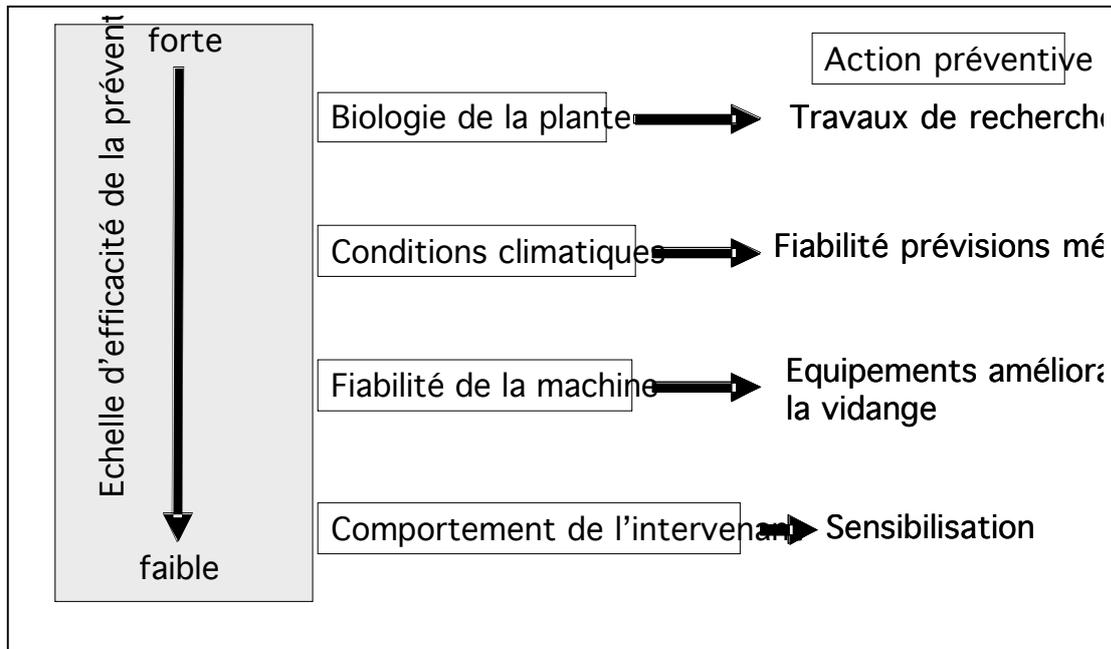


fig.1 :schéma du mécanisme accidentel

2. L'expérimentation

2.1. Portée de l'action préventive

L'action préventive peut intervenir à plusieurs niveaux (fig.2). Plus l'action est menée en amont, plus elle est efficace car elle agit sur plusieurs facteurs de risque.



Les dispositifs techniques décrits dans ce dossier visent à fiabiliser le fonctionnement de la machine de récolte. Ils induisent simultanément des comportements plus sûrs de la part des intervenants (fig.3).

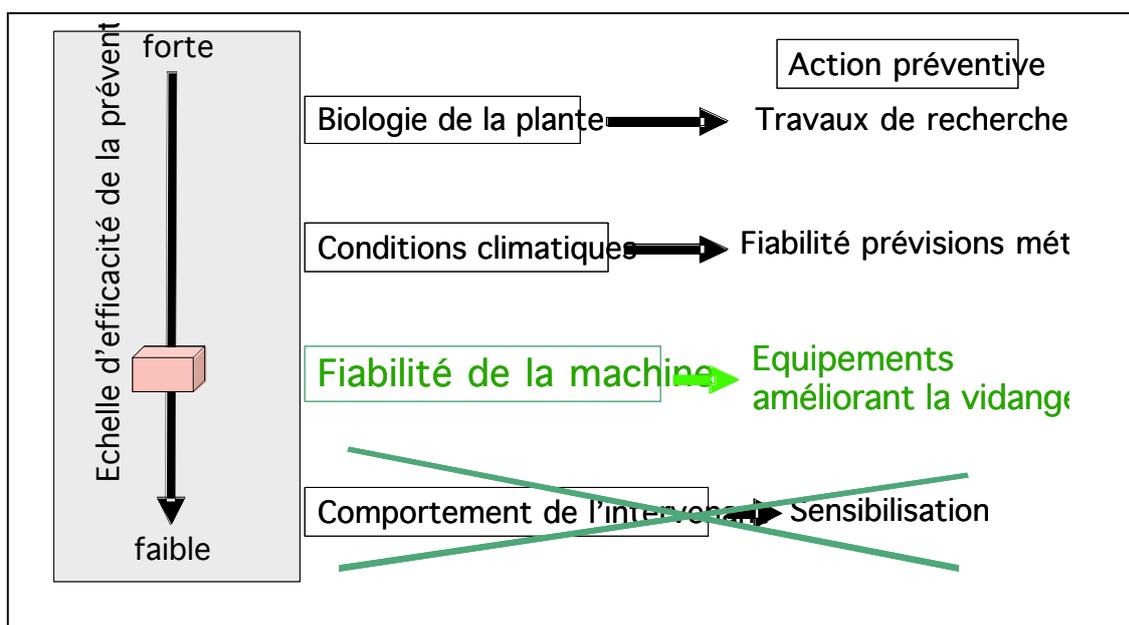


Fig.3 : efficacité potentielle des équipements testés

2.2. Démarche

Le choix des testeurs Morbihannais (tableau ci-dessous) pour évaluer l'un ou l'autre des dispositifs s'est fait sur des critères d'importance de surface récoltée et de variété de machine (marque, nombre de vis de vidange, capacité de trémie)

Une première réunion le 3 juin 2008 a permis de présenter les équipements et les conditions de suivi des essais. Elle a permis aux volontaires de confirmer leur adhésion à l'expérimentation

Noms	Surfaces	Machine	Trémie	Système
ETA ...	20	NH CX840	9.6 m ³	vibrateur
ETA ...	20	Claas 460	9.6 m ³	vibrateur
ETA ...	15	JD 2264	5 m ³	vibrateur
ETA ...	70	JD CTS 9780	9.6 m ³	vibrateur
Gaec	25	MF	8 m ³	vibrateur
Gaec ...	30	JD 1188	4.5 m ³	tapis ramassage + vibrateur
CUMA.....	8	JD	9.6 m ³	système pneumatique
TOTAL	188 Ha			

2.3. Protocole d'essais

Les machines ont été équipées avant la saison de récolte de l'été 2008.

Les chantiers ont été suivis par le conseiller en prévention de la MSA, le technicien porte-graines de la C.A.M. et la technicienne de production de la Sté Jouffray-Drillaud.

Une fiche d'évaluation (annexe 1) a permis le recueil de divers paramètres de récolte :

- plante (variété, état instantané),
- taux d'humidité de la graine,
- conditions climatiques,
- machine (type, vitesse d'avancement, niveau de remplissage trémie),
- équipement de vidange (type, comportement en action).

En fin de saison, un entretien avec chaque volontaire a permis d'affiner les observations et d'avoir un bilan quantitatif et qualitatif.

3. Les dispositifs expérimentés

3.1 Le vibreur électrique

3.1.1. Présentation

Cet équipement est fabriqué par la société OLI France.

Créée en 2005, OLI France est spécialisée dans la fabrication de vibreurs électriques, pneumatiques et d'aiguilles vibrantes.

Les vibreurs électriques externes sont beaucoup utilisés pour la régulation et la vidange des produits stockés dans les silos trémies.



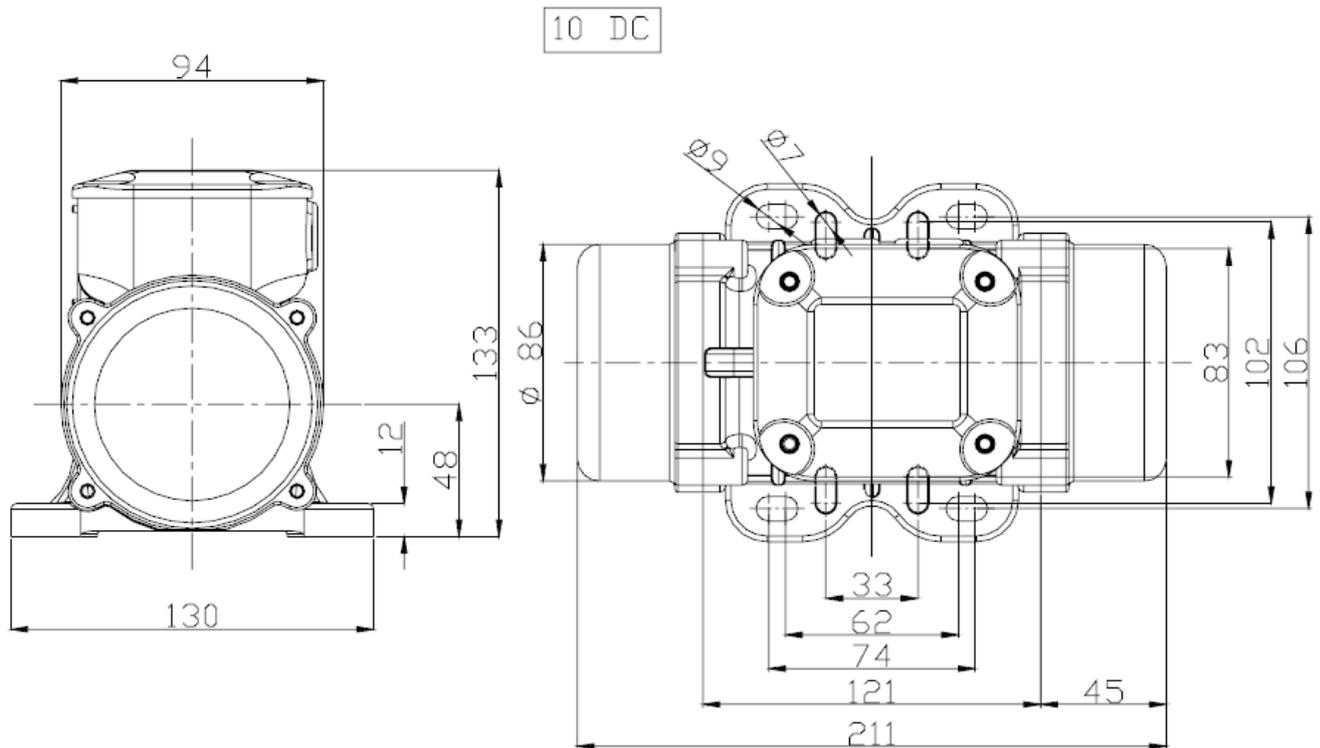
Le choix s'est porté sur le plus petit appareil de la gamme – le **MVE 050 DC 12**.

Sa particularité est d'avoir une fréquence de vibrations élevée tout en ayant une faible intensité vibratile. Ainsi, les effets potentiels des vibrations sur la structure de la machine sont réduits.

Alimenté par un courant électrique continu de 12 volts, l'appareil vibre grâce à des masses excentriques tournantes placées à ses 2 extrémités.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

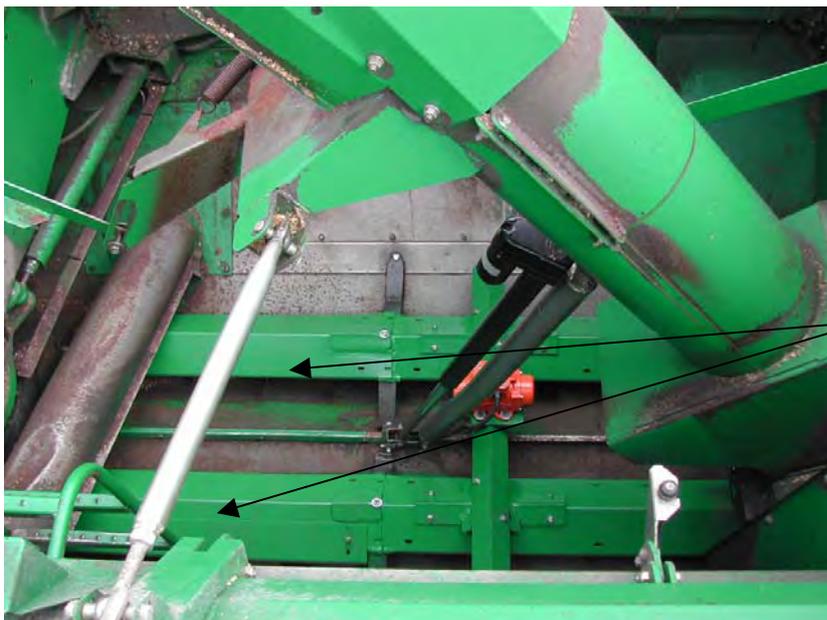
Poids	4.4 kg
Longueur	211 mm
Largeur	130 mm
Hauteur	133 mm
Fréquence de rotation des masselottes	3000 tours/minute
Force centrifuge	50 kg



3.1.2. Montage

Un premier montage à titre d'exemple a été réalisé par un concessionnaire (annexe 2).

Le vibreur est fixé sur un support métallique en fond de trémie au-dessus des vis de vidange



Capot recouvrant les 2 vis de vidange

fond de trémie - vue de dessus

Le principe est de mettre en vibration les capots de régulation de débit de la (ou des) vis de vidange. Pour cela un élément transversal relie les 2 capots de vis de vidange. Cette traverse est conique pour limiter l'accumulation de graines.



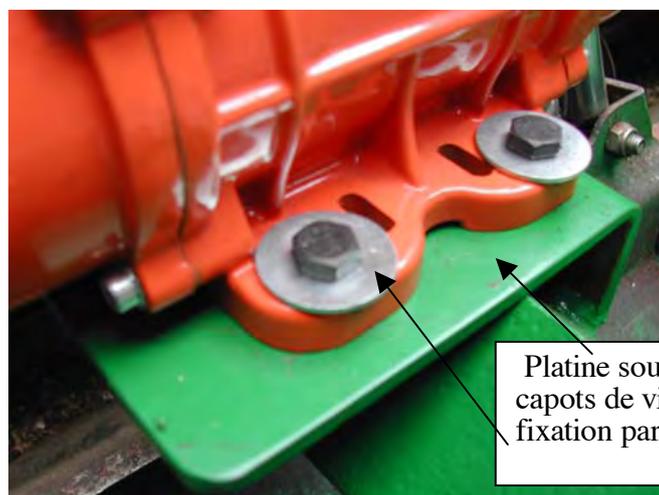
Ajout d'une plaque conique boulonnée sur les supports sur capots



support sur capots de vis

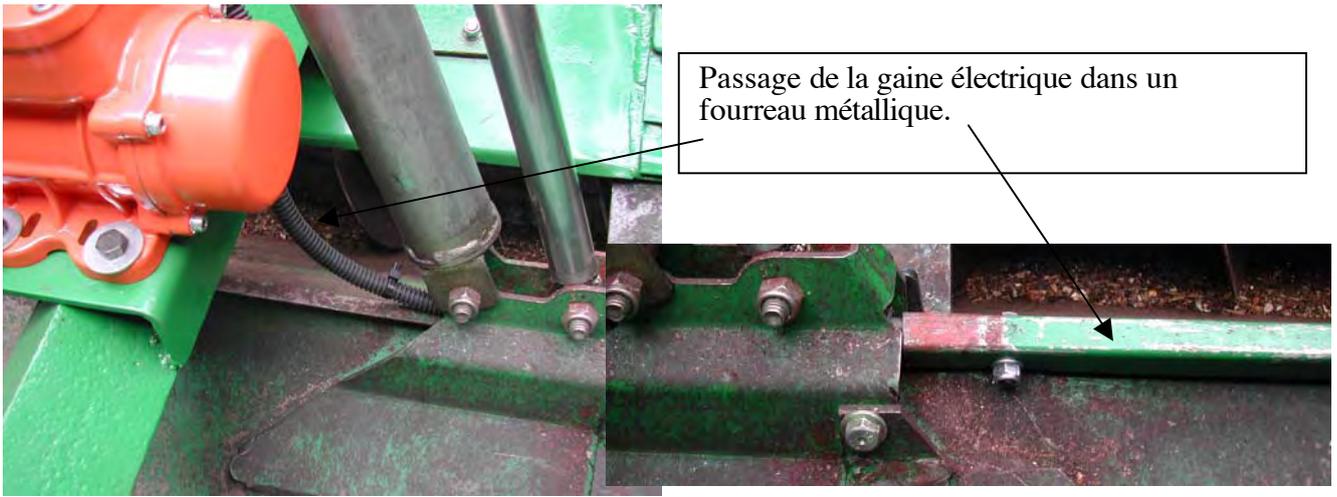


Traverse conique



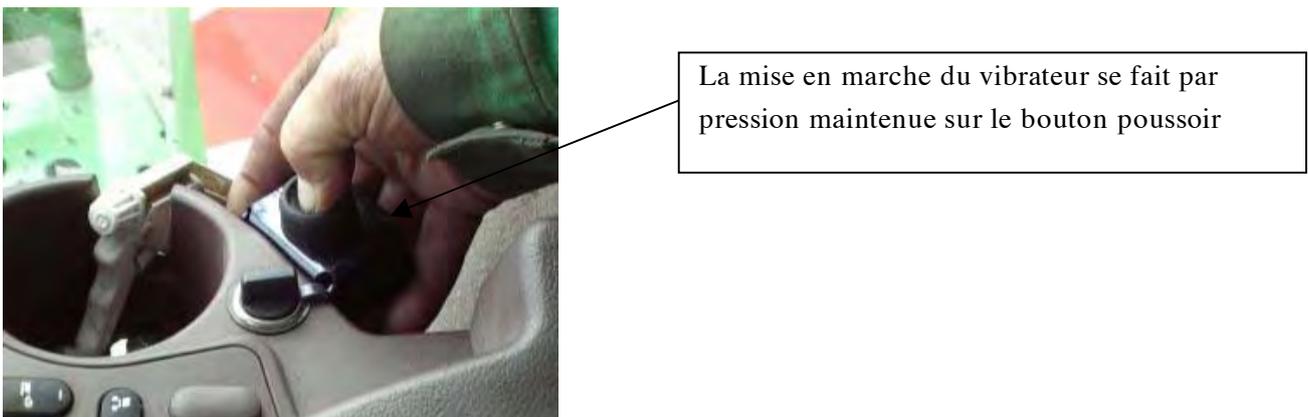
Platine soudée sur barre conique sur capots de vis. fixation par 4 boulons

Le branchement électrique est indépendant.

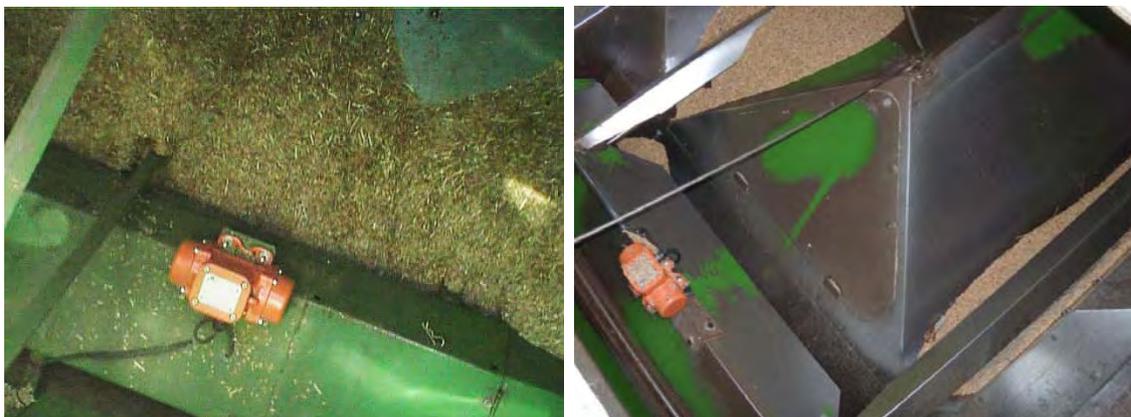


Le vibreur est relié à un bouton poussoir placé dans la cabine.

La mise en marche du vibreur n'est possible que lors de la mise en marche de la vis de vidange (asservissement).



Les volontaires ont vu ce montage pour l'adapter à leur propre machine.



Montage sur capot de vis de vidange



Montage sur fond de trémie

Le montage électrique a subi quelques variations par rapport à l'exemple.



Interrupteur de mise en marche



prise de mise en marche sur allume cigare

Les durées de montage complet (mécanique et électrique) varient entre 2 et 12 heures.

3.1.3. Résultats

Sur les 180 ha récoltés avec le vibreur, 11 chantiers ont pu être suivis et évalués à l'aide de la fiche d'essai (annexe 1).

Une majorité de chantier a concerné du ray grass anglais (146 ha contre 14 ha pour le ray grass italien – le reste étant de la fétuque élevée).

La plupart de temps, la tige est penchée voire couchée.

Le taux d'humidité moyen varie entre 25 et 30 % (mini = 20 % - maxi = 35 %)

Les machines avancent à une vitesse moyenne de 3 Km/h.

Aptitude à faciliter la vidange

Durant les phases de vidange, quelque soit le niveau de remplissage de la trémie, dans tous les cas, le chauffeur a eu besoin d'utiliser soit temporairement, soit totalement le vibreur.

A chaque fois, la mise en marche a permis de faciliter l'écoulement des graines vers la vis d'évacuation.

Fiabilité

Aucune anomalie ou panne du vibreur n'a été observée.

Impact sur la structure de la moissonneuse

Alors que cela était craint à priori par les utilisateurs, la transmission des vibrations à la structure de la trémie n'a entraîné ni contraintes structurelles (fissures ou dessoudage) ni même le desserrage des boulons de fixation.

Points de vigilance

Les utilisateurs ont formulé certaines observations.

Pour améliorer le rendement du vibreur, il est utile de le rapprocher de la goulotte d'éjection (disposer l'appareil entre la sortie et le milieu de la trémie).

Par crainte d'une éventuelle cassure, deux utilisateurs ont agrandi les trous de fixation pour fixer l'appareil avec 4 boulons de 10 mm au lieu de 8 mm.

Lorsque l'installation du vibreur est faite sur le capot de vis de vidange, des cornières de renfort ont été installées dessus et dessous le capot.



cornière de renfort

Bien qu'un anneau soit prévu sur l'appareil et que la notice de montage précise de l'ancrer à la structure par une chaîne ou un câble métallique, un seul utilisateur a attaché le vibreur à un point fixe pour l'empêcher d'être entraîné par la vis en cas de décrochage de son socle.



Enfin, pour limiter l'accumulation de graines dans les angles de la trémie en fin de vidange, un utilisateur émet l'idée d'installer des bavettes souples dans ces angles.

3.1.4. Bilan essai vibreur électrique

100 % des testeurs reconnaissent l'efficacité et la fiabilité du vibreur (voir fig.4).

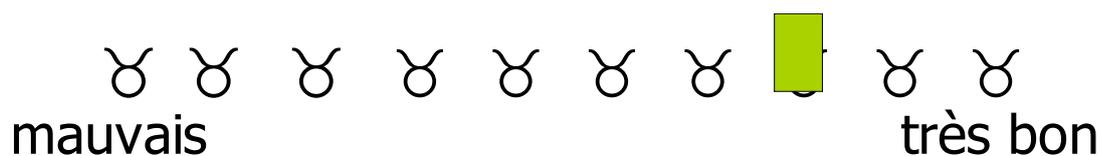


Fig.4 : échelle de satisfaction des testeurs de vibreur

Aucun d'entre eux n'a dû assister l'écoulement. De ce fait, tous apprécient le gain de temps sur chaque chantier et surtout l'absence de prise de risque.

L'autre effet positif du vibreur concerne le débit de vidange. En sortie de goulotte, cela réduit sensiblement la dispersion du produit à côté du caisson de stockage.



Les contraintes mécaniques redoutées sur la structure de la moissonneuse ne se sont pas avérées. Il faut préciser que sur une saison, la durée de mise en marche du vibreur reste faible comparée au temps d'utilisation de la machine. A titre d'exemple, 70 ha correspondent à 140 vidanges de 3 à 4 minutes soit entre 9 et 10 h sur la saison.

Les autres avantages cités sont le faible encombrement de l'appareil. Aucun testeur n'envisage son démontage après saison.

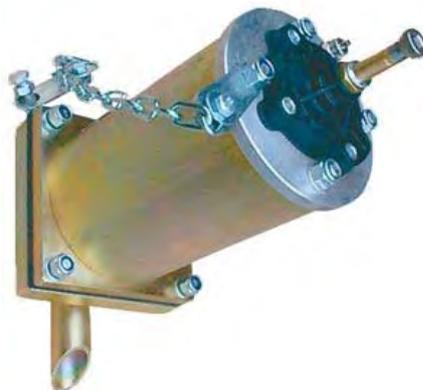
Enfin le coût d'achat (environ 300 € HT) est un critère jugé très positif au regard des performances de l'appareil. Du reste, certaines entreprises se disent prêtes à équiper une deuxième machine.

3.2. Le système pneumatique

3.2.1. Présentation

Cet équipement est aussi fabriqué par la société OLI France.

Le dispositif se compose de 3 canons à air de type PG-GUNJET.



Il vise également à éliminer les « cheminées » qui se produisent fréquemment dans les silos de stockage de produits pulvérulent légers.

Lorsque l'appareil est installé sur un silo, le jet d'air actionné par le canon a pour effet de libérer instantanément une grande quantité d'air comprimé, ce qui provoque un écroulement de ces cheminées et voûtes. Le déclenchement du canon à air se fait par une commande électropneumatique.

3 canons ont été installés dans la trémie :

- 1 canon PG063
- 2 canons PG040

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

	PG040	PG063
Longueur A	245 mm	285 mm
Diamètre B	105 mm	150 mm
Hauteur E	120 mm	150 mm
Volume d'air libéré à 6 bars	0,7 litre	2,3 litres
Force du jet d'air	6.2 kg	16.2 kg



3.2.2. Montage

Le montage a été réalisé par les chauffeurs d'une CUMA.

Très vite, le plan de montage préconisé par le fabricant (fig.5) s'est avéré impossible à réaliser sur la machine. En effet, pour diriger le jet au plus près de la vis de vidange, il faut installer les canons à l'extérieur de la trémie. Or, il n'y a ni espace ni d'accès sous le fond de trémie pour le faire.

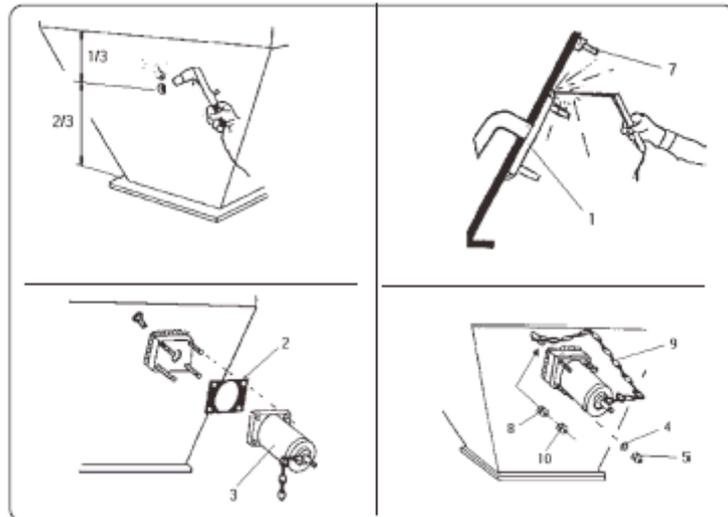


fig.5 : montage théorique des canons à air

Les chauffeurs ont donc suspendu les 3 canons en haut de trémie. Les 2 plus petits sont alignés d'un côté de la trémie, le plus grand est de l'autre côté.



Des tuyaux souples sans buses de diffusion dirigent l'air vers le fond de trémie.



L'alimentation en air comprimé est possible grâce au compresseur équipant d'origine la machine. Les caractéristiques du compresseur ont imposées la mise en place d'une cuve additionnelle de réserve d'air.

Caractéristiques du compresseur à air :

- réserve d'air = 53 litres,
- débit max = 17 m³/heure,
- pression max = 8,26 bars.



cuve d'air ajoutée

Le circuit électrique se compose de 2 faisceaux. L'un relie les 2 canons plus petits à un premier bouton poussoir dans la cabine, l'autre relie le plus grand canon au deuxième bouton.

3.2.3. Résultats

Seulement 8 ha ont été récoltés avec le système pneumatique, ils n'ont pas pu être observés. L'évaluation s'est donc faite à partir d'un entretien avec les chauffeurs.

Les chantiers ont concerné du ray grass anglais avec une tige penchée.

Le taux d'humidité moyen varie entre 23 et 25 %

La machine a tourné à une vitesse moyenne de 3 Km/h.

Il faut ajouter que pour des raisons de coût, ce dispositif ne peut être aménagé que sur des machines déjà dotées d'un compresseur d'air. Environ 10 % des moissonneuses dans le parc actuel sont concernées. Ce système est donc très sélectif.

Enfin, le coût global d'installation est estimé à environ 2 000 € HT répartis pour moitié entre les achats des canons à air et la main d'œuvre pour le montage.

3.3. Le ramassage après fauchage

3.3.1. Présentation

Dans ce troisième système, le mode de récolte s'appuie sur une organisation en deux temps :

- 1^{er} temps : coupe des porte-graines avec une faucheuse ordinaire à disques de 2 m 40 de largeur,
- 2^{ème} temps : 4 à 5 jours après la coupe, ramassage des rangs avec un tapis spécial à aiguilles de 5 m 30 de large - marque **Den Dekker**.



Le paramètre sur lequel joue cette technique est celui du taux d'humidité de la graine. Entre les deux phases opératoires, la graine s'assèche puisqu'elle n'est plus alimentée par le sol.

Par précaution, la machine est équipée d'un vibreur électrique fixé sur l'unique vis de vidange de la machine.



3.3.2. Montage

Le montage du tapis sur la coupe de la machine a été réalisé par un concessionnaire. Il a duré deux heures.

3.3.3. Résultats

Cette technique a été testée sur les 30 ha de ray grass anglaisensemencés. Deux chantiers ont pu être suivis et évalués à l'aide de la fiche d'essai (annexe 1).



Il faut signaler qu'un problème d'acheminement de pièces a retardé le montage du tapis de ramassage.

Celui-ci a été opérationnel **8 jours** après le début du fauchage. De ce fait, le planning prévisionnel de ramassage a été bouleversé et les résultats des essais en partie tronqués.

Le fauchage

Il a été réalisé sur 3 jours consécutifs un peu avant le stade de maturité et le matin au moment de la rosée pour réduire l'effet d'égrenage. La vitesse d'avancement du tracteur est entre 15 et 18 km/h.

La jupe de protection des disques a été relevée durant la coupe pour éviter le fouettage des porte-graines donc l'égrenage.

Le ramassage

Du fait de l'imprévu évoqué précédemment, le ramassage des andains a commencé 8 jours après le début de la coupe. Les taux d'humidité se situent entre 8 et 15%. La machine avance à une vitesse moyenne de 3 Km/h.

Deux jours après le début de ramassage, une panne (casse d'une fixation de tapis) a interrompu le chantier alors qu'il reste la moitié à récolter. La pluie s'est aussi mise à tomber.

La reprise du chantier s'est fait au 12^{ème} jour avec une graine présentant un taux d'humidité remonté entre 20 et 25 %. Des bourrages (enroulement des tiges sur la vis de ramassage) deviennent fréquents.

Les 4 derniers hectares ont été ramassés à J+14 jours avec un produit collant à plus de 30 % d'humidité et des surfaces de repousse d'herbe dans les andains.

Aptitude à faciliter la vidange

Chaque vidange s'est faite avec une trémie pleine (capacité 4,5 m³).

Lorsque la graine a un taux d'humidité inférieur à 16 %, l'écoulement du produit en fond de trémie se fait uniquement par gravité sans assistance. Avec un taux compris entre 16 et 25 %, le recours au vibreur électrique permet une efficacité complète de la descente. Cette performance descend à 50 % lorsque l'humidité des graines dépasse 25 %.

Fiabilité

Un élément de fixation du tapis s'est rompu en cours de récolte, imposant une interruption de chantier d'un jour et demi. Sinon, la montée des rangs sur le tapis s'est bien déroulée après la première journée de prise en main.

Impact sur la structure de la moissonneuse

Le fait de séparer les deux opérations (coupe et ramassage) a une incidence positive sur la moissonneuse. Les sollicitations mécaniques (moteur et organes de transmission) s'en trouvent très nettement atténuées puisqu'il faut moins de puissance pour ramasser.

Points de vigilance

Les utilisateurs formulent quelques observations.

Tout d'abord, les réglages du tapis (inclinaison, positionnement sur la coupe, tension) doivent être affinés pour faciliter la montée des graines et l'anti-patinage du tapis.



Le sens de ramassage du rang est déterminant. Il dépend du sens de coupe. Or, visuellement, surtout en travail de nuit, il est difficile de juger du sens d'entrée dans le rang.

La compatibilité des largeurs de coupe et de ramassage est un paramètre à appréhender pour ne pas être à cheval sur un andain lors du ramassage. Dans le cas présent, le tapis récolte 2 rangs à chaque passage.



Le délai optimal entre la coupe et le ramassage se situe entre 3 et 5 jours pour obtenir les meilleurs taux de germination.

Enfin, le succès de ce mode de récolte est corrélé à la précision des prévisions et la clémence des conditions météorologiques.

Conclusion et perspectives

Les essais de 3 dispositifs techniques destinés à faciliter l'écoulement dans la trémie de moissonneuse-batteuse et l'évacuation des graminées fourragères ont permis de vérifier que deux d'entre eux permettent d'aboutir à ce résultat.

Le vibreur électrique agit sur le phénomène de colmatage des graines au-dessus de la (des) vis de vidange de la machine en créant des vibrations suffisamment intenses et fréquentes pour casser la voûte ainsi créée.

Le ramassage après pré fauchage permet d'agir en amont en réduisant l'humidité de la graine, paramètre prépondérant dans le phénomène de voûte.

Les deux dispositifs sont très polyvalents puisqu'ils sont adaptables sur toutes les machines.

Ils représentent deux solutions de prévention pertinentes dans la mesure où ils permettent aux utilisateurs de s'affranchir d'une intervention de débouillage au-dessus ou à l'intérieur de la trémie en fonctionnement. Ainsi, deux interventions à risque sont supprimées, d'une part le risque de chute de hauteur en passant de la cabine à la trémie, d'autre part le risque de happement par la vis de vidange en marche.

Les résultats de ces essais ont été présentés et commentés le 14 octobre 2008 notamment aux représentants nationaux des constructeurs, aux concessionnaires locaux, aux sociétés de semence, aux organisations professionnelles des entreprises de travaux agricoles et CUMA.

L'unique perspective du projet est de voir ces équipements, voire d'autres aussi performants, être installés sur toutes les machines en service et à venir.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche essai

Annexe 2 : Photos de montage du vibreur

Fiche essai dispositif de vidange de trémie de Moissonneuse en récolte de ray grass

Nom évaluateur Date : heure début de récolte : durée du chantier :

Heures

Système testé : vibrateur électrique canon à air tapis ramassage

Entreprise récolteuse: client : surface parcelle : ... Ha

Caractéristiques du Chantier

Plante

Type : Ray grass italien Ray grass anglais Autres

État : humide tige penchée ou plaquée repousse

Taux humidité de la graine : %

Conditions climatiques

rosée couvert soleil hygrométrie : % HR

Machine chauffeur : nombre de campagne :

marque : John Deere New Holland Claas Massey Ferguson

type: nombre de campagne :

nombre vis vidange : 1 2

vitesse avancement : Km/h

Opérations de vidange

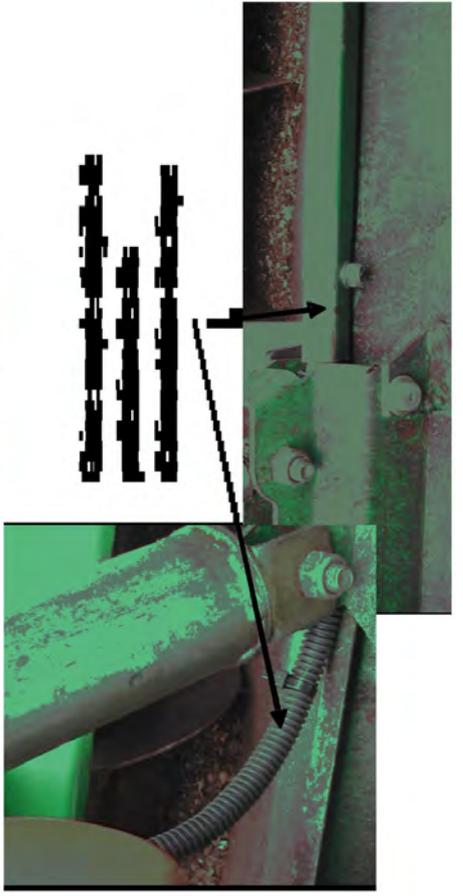
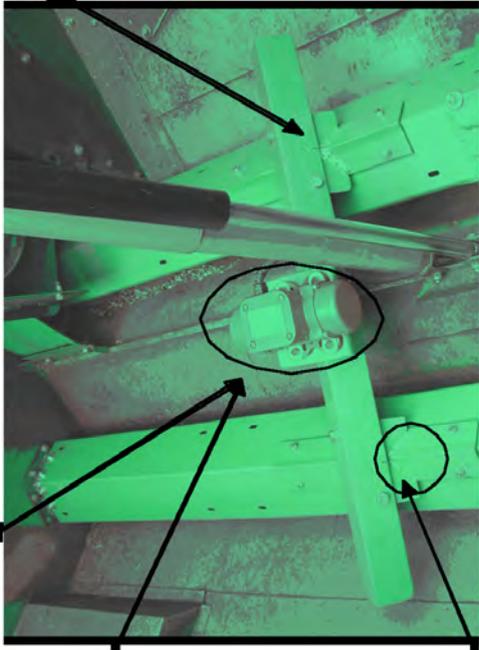
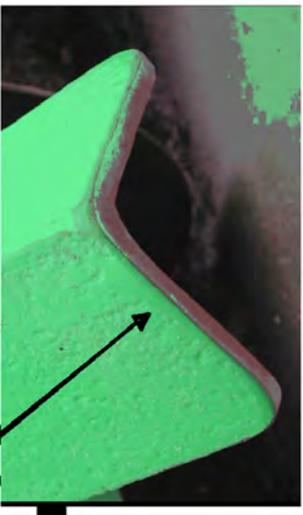
vidange	heure	Niveau remplissage trémie (pleine, ½, autre)	Nombre d'interruption s dans vidange	Utilisation système testé (oui / non)	
				nombre	% efficacité
1ere					
2eme					
3eme					
4eme					
5eme					

Observations commentaires :

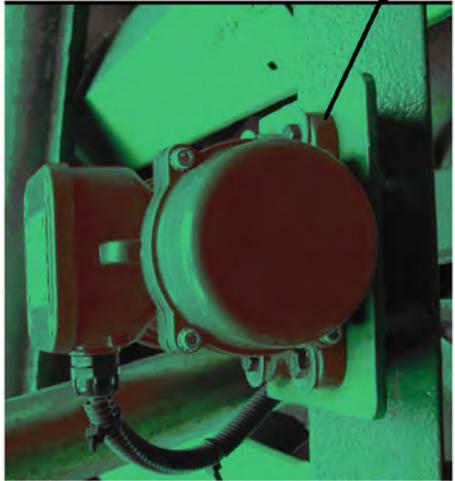
[Redacted]

**REPAIRS TO BE MADE TO THE FOLLOWING -
Average Condition Painting (CPA)**

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]



[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]



[Redacted]
[Redacted]



[Redacted]
[Redacted]

MSA Caisse Centrale

Santé-Sécurité au Travail

Les Mercuriales

40, rue Jean Jaurès

93547 Bagnolet Cedex

www.msa.fr

