



Améliorer le PS du blé tendre grâce au nettoyage : quelle efficacité et à quel coût ?

■ Sommaire

- Améliorer le PS du blé tendre grâce au nettoyage : quelle efficacité et à quel coût ?
- Nettoyage des grains : un outil pour gérer les populations d'insectes

■ Inscrivez-vous - Rappel

Si vous souhaitez recevoir cette lettre technique, merci de bien vouloir vous inscrire à l'aide du formulaire prévu :

<http://enquete.arvalis-fr.com>

Le nettoyage du blé améliore le poids spécifique (PS). Cet effet est bien connu des opérateurs de stockage, mais quel gain de PS espérer, peut-on maximiser ce gain de PS en modifiant les réglages du nettoyeur-séparateur, et quel sera le niveau de freinte engendré par ce nettoyage ? Les références techniques sur ces sujets sont rares. Des travaux¹, réalisés aux USA sur 12 appareils de nettoyage combinant tamisage et aspiration, ont permis de montrer l'effet significatif du nettoyage sur le PS. Les améliorations constatées sont toutefois relativement modestes : +0,2 kg/hl de gain de PS moyen, observées sur 80 nettoyages, et aucune information n'est donnée sur les freintes obtenues. Le rôle des différentes fonctions du nettoyeur (tamisage, débit grains, aspiration) n'est pas non plus exploré dans ce travail, et le modèle proposé, qui ne prend comme variable explicative que le PS initial n'explique que 14% de la variance observée.

En 2016, plus de la moitié des PS des blés tendres collectés étaient inférieurs à 74 kg/hl (*versus* 5% en moyenne quinquennale) (FranceAgriMer, 2016). L'amélioration du PS devint alors un enjeu majeur pour répondre aux exigences contractuelles et de ce fait, les facteurs d'efficacité du nettoyage pour améliorer ce PS se devaient d'être identifiés.

Quels sont les facteurs de réussite d'un nettoyage visant à améliorer le PS ?

Les performances d'un nettoyeur-séparateur dépendent *a priori* des facteurs suivants : débit de nettoyage, choix des grilles, niveau d'aspiration. La question que nous nous sommes posée était donc la suivante : quel(s) facteur(s) (ouverture de la grille de criblage, débit de nettoyage, aspiration, PS initial) est (sont) significativement associé(s) à un gain de PS ? Parmi ces facteurs, lesquels sont les plus importants dans le résultat attendu ? Les mêmes facteurs sont-ils associés à une freinte importante ? A l'inverse, existe-t-il un réglage permettant d'optimiser à la fois le gain de PS et le niveau de freinte.

Pour répondre à ces questions, nous avons mis en œuvre un plan d'expériences, de type factoriel complet, à l'aide d'un nettoyeur-séparateur de laboratoire (mini PEKTUS ROHR 200), d'un débit nominal de 200 kg/h (Figure 1). Les facteurs testés, et leurs niveaux respectifs, figurent en Tableau 1. Les 3 lots de blé tendre, choisis pour cet essai, ont été récoltés sur la ferme de Boigneville (92) en 2016 et présentaient un PS moyen de 71,5, 73 et 80 kg/hl.

Facteurs	Niveaux
PS initial (PS_{in})	71,5 ; 73 ; 80 (Kg/hl)
Grille de criblage (<i>grille</i>)	2*20mm ; 2,5*20mm
Débit d'aspiration (<i>aspi</i>)	Crans 1, 2 et 3
Débit grains (<i>débit</i>)	Crans 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,5 ; 4

Tableau 1 : Facteurs et niveaux par facteurs du plan d'expérience



Figure 1 : Nettoyeur-séparateur mini PEKTUS ROHR 200

¹ H.L. Kiser, 1992. Removing nonwheat material from Kansas wheat, Research report 16, Department of Agricultural Economics, Kansas State University

Ce plan factoriel conduit à réaliser 108 expériences (3 PS*2 grilles*3 aspiration*6 débits grains), dont 1/3 ont été répétées (soit un total de 144 expériences). 1 expérience consiste à nettoyer un lot de 26 kg de blé tendre, de mesurer le PS avant et après nettoyage, et de peser l'ensemble des freintes obtenues (fractions petits grains, gros déchets et déchets d'aspiration).

Le gain de PS (*gainPS*) moyen, obtenu lors de notre essai, était de 2,1 kg/hl, avec un minimum de 0,08 kg/hl et un maximum de 6,7 kg/hl. La freinte totale variait quant à elle de 0,6% à 41,4%, avec une moyenne de 8,1% (Tableau 2).

	PSin (kg/hl)	PSout (kg/hl)	grainPS (kg/kl)	Freinte petits grains (%)	Freinte aspi (%)	Freinte totale (%)
min	69,93	71,41	0,08	0,41	0,03	0,6
médiane	74,14	76,01	1,82	3,69	0,475	5,005
moyenne	74,73	76,84	2,105	6,644	1,423	8,067
max	79,64	81,00	6,690	41,20	15,47	41,35

Tableau 2 : Résultats des expériences, toutes modalités confondues

Les résultats ont été traités à l'aide d'une analyse de variance à plusieurs facteurs. Le modèle testé était le suivant :

$$gainPS = \beta_0 + \beta_1 PSin + \beta_2 grille + \beta_3 debit + \beta_4 aspi + \beta_5 PSin * grille + \beta_6 PSin * debit + \beta_7 PSin * aspi + \beta_8 grille * debit + \beta_9 grille * aspi + \beta_{10} debit * aspi + \varepsilon$$

Le PS initial et le débit du nettoyage sont significativement associés au gain de PS

Ce modèle explique 71% de la variance. L'analyse de la variance indique que le PS initial (*PSin*) et le débit de nettoyage (*débit*) sont significativement associés à un gain de PS. Il existe une interaction entre le PS initial et le débit. Autrement dit, plus le PS initial est faible et plus l'effet du débit sera fort sur le gain de PS. Ni l'ouverture de la grille, ni le niveau d'aspiration ne sont associés significativement au gain de PS. Ces effets sont illustrés en Figure 2.

La quantification de l'importance relative de chaque facteur montre à nouveau que PS initial et débit de nettoyage sont les facteurs qui expliquent le plus le gain de PS obtenu (Figure 3). Ensemble, ils expliquent plus de 65% du r^2 du modèle.

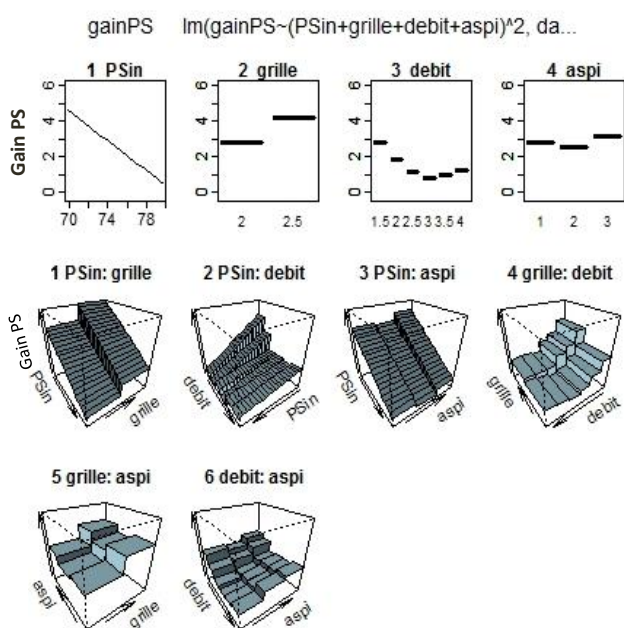


Figure 2: Effet des différents facteurs testés et de leurs interactions sur le gain de PS (en ordonnées : *gainPS*)

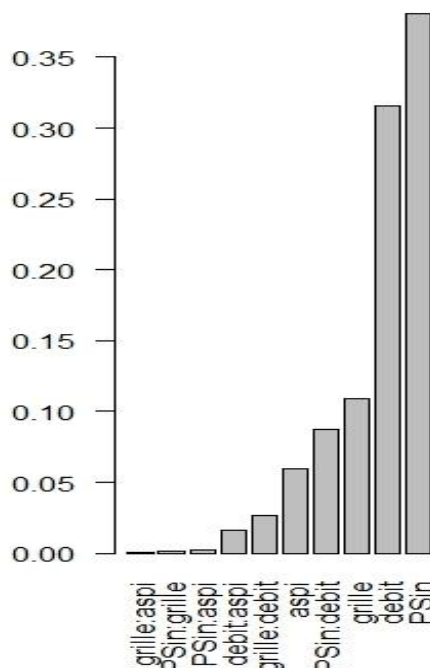


Figure 3 : Importance relative des différents facteurs sur le gain de PS

Le choix de la grille a un rôle prépondérant dans le niveau de freinte obtenu

Le même type d'analyses, réalisées sur la freinte totale, montre que l'ensemble des facteurs, à l'exception de l'aspiration, contribue significativement à la freinte totale. L'importance relative des facteurs met en évidence le rôle prépondérant du choix de la grille dans le niveau de freinte obtenu, suivi du débit et du PS initial (Figure 4).

Faire le choix d'ouvrir plus la grille de criblage pour améliorer le PS se révèle donc peu payant, puisqu'il n'améliorera pas significativement le PS du lot, mais engendrera une freinte importante. Afin de déterminer des règles de décision, deux analyses de discrimination ont été conduites, l'une sur le gain de PS, l'autre sur la freinte totale. Les arbres de discrimination obtenus sont présentés en Figure 5 et Figure 6.

La Figure 5 illustre qu'en termes de gain de PS, une coupure s'opère autour de 72 kg/hl de PS. Les lots qui présentent un PS supérieur ou égal à 72 kg/hl présentent un gain de PS moyen de 1,5 *versus* 3,3 pour les lots dont le PS est inférieur à 72 kg/hl. La Figure 6 montre que ces lots à très faibles PS (<72 kg/hl) peuvent être nettoyés en générant le moins de freintes possibles si l'on privilégie la grille de 2 mm par rapport à celle de 2,5 mm (6% de freintes *versus* 21%). Travailler à faible débit (1,5 ou 2) permet de doubler le gain de PS (4,8 *versus* 2,5 kg/hl) mais au prix d'une freinte plus de deux fois supérieure (9,2 *versus* 3,8). Le choix du débit dépendra donc du gain de prix espéré sur le marché grâce au gain de PS. Pour les lots dont le PS est supérieur ou égal à 72 kg/hl, la question du nettoyage se pose, car le gain attendu est plus faible (1,5). Si néanmoins un nettoyage est effectué, alors il faudra là encore privilégier la grille de 2 mm, car pour un gain de PS peu différent (1,1 *versus* 1,9 kg/hl), la freinte est quatre fois supérieure avec la grille de 2,5 (2% *versus* 8,5%).

En résumé, dans les conditions de réalisation de notre essai (PS initial variant de 69,9 kg/hl à 79,6 kg/hl), on retiendra les éléments suivants :

- Il est inutile, voire contre-productif, de changer la grille de criblage pour une ouverture plus grande car cela n'a qu'une faible incidence sur le gain de PS mais un impact majeur sur la freinte.
- Pour améliorer le gain de PS, il faut réduire le débit de nettoyage de plus de 50% (dans notre essai, niveaux 1,5 et 2). Ceci permet de doubler le gain de PS, mais double aussi le niveau de freinte. Ce choix dépendra donc des conditions de marché.
- Travailler sur l'aspiration n'a pas d'incidence majeure sur le gain de PS (ni sur la freinte d'ailleurs).

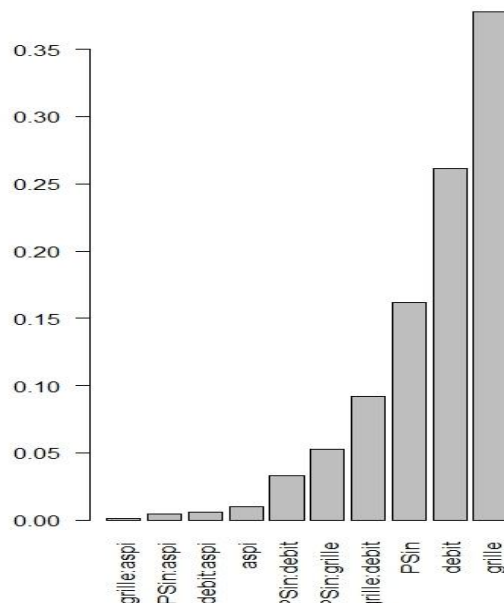


Figure 4 : Importance relative des facteurs sur la freinte totale

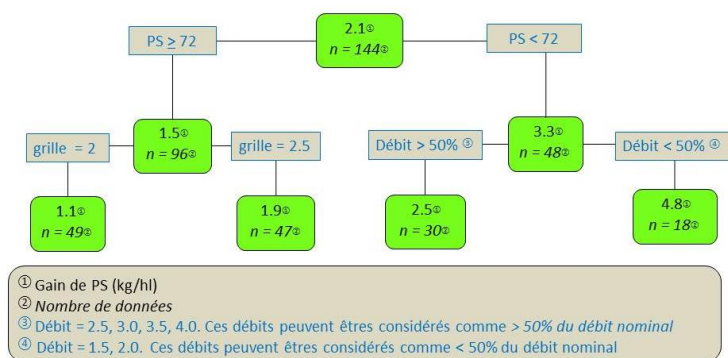


Figure 5 : Arbre de discrimination sur le gain de PS

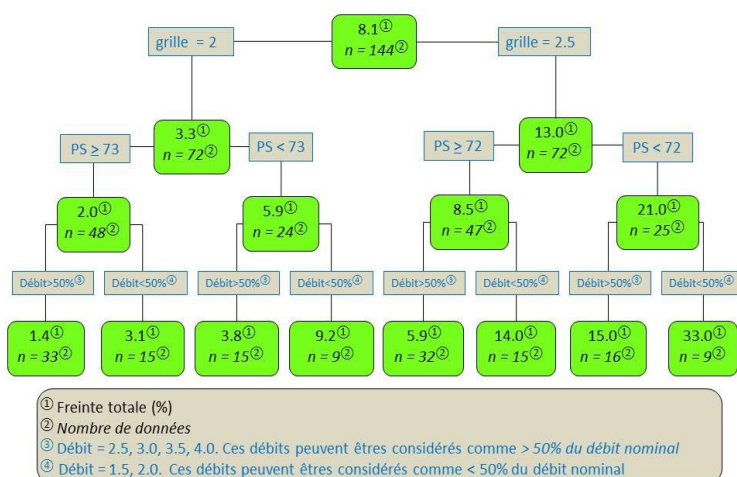


Figure 6 : Arbre de discrimination sur la freinte totale

Katell CREPON
k.crepon@arvalis.fr

Nettoyage des grains : un outil pour gérer les populations d'insectes

Il y a un an nous vous parlions de l'impact du nettoyage sur les niveaux d'infestation en insectes primaires (insectes capables de se développer dans le grain), (Bonnelly & Bareil, 2016). Il était alors question d'un essai mené à la PFMG visant entre autres à déterminer l'efficacité d'un nettoyage à 40% du débit nominal, *via* un nettoyeur-séparateur plan, d'un lot de blé tendre contenant en moyenne 50 charançons du riz morts/kg. Résultats : tous les insectes adultes morts pouvaient être séparés du lot, et ce notamment grâce à l'aspiration du nettoyeur. Au vu de nos résultats et de l'unique étude traitant de l'efficacité du nettoyage sur les insectes adultes vivants et sur leurs formes cachées (Armitage, Cook, & Duckett, 1996), le nettoyage était alors uniquement considéré comme un procédé « esthétique » permettant au lot de respecter des critères commerciaux, sans réellement impacter les populations d'insectes. Nous avons voulu vérifier cette hypothèse.

Afin de déterminer l'impact du nettoyage sur des populations d'insectes adultes vivants et sur leurs formes cachées, un essai a été mis en place à la PFMG sur les deux espèces d'insectes primaires les plus présentes en France : le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*) et le capucin des grains (*Rhyzopertha dominica*).

Effet du nettoyage ou du transilage des grains sur deux espèces d'insectes

Pour cet essai un nettoyeur-séparateur de laboratoire a été utilisé (mini PEKTUS ROHR 200).

Le blé infesté a été versé en continu dans la trémie d'alimentation, et les freintes de nettoyage pouvaient être récupérées individuellement formant les déchets d'émottage, de criblage, d'aspiration légers et d'aspiration mi-lourds. La grille d'émottage présentait des perforations rondes de 4,5 mm de diamètre, et celle de criblage des fentes de 2 x 20 mm. Le débit

grain mesuré était d'en moyenne 500 kg/h et le débit d'air a été réglé de sorte à récupérer un peu de bon grain dans les déchets mi-lourds.

Douze fûts de 120l de capacité contenaient chacun 90kg de blé. Le blé tendre utilisé pour cet essai était de la variété Pakito, cultivée en Agriculture Biologique, et présentait une teneur en eau de 14,9%. Avant le début de l'essai, le blé a été fumigé pour s'assurer de l'absence d'insecte. La moitié des fûts a été infestée en capucins des grains et l'autre moitié en charançon du riz. 5 insectes adultes/kg ont ainsi été introduits. Afin de générer des pontes, les insectes ont été maintenus sur le grain dans une salle régulée à 27°C et 67% d'hygrométrie durant 20 jours pour le charançon du riz et 28 jours pour le capucin des grains. Puis, deux traitements ont été appliqués sur les lots infestés par chacune des deux espèces : 4 fûts ont été nettoyés et 2 transvasés dans un autre fût (simulation d'un transilage).

Cinq sous-échantillons (rassemblés en un seul de 1kg) ont été prélevés avant et après traitement. Les insectes adultes ont ensuite été séparés de ces échantillons par tamisage (tamis de maille 2 mm) et les insectes présents dans l'échantillon de bon grain (après nettoyage) ont été dénombrés. Chacune des 4 freintes a été pesée et les insectes présents ont été comptés. Ces étapes ont permis d'évaluer l'efficacité du nettoyage sur les insectes adultes.

Les échantillons prélevés avant et après traitement (débarrassés de leurs insectes adultes) ont ensuite été incubés à 30°C et 70% d'hygrométrie durant 6 semaines pour le charançon du riz et 8 semaines pour le capucin des grains. Passés ces délais les formes cachées ayant émergé du grain ont été comptées. Ces étapes ont permis d'évaluer et de comparer l'efficacité du nettoyage et du transilage sur les formes cachées des insectes. La réduction d'émergence nette a été calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Réduction d'émergence nette (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Nombre d'adultes émergés vivants après}}{\text{Nombre d'adultes émergés vivants avant}} \right) \times 100$$

Le nettoyage a une efficacité quasi-totale sur les insectes adultes, notamment *via* l'aspiration

Tous les charançons du riz adultes ont été retirés des lots nettoyés. Pour les lots infestés en capucins des grains, seul un échantillon contenait toujours 1 adulte mort après nettoyage. Ainsi, les taux d'abattement engendrés par le nettoyage ont été systématiquement de 100% pour le charançon du riz et de 96,5±6,9% pour le capucin des grains.

Pour les deux espèces d'insectes primaires étudiées, la majorité des adultes a été récupérée dans les déchets d'aspiration mi-lourds (voir Figure 7). La part de charançons récupérée *via* l'aspiration est de 100% s'ils sont morts et de 90% s'ils sont vivants. Pour les capucins des grains, la part récupérée *via* l'aspiration est de 86,4% s'ils sont morts et 85,6% s'ils sont vivants. On note donc que l'on peut envisager de se contenter d'un pré-nettoyage seulement dans le cas d'un lot souillé par des charançons morts (après une longue période de froid, un traitement insecticide, une fumigation etc.).

Pour rappel, un pré-nettoyage réalisé à 40% du débit nominal avait permis d'obtenir un taux d'abattement de 85% (Bonnerly & Bareil, 2016). Dans tous les autres cas de figure un nettoyage des grains avec grille de criblage s'avère nécessaire. Là encore une réduction du débit de nettoyage est à prévoir (40-50% du débit nominal selon Bonnerly & Bareil (2016)).

Ces résultats sont cohérents avec notre essai mené sur la PFMG en 2015, au cours duquel nous avons constaté que l'efficacité du nettoyage sur charançons du riz était due d'abord à l'aspiration (85%) puis au criblage (15%). Ils sont également cohérents avec la littérature. En étudiant l'efficacité du nettoyage (nettoyeur séparateur de laboratoire) sur des lots infestés par 30 ou 200 charançons des grains par kilogramme, Armitage et al. (1996) ont constaté qu'environ 90% des insectes étaient captés par l'aspiration, le reste étant quasi-totalement récupéré dans les freintes de criblage.

Les freintes enregistrées lors de notre essai étaient en moyenne de $1,9 \pm 0,64\%$. Elles étaient dues notamment au criblage, suivi de la fraction d'aspiration mi-lourd. Une attention toute particulière doit être portée à la gestion des freintes après un tel nettoyage. En effet, pour le taux de freintes précédemment indiqué et pour des lots infestés à hauteur de 5 insectes/kg, la concentration moyenne en insectes dans les freintes était de 261 ± 73 insectes/kg. En l'absence de traitement cela constitue une potentielle source de contamination pour d'autres lots sur un même site.

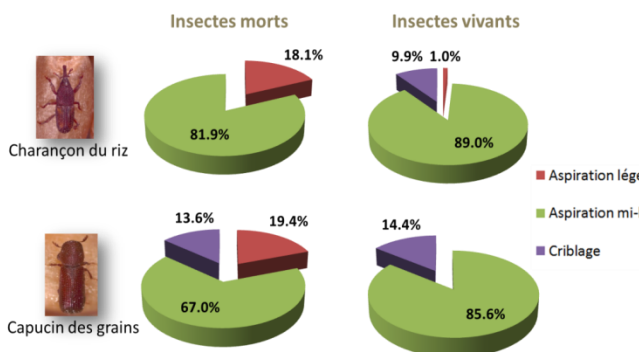


Figure 7 : répartition des insectes adultes dans les freintes de nettoyage

Le mouvement du grain aurait un impact direct sur les formes cachées des insectes

L'analyse de la covariance menée sur nos données a révélé que la réduction d'émergence nette des formes cachées dépend de l'espèce d'insecte et du niveau d'infestation initial en formes cachées ($r^2=0,75$). Malgré le fait que des niveaux élevés de réduction d'émergence ont été observés, la différence entre nettoyage et transilage des grains n'est pas significative. Autrement dit, la réduction d'émergence nette

causée par un mouvement du grain (nettoyage ou transilage) dépend du niveau d'infestation initial en formes cachées, et la forme de cette corrélation dépend de l'espèce d'insectes (voir Figure 8).

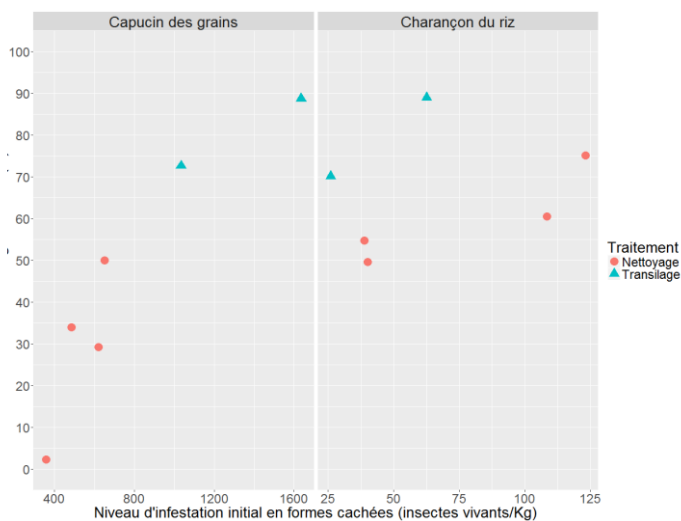


Figure 8 : impact sur les formes cachées d'insectes primaires selon que le grain est nettoyé ou transilé, en fonction du niveau d'infestation initial

Ainsi pour le capucine des grains la relation entre réduction d'émergence nette et niveau d'infestation initial est très claire, et statistiquement significative ($r^2=0,84$). Pour le charançon du riz on constate une réduction d'émergence qui semble constante, en moyenne de $67 \pm 15\%$, et qui ne dépend pas significativement du niveau d'infestation initial ($r^2=0,07$). L'explication de la différence de réaction entre les deux espèces peut résider dans leurs cycles biologiques respectifs. En effet, contrairement aux charançons, le capucine des grains ne pond pas directement dans le grain. La femelle dépose les œufs à l'extérieur des grains. L'œuf et le 1^{er} stade larvaire sont ainsi libres (les suivants sont capables de pénétrer), et sont potentiellement plus sensibles aux perturbations environnementales.

Ainsi, puisqu'il n'y a pas de différence significative entre l'effet d'un nettoyage et d'un transilage mais qu'une mortalité des formes cachées est systématiquement observée, il semble qu'un simple mouvement du grain (même léger) puisse les impacter. Le peu d'études ayant traité le sujet confirme cela et précise les conditions de succès.

Deux études ont en effet clairement démontré que la mortalité causée par une chute de grain dépend de la sévérité du choc (hauteur de chute), de la fréquence d'application et du stade de développement de l'insecte (Bailey, 1969; Joffe & Clarke, 1963). Des chutes de 1,73m de hauteur appliquées 2 fois par semaines ou 1 fois par jour ont respectivement permis d'obtenir 73% et 100% de mortalité des formes cachées du charançon des grains (Bailey, 1969) et 63% et 97% de mortalité des formes cachées du charançon du riz (Joffe & Clarke, 1963). En appliquant un choc

équivalent à une chute de 3,32m de hauteur, deux fois par semaine, Bailey (1969) a même obtenu 100% de mortalité des formes cachées du charançon des grains. Une hauteur de chute davantage comparable à un transilage en OS a été étudiée par Joffe & Clarke (1963) : des chutes de 11m, 2 fois par mois peuvent réduire de 76% l'infestation en formes cachées du charançon du riz. Concernant les stades de sensibilité aux chocs mécaniques, ces deux études s'accordent à dire que le dernier stade larvaire et la nymphe (stades « pré-adultes ») sont de loin les plus sensibles. Bailey (1969) en a apporté la preuve en mettant en évidence des distorsions physiques évidentes chez les nymphes. Tous ces éléments sont entérinés par des recherches plus récentes sur le sujet (Facknath, 2006; Suleiman, Rosentrater, & Chove, 2016).

La précédente étude ayant évalué l'efficacité du nettoyage des grains comme moyen de lutte considérait la technique comme pleinement efficace sur les insectes secondaires (développement strictement externe au grain) mais sans intérêt sur les insectes primaires (Armitage et al., 1996). Notre étude contredit cela, et suggère qu'un nettoyage des grains réalisé à intervalle régulier sur une infestation détectée précocement peut permettre d'atteindre une mortalité très élevée voir totale des formes cachées.

Références bibliographiques

Armitage, D. M., Cook, D. A., & Duckett, C. (1996). The use of an aspirated sieve to remove insects, mites and pesticides from grain. *Crop Protection*, 15(8), 675–680.

Bailey, S. W. (1969). The effects of physical stress in the grain weevil *Sitophilus granarius*. *Journal of Stored Products Research*, 5(4), 311–324.

Bonnery, A., & Bareil, N. (2016, avril). Impact du nettoyage sur les niveaux d'infestations en insectes primaires. *Lettre Stock@ge*.

Facknath, S. (2006). Combination of neem and physical disturbance for the control of four insect pests of stored products. *International Journal of Tropical Insect Science*, 26(01), 16–27.

Joffe, A., & Clarke, B. (1963). The effect of physical disturbance or « turning » of stored maize on the development of insect infestations—II. Laboratory studies with *Sitophilus oryzae* (L.). *South African Journal of Agricultural Science*, 6, 65–84.

Suleiman, R., Rosentrater, K. A., & Chove, B. (2016). Periodic Physical Disturbance: An Alternative Method for Controlling *Sitophilus zeamais* (Maize Weevil) Infestation. *Insects*, 7(4), 51.

Nicolas BAREIL
n.bareil@arvalis.fr

Phloème
1^{ères} biennales de l'innovation céréalière
24 et 25 janvier 2018
Paris