

Essais de systèmes de nettoyage des cellules métalliques de type palplanches de stockage de grains

Dossiers techniques
n° 13 - décembre 2002

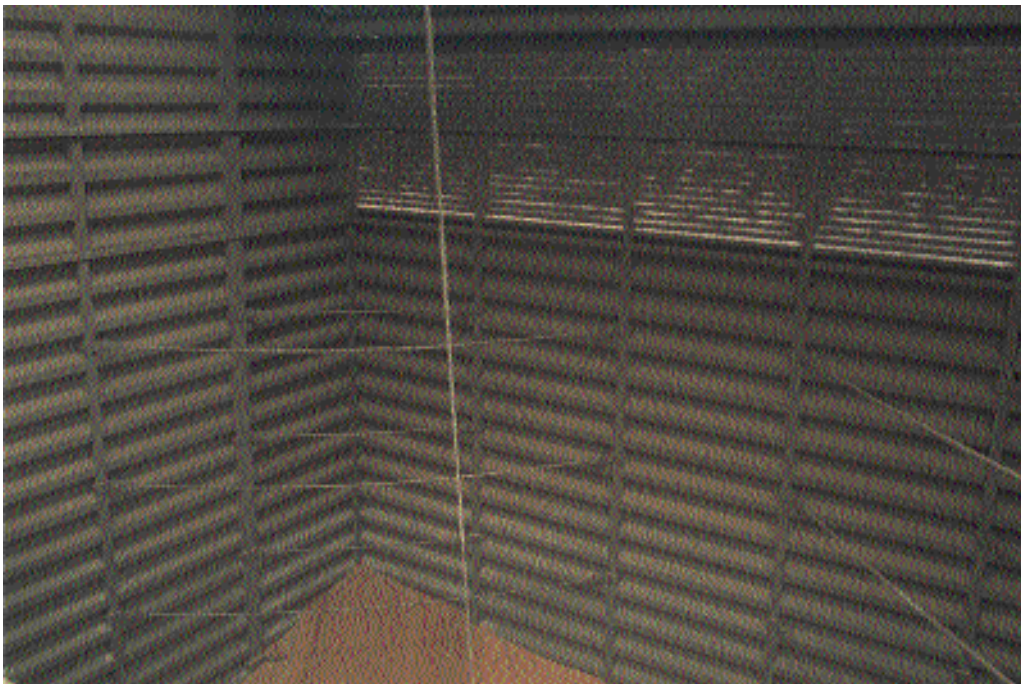


L'essentiel
et plus encore



santé
famille
retraite
services

**Essais de systèmes de nettoyage
des cellules métalliques de type palplanches
de stockage de grains**



1 - Objectif

L'objectif de ce document est de diffuser, auprès des préventeurs et des stockeurs de grains, les résultats d'une recherche de solutions techniques de prévention des risques professionnels liés au nettoyage des parois des cellules métalliques de type palplanches (photo). En effet, ce type de cellules favorise l'accumulation de grain sur les parois et oblige le nettoyage après chaque vidange, pour éviter les mélanges de grain et la présence d'insectes (qualité).

Cette recherche a été conduite par les coopératives Union SET (Sarthe et Indre-et-Loire), S.C.A.B. (Société Coopérative Agricole de BONNEVAL en Eure-et-Loir) et la Mutualité Sociale Agricole.

2 - Origine

Dans le cadre de l'évaluation des risques relevant de la responsabilité de l'employeur de main d'œuvre, la Direction de la coopérative agricole Union SET a chargé son animateur sécurité d'identifier et d'estimer les risques d'accidents dans l'activité de stockage de grains afin d'agir pour leur prévention.

L'animateur sécurité, avec l'appui des préventeurs de la MSA Orne-Sarthe et de la MSA Indre-et-Loire, a conduit une démarche d'analyse prospective des risques (connaissance du travail réel des agents de silo, identification des dangers, estimation de la probabilité et de la gravité potentielle des accidents, recherche des facteurs de risques, actions de prévention). Cette démarche s'est bien entendue appuyée sur la participation d'agents de silo dans le cadre de groupes de travail.

Les risques de chutes de hauteur et d'ensevelissements lors du nettoyage des parois des cellules palplanches sont apparus comme les plus importants (gravité potentielle très élevée = accident mortel, probabilité relativement

élevée surtout dans les silos centraux où le nettoyage représente environ 30 % du temps de travail).

L'identification des facteurs de risques a permis de décider d'actions de prévention comme :

- l'essai et la généralisation à terme d'équipement individuel anti-chute pour les descentes et remontées d'échelles,
- une consignation plus rigoureuse des vidanges et remplissages,
- une meilleure intégration des savoir-faire de prudence dans la formation des saisonniers,
- l'essai et la généralisation d'outils de nettoyage diminuant la pénibilité.

Malgré ces actions, il est apparu qu'un niveau de sécurité acceptable ne pourrait être atteint sans une modification des méthodes de travail. Celle-ci étant le nettoyage manuel avec balais et raclettes soit sur cellule vide en montant sur les tirants (risques de chutes de hauteur) soit par palier entre chaque chargement de train ou camion, l'agent marchant sur le grain (risques d'ensevelissements).

L'animateur sécurité d'Union SET et la MSA se sont alors intéressés à une méthode de nettoyage conçue et installée par l'entreprise Paul GOMES, méthode de nettoyage ne nécessitant plus le travail d'un agent à l'intérieur de la cellule.

Les équipements nécessaires à l'application de cette méthode de travail ont été installés dans des silos d'Union SET pour évaluation de leurs résultats en terme de sécurité, conditions de travail et efficacité.

Après avoir vu les installations sarthoises, la S.C.A.B. a conçu et installé un nouveau système. Les essais étant concluant sur une petite cellule, le groupe de travail réunissant conseillers en prévention MSA et chargés de sécurité de coopératives de la région Centre a souhaité étudier la faisabilité d'une adaptation du système S.C.A.B. aux grandes cellules.

Pour ce faire, le groupe a fait appel à un cabinet d'ingénierie (GD²R) qui a conçu et installé un nouveau système dans un silo d'Union SET.

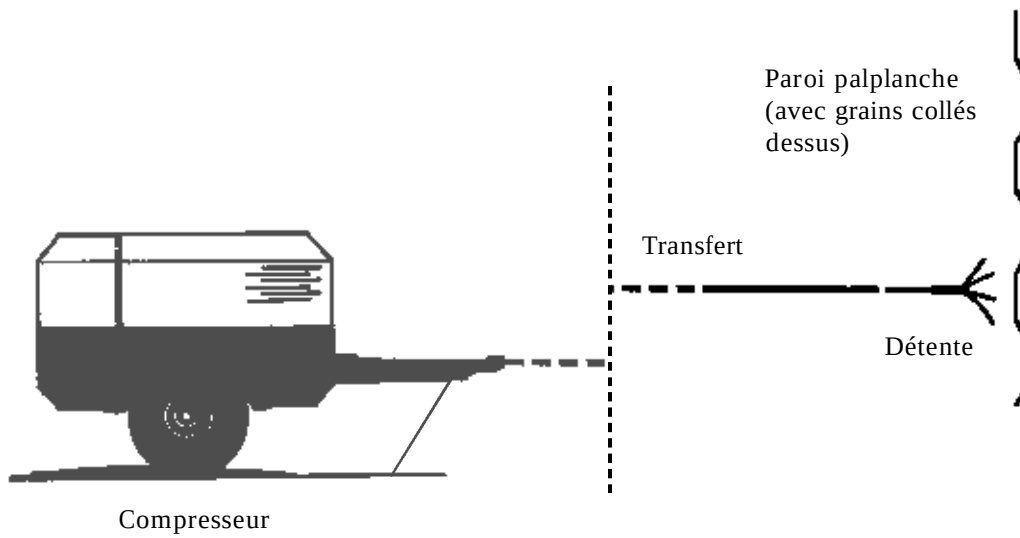


Schéma 1 : Principe des systèmes de nettoyage testés

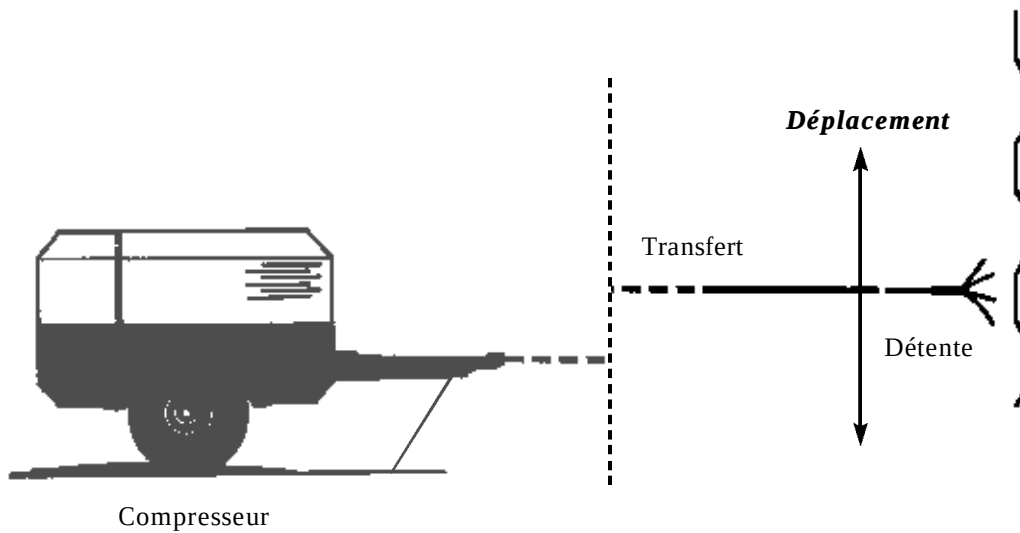
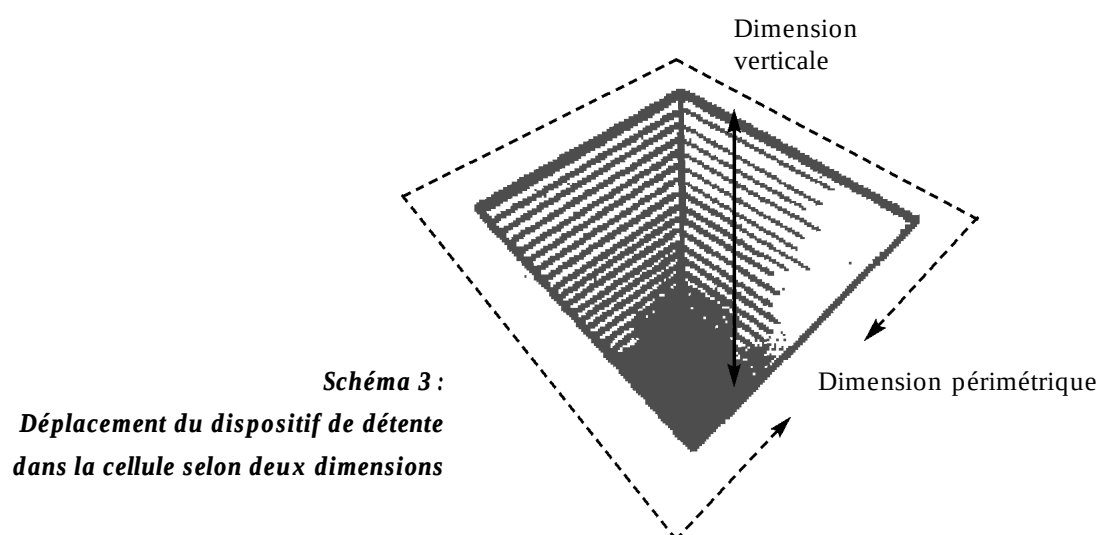


Schéma 2 : Principe de déplacement des systèmes de nettoyage testés



3 – Description des systèmes

Tous les systèmes présentés s'appuient sur une même idée : nettoyer les parois palplanches des grains restant accumulés après vidange en utilisant l'énergie libérée par la détente d'air comprimé.

Chacun des systèmes nécessite donc une source d'air comprimé (compresseur), un transfert de l'air comprimé jusqu'à la paroi (tuyaux), et un dispositif de détente (schéma 1).

Les systèmes testés vont différer par le transfert (notamment la dimension des tuyaux) et par le dispositif de détente.

Par ailleurs, pour nettoyer toute la surface de la paroi, le dispositif de détente doit être déplacé le long de cette paroi (schéma 2).

Le dispositif de détente devant évoluer le long d'une surface (la paroi), un moyen de déplacement selon deux dimensions est nécessaire : une dimension horizontale ou, plus précisément, périmétrique et une dimension verticale (schéma 3).

Aussi, les systèmes testés vont différer également par les moyens de déplacement du dispositif de détente.

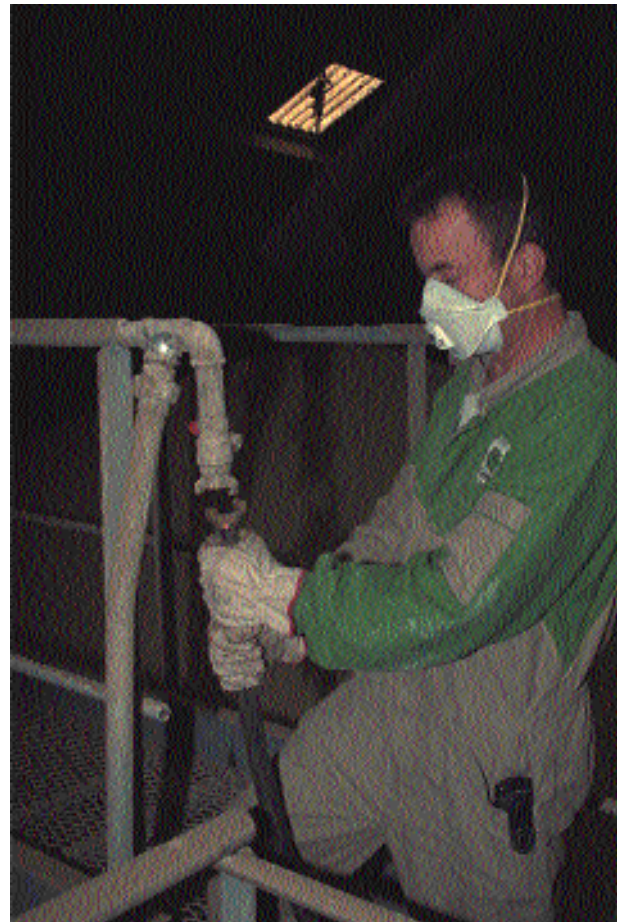


1. Compresseur

2. Transfert



3. Dispositif de détente



3.1 – Système « GOMES 4 passerelles »

Le système a été installé dans un silo d'Union SET sur une cellule de 10,60 m de côté et 15 m de hauteur (schéma 1).

- Le compresseur fournit 200 m³/ heure, la pression maximum est de 7 bars. Il s'agit d'un compresseur de chantier loué (photo 1).
- Le transfert est du tuyau de 20 mm de diamètre interne (photo 2).
- Le dispositif de détente est constitué de deux tuyaux souples de diamètre intérieur 8 mm (diamètre extérieur 13 mm) et de 50 et 70 cm de longueur. Un lest y est fixé pour maintenir ce dispositif près de la paroi (photo 3).
- Le moyen de déplacement :

Le déplacement périmétrique est assuré par l'installation d'une passerelle sur 3 côtés de la cellule. Avec la passerelle existante, le système comporte donc 4 passerelles.

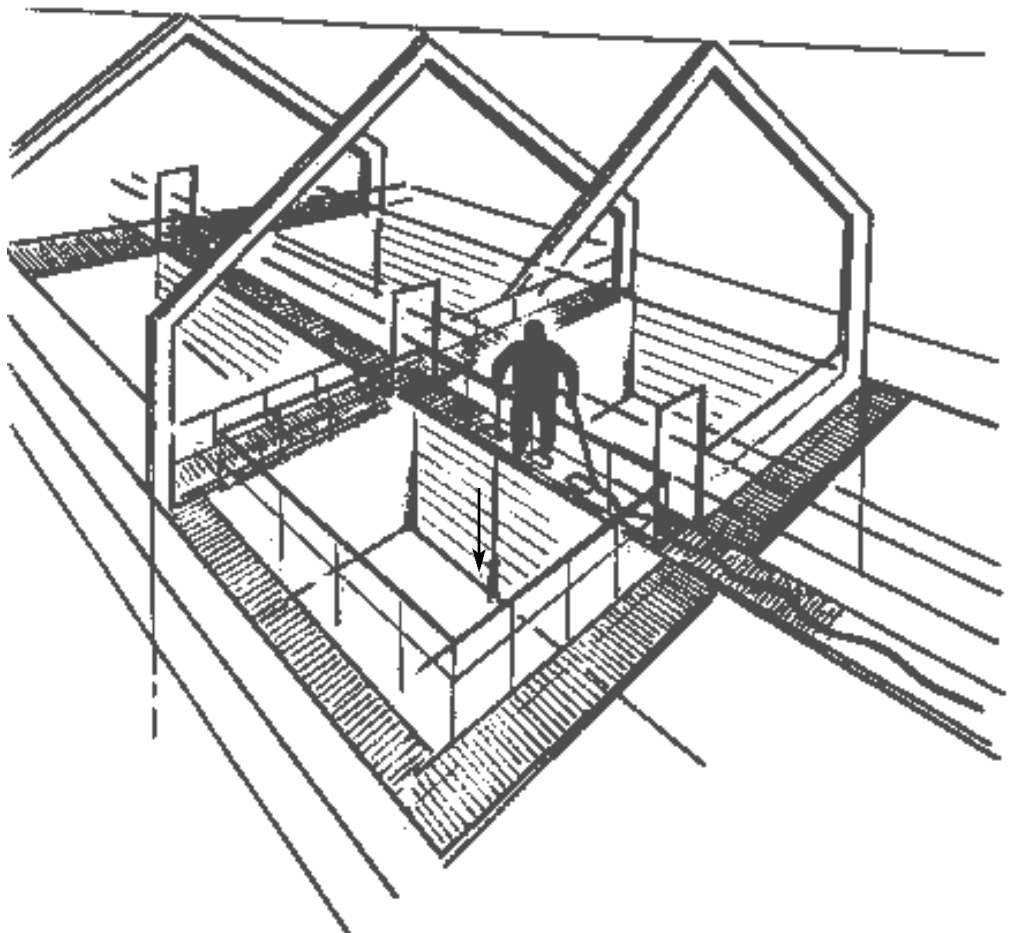
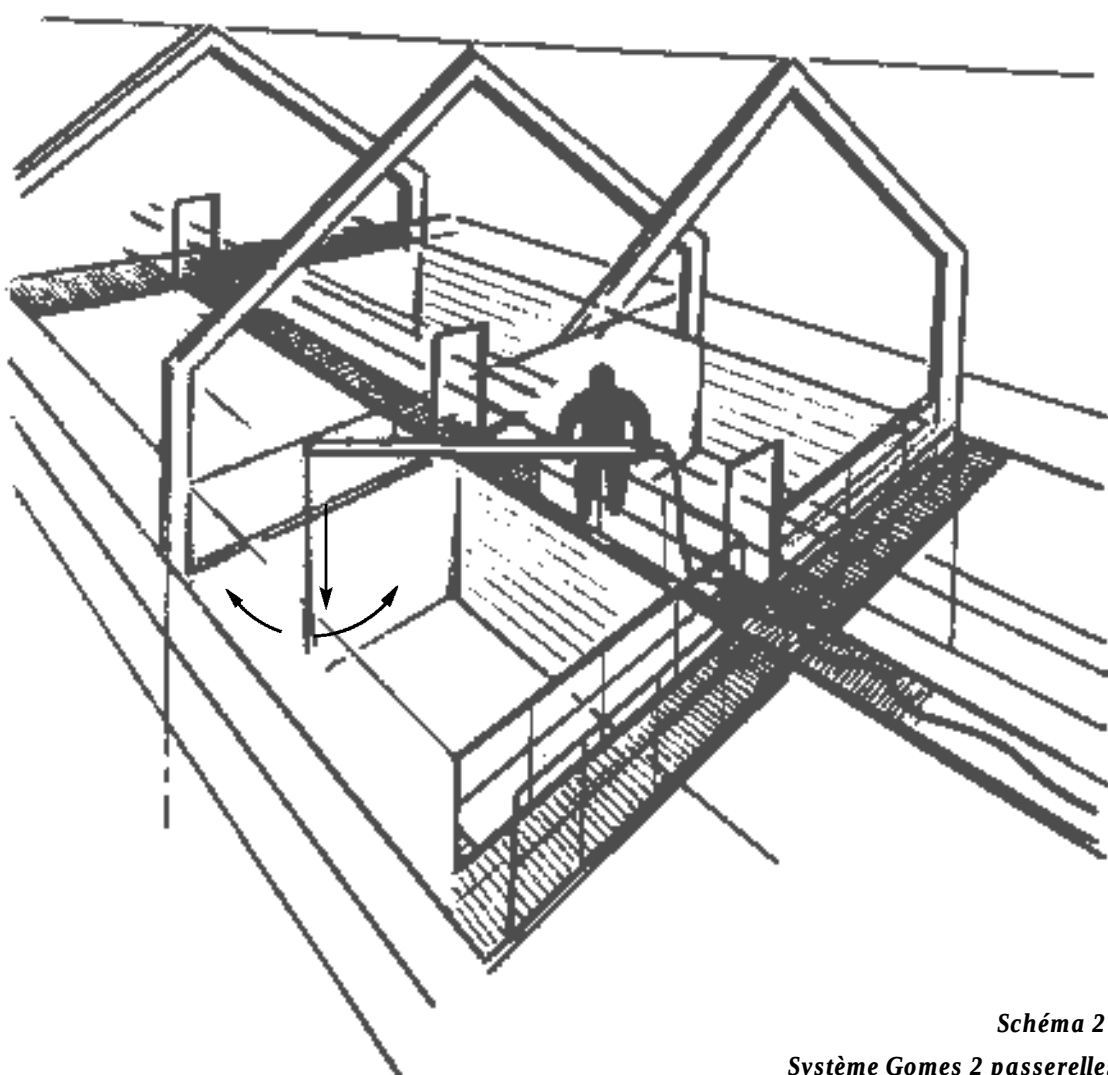


Schéma 1 :
Système Gomes 4 passerelles



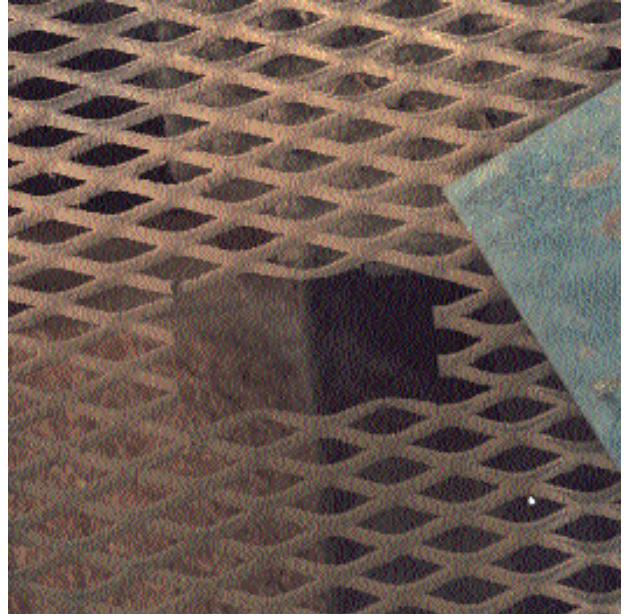
*Schéma 2 :
Système Gomes 2 passerelles*

Depuis cette passerelle, les agents font descendre le tuyau d'air comprimé le long de la paroi (photo 1).

Des ouvertures dans la passerelle existante sont nécessaires pour passer le tuyau (photo 2). Pour éviter ces ouvertures sur les nouvelles passerelles, celles-ci sont désaxées par rapport à la paroi.



1



2

3.2 – Système « GOMES 2 passerelles »

Ce système a été installé sur une cellule de 8 m de côté et 15 m de hauteur dans un silo d'Union SET (schéma 2).

Le compresseur, le transfert et le dispositif de détente sont les mêmes que pour le système précédent.

Le déplacement périmétrique est rendu possible par l'installation d'une nouvelle passerelle entre deux cellules et par la passerelle existante (le système comprend donc deux passerelles).



1

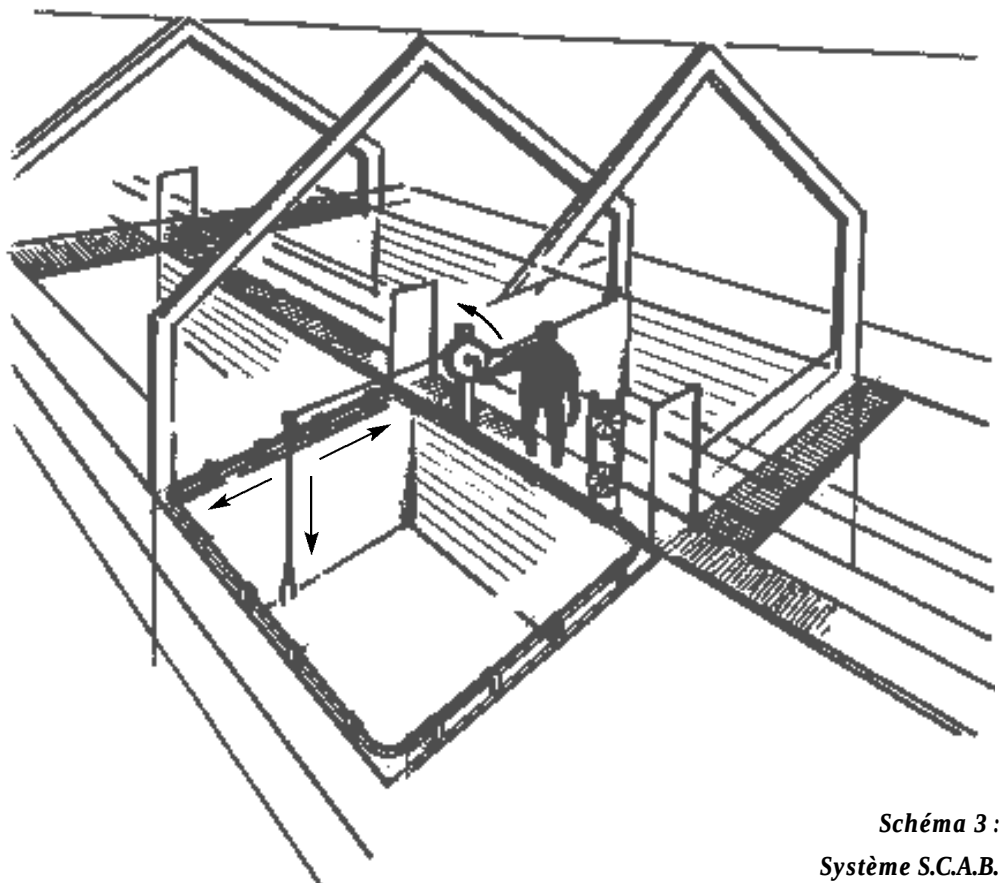


Schéma 3 :
Système S.C.A.B.

Le déplacement sur les deux côtés est assuré par la manutention d'un tube en aluminium, de 11 cm de diamètre et de 10 m de long (appelé «guide»), dont une des extrémités repose par un crochet sur un câble tendu à chaque coin (photo 1).

Le dispositif de détente est amené le long de la paroi par un passage du tuyau de transfert de l'air comprimé à l'intérieur du guide (photo 2).

Le déplacement vertical est assuré par le déplacement manuel du tuyau dans le guide, permis par le lest fixé au dispositif de détente (photo 3).



2



3

3.3 – Système « S.C.A.B. »

Le système a été installé dans un silo de la SCAB, sur une cellule de 6 mètres de côté et 12 m de hauteur (schéma 3).

Le compresseur et le transfert sont semblables aux systèmes GOMES.



1



2

Le dispositif de détente est identique dans son principe à celui du système GOMES (photo 1).

Ce système diffère des systèmes GOMES essentiellement par les moyens de déplacement.

Le déplacement périmétrique est permis grâce à un rail périmétrique dans lequel circule un chariot (photo 2).

Ce chariot est tiré par un câble glissant à l'intérieur du rail sous l'action d'une manivelle manutentionnée par l'agent depuis la passerelle (photo 3).

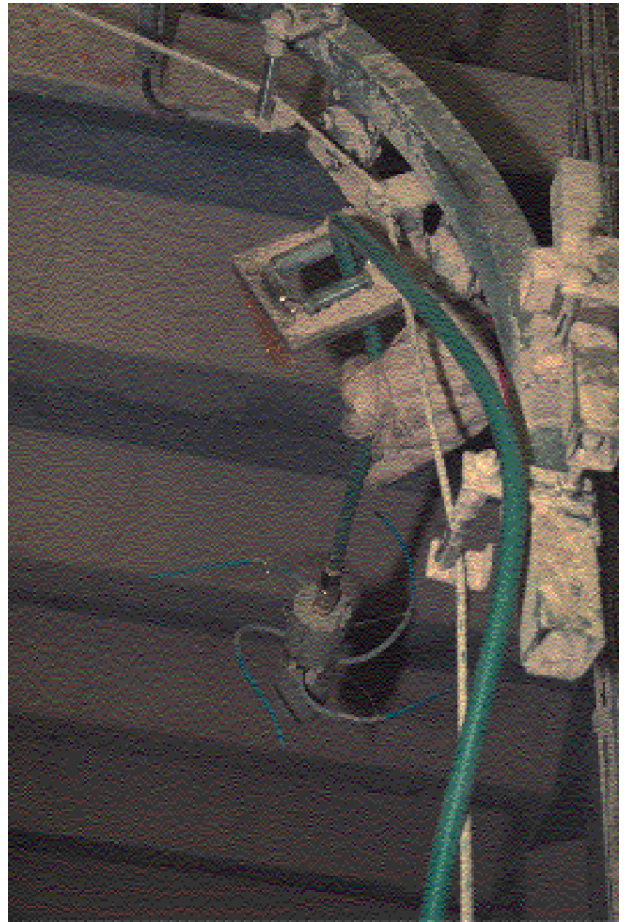
Le déplacement vertical est permis par une poulie fixée au chariot et un lest fixé à l'extrémité du tuyau (photo 4).



3



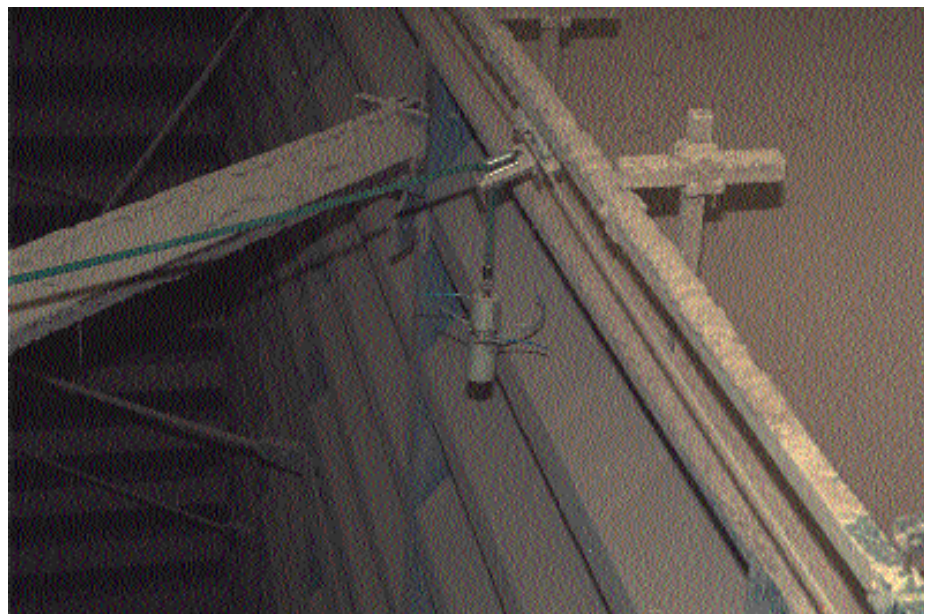
4



1



2



3

3.4 – Système «GD²R»

Installé dans un silo d'Union SET, sur une cellule de 13,60 m de côté et 15 m de hauteur, ce système reprend les principes de déplacement périmétrique du système S.C.A.B (cf schéma 3, p. 13).

Cependant, le câble de traction du chariot est extérieur au rail afin de réduire les frottements (photo 1).

Le transfert de l'air comprimé est de dimension plus réduite (diamètre 15 mm) (photo 2).

Le dispositif de détente est rotatif (photo 3).



4 – Résultats des essais

Les essais réalisés visaient à évaluer les systèmes de nettoyage selon un point de vue de sécurité et un point de vue économique.

Le point de vue de la sécurité comprend : les risques de chutes, le risque d'ensevelissement, le risque d'inhalation de poussière, le risque d'explosion, la fatigue et la pénibilité, le bruit.

Le point de vue économique comprend : l'efficacité du nettoyage (qualité, temps de nettoyage), les charges d'entretien, les investissements.

4.1 – Système « GOMES 4 passerelles »

4.1.1 - Point de vue économique

La qualité du nettoyage, équivalente à celle du nettoyage manuel, est très satisfaisante. La rapidité également, puisque le système nettoie en moyenne 5 m² / minute (temps d'installation non compris) contre 2 à 2,5 m² nettoyés manuellement par un agent en une minute.

Le temps d'installation peut être évalué à 30 minutes environ. Celui-ci comprend le transport du tuyau et du dispositif de détente à côté de la cellule à nettoyer, le déroulage du tuyau, les branchements et le démarrage du compresseur.

Cette installation étant réalisée sur plusieurs cellules, ces dernières peuvent être nettoyées à la suite. Le rangement nécessite également environ une demie-heure de travail.

L'installation et le nettoyage peuvent être réalisés par une seule personne. Les charges d'entretien sont négligeables.

Le montant de l'investissement total par cellule (main-d'œuvre et matériel, hors compresseur) pour 8 cellules installées, a été de 4 000 € ⁽¹⁾ par cellule de 10,60 m de côté, soit environ 100 € par mètre périmétrique.

La location du compresseur a coûté 75 € de mise à disposition, plus 45 € par jour (l'achat du compresseur a été évalué à 10 800 €).

Il faut noter que les passerelles supplémentaires peuvent également servir d'accès pour le nettoyage des charpentes (avec cannes télescopiques) et des aérations, réduisant ainsi les coûts et les risques liés à ces tâches.

4.1.2 - Point de vue de la sécurité

Comme dans les autres systèmes essayés, les risques de chutes et d'ensevelissement sont supprimés du fait que les agents restent sur la passerelle.

La pénibilité est également fortement réduite par rapport au nettoyage manuel.

Le système soulève de la poussière dans l'atmosphère, et ceci d'autant plus que cette dernière est sèche. Mais, de par sa position sur la passerelle, l'agent est beaucoup moins exposé que lors du nettoyage manuel au balai. Le port d'un filtre facial est cependant recommandé (type P2 minimum).

L'humidification de l'air comprimé, afin de réduire la mise en suspension de la poussière, serait à tester.

Bien que la mise en suspension de poussière soit inférieure à celle d'une vidange pneumatique, l'utilisation du système nécessite l'application d'une procédure rigoureuse interdisant les sources de chaleur dans le silo nettoyé (type permis de souffler).

Le bruit mesuré, lors du fonctionnement du système, est de 87 dBA dans les conditions les plus défavorables. Aussi, des protections auditives doivent être portées en cas d'exposition de plusieurs heures.

⁽¹⁾ Tous les montants sont en euros H.T.

4.2 – Système « GOMES 2 passerelles »

4.2.1. – Point de vue économique

La qualité et la rapidité de nettoyage sont équivalentes à celles du système précédent.

L'installation et le rangement sont également évalués à une demie-heure chacun, mais la mise en place du guide nécessite deux personnes.

Les coûts d'utilisation sont comparables au système précédent.

Par contre, le câble tendu sur deux côtés à la place de passerelles a réduit l'investissement total (main d'œuvre et matériel, hors compresseur) : environ 1 300 € par cellule de 8 m de côté, pour huit cellules installées, soit 40 € par mètre périmétrique.

4.2.2 – Point de vue de la sécurité

La sécurité est comparable au système précédent, pour une cellule de 8 m. Par contre, pour des cellules plus grandes, la pénibilité des manutentions va croître avec la longueur de guide nécessaire. De plus, le risque de chutes du guide dans la cellule pourrait augmenter avec l'encombrement de celui-ci, entraînant des prises de risque potentiel pour le récupérer dans la cellule.



4.3.- Système «S.C.A.B.»

4.3.1. Point de vue économique

L'efficacité du nettoyage et les coûts d'utilisation sont comparables aux systèmes GOMES.

L'investissement total (main d'œuvre et matériel, hors compresseur) est évalué à 1 200 € par cellule de 6 mètres pour l'installation de huit cellules, soit environ 50 € par mètre périmétrique.

4.3.2 – Point de vue de la sécurité

Pour une cellule de 6 m de côté, la sécurité et les conditions de travail sont comparables au système GOMES 4 passerelles, c'est-à-dire très satisfaisantes.

Au-delà de 6 m, les frottements du câble de traction du chariot dans le rail augmenteront certainement avec la taille de la cellule jusqu'à rendre le déplacement périmétrique du chariot pénible, voire impossible.

De plus, la masse de tuyau pendant entre le chariot et l'agent va croître avec la dimension de la cellule (photo). Si pour une cellule de 6 m, cette masse est contrebalancée par le lest du dispositif de détente et permet la descente de ce dernier, au-delà de 6 m des problèmes apparaîtront : difficulté de descente du dispositif de détente ou nécessité d'augmenter le poids du lest et donc la pénibilité à la remontée.

4.4 – Système «GD²R»

4.4.1 – Point de vue économique

La qualité du nettoyage est équivalente aux autres systèmes, par contre la rapidité est très inférieure, puisque les tests évaluent la surface nettoyée à

1 m² / minute (contre 2 à 2,5 m² / minute manuellement, et 5 m² / minute avec les systèmes GOMES et S.C.A.B.). Ces faibles performances sont dues à la diminution de diamètre du tuyau et donc du débit d'air.

De plus, le système GD²R ne permet pas un nettoyage de la paroi sous la passerelle, faute d'une visibilité suffisante. En effet, la faible puissance de nettoyage contraint à un positionnement très précis du dispositif de détente et donc à une visibilité de la surface en cours de nettoyage, or la passerelle masque cette dernière. La paroi sous la passerelle devrait donc être nettoyée avec le dispositif de détente et le tuyau utilisés par les systèmes GOMES ou S.C.A.B.

L'investissement calculé est de 2 600 € par cellule de 13,60 m de côté, pour l'installation sur huit cellules, soit 50 € environ par mètre périmétrique.

4.4.2 – Point de vue de la sécurité

Ce système est comparable aux autres systèmes avec cependant un niveau de bruit inférieur (80 dBA).

La mise en suspension de la poussière est faible.

La réduction de diamètre du tuyau diminue la masse linéaire de celui-ci, rendant le ballant entre l'agent et le chariot moins important que le système S.C.A.B. Aussi, la manutention du tuyau sur une cellule de 15 m est, sinon aisée, du moins possible.

Le câble de traction du chariot étant extérieur au rail périmétrique, les frottements sont diminués, rendant possible après démultiplication le déplacement à la manivelle.

En définitive, l'adaptation par GD²R du système S.C.A.B. à une cellule de 13,60 m de côté se fait au prix d'une baisse de performance importante.



Synthèse

Pour les petites cellules de moins de 8 mètres de côté, les systèmes « GOMES 2 passerelles » et « S.C.A.B. » permettent un nettoyage efficace en sécurité pour un investissement réduit.

Pour les grandes cellules (côtés supérieurs à 8 m), les difficultés de manutention (du guide ou du ballant de tuyau) rendent ces systèmes pour l'instant inadaptés.

Pour les grandes cellules (côtés supérieurs à 8 m) le seul système testé, alliant efficacité de nettoyage et conditions de manutention correctes, est le système « GOMES 4 passerelles ».

Ce système entraîne un investissement plus important que les autres systèmes, mais permet le développement de solutions de nettoyage des charpentes et des aérations (photo).

Les systèmes GOMES et S.C.A.B. apportent un gain de productivité important par rapport au nettoyage manuel au balai. Nous estimons qu'ils sont au moins deux fois plus rapides.

Le système GD²R, satisfaisant du point de vue de la sécurité et de la qualité du nettoyage, est par contre fortement handicapé par sa lenteur.

SYSTÈME DE NETTOYAGE DES CELLULES PALPLANCHES DE STOCKAGE DE GRAINS

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ESSAIS

Système	Principe	Intérêts	Limite
GOMES 4 passerelles	• Moyen de déplacement : passerelles sur 4 côtés • Transfert de l'air comprimé dans tuyau de diamètre interne 20 mm • Dispositif de détente : deux tuyaux simples de diamètre 8 mm (diamètre extérieur : 13 mm), 50 cm et 70 cm de longueur	• Efficacité du nettoyage • Facilité de manutention y compris sur les grandes cellules (> 8 m) • Utilisation possible des passerelles pour le nettoyage des charpentes et des aérations • Simplicité, fiabilité • Sécurité	Montant de l'investissement supérieur à celui des autres systèmes
GOMES 2 passerelles	• Moyen de déplacement : passerelles sur 2 côtés et guide glissant sur câbles tendus sur 2 côtés • Transfert de l'air comprimé dans tuyau de diamètre interne 20 mm • Dispositif de détente : deux tuyaux simples de diamètre 8 mm (diamètre extérieur : 13 mm), 50 cm et 70 cm de longueur	• Efficacité du nettoyage • Montant de l'investissement • Sécurité	Manutention difficile pour cellule de plus de 8 mètres de côté
S.C.A.B.	• Moyen de déplacement : rail + câble de traction de chariot extérieur au rail • Transfert de l'air comprimé dans un tuyau de 20 mm de diamètre interne • Dispositif de détente : deux tuyaux souples de 8 mm de diamètre et de 50 cm de longueur	• Efficacité du nettoyage • Montant de l'investissement • Sécurité	Pour cellule de plus de 8 m de côté : manutention difficile du tuyau, traction du chariot difficile (frottement du câble dans le rail)
GD²R	• Moyen de déplacement : rail + câble de traction de chariot extérieur au rail • Transfert de l'air comprimé dans un tuyau de 15 mm • Dispositif de détente rotatif	• Manutention du tuyau possible y compris sur grande cellule • Sécurité	Lenteur du nettoyage

Conclusion

Les essais réalisés montrent qu'il existe des solutions réalistes et sécuritaires du problème du nettoyage des parois de cellules de grain type palplanches déjà construites. De plus, des équipements de nettoyages efficaces et sûrs peuvent permettre un nettoyage plus systématique des cellules et ainsi un gain de qualité.

Pour les futures cellules, la résolution des problèmes de nettoyage dès la conception s'impose. Du travail en perspective pour les constructeurs, les stockeurs et les préventeurs.

Remerciements

Nous tenons à remercier pour leur participation à ce travail :

- La S.C.A.B., coopérative de Bonneval, et notamment Didier HEBERT, Daniel MENAGE et Olivier SOUCHET
- La CARD, coopérative de DREUX, et notamment Roger DAOUPHARS
- La coopérative SCAEL, et notamment Jean-Pierre LEMAIRE et Bernard POUGNET
- La coopérative AGRALYS, et notamment Jean BARBIER
- La coopérative UNION SET, et notamment Gilles ROBIN, Eric CHARGELEGUE et Patrice BRETTE
- Jean-Noël BRETON, Conseiller en prévention de la Mutualité Sociale Agricole du Loir-et-Cher
- Christophe COSME, Conseiller en prévention de la Mutualité Sociale Agricole d'Eure-et-Loir
- Benoist HEVIN, Conseiller en prévention de la Mutualité Sociale Agricole d'Indre-et-Loire
- Renaud NUYTS, Conseiller en prévention de la Mutualité Sociale Agricole Orne-Sarthe
- Isabelle PARRA, Ingénieur conseil en prévention de la Caisse Centrale de la Mutualité Sociale Agricole.

MSA Caisse Centrale

Santé Sécurité au Travail

Les Mercuriales

tél. 01 41 63 77 77

40, rue Jean Jaurès

fax 01 41 63 72 66

93547 Bagnolet Cedex

www.msa.fr info@msa.fr



santé
famille
retraite
services