



Lettre technique d'ARVALIS

Février 2022 - n° 17

Sur le stockage des grains

SOMMAIRE

Refroidissement et nettoyage des grains : le combo gagnant pour maîtriser une infestation au stockage ? Pages 1 - 4

Comparaison de 4 méthodes de détection d'insectes Pages 5 - 6



INSCRIVEZ-VOUS

Si vous souhaitez recevoir cette lettre technique, merci de bien vouloir vous inscrire à l'aide du formulaire prévu sur le site Venti-LIS® :

<https://www.arvalis-infos.fr/demande-d-informations-@/view-127->

REFROIDISSEMENT ET NETTOYAGE DES GRAINS : LE COMBO GAGNANT POUR MAÎTRISER UNE INFESTATION AU STOCKAGE ?

► Des méthodes déjà pratiquées dans les silos

La ventilation des grains à l'air ambiant et le nettoyage des grains sont deux pratiques bien connues des stockeurs de céréales. En général, elles se succèdent dans la stratégie de conservation des grains : la ventilation est pratiquée sur la première moitié de la campagne afin de baisser la température des stocks et ralentir la prolifération des insectes, alors que le nettoyage, souvent positionné juste avant l'expédition du grain, permet de mettre le lot aux normes commerciales prévues par le contrat. Pourtant, cette deuxième méthode, lorsqu'elle est positionnée plus tôt au cours de la campagne, a aussi certains effets positifs directs ou indirects sur le contrôle des infestations au stockage. D'une part, le passage des grains au nettoyeur-séparateur permet d'ôter les impuretés du lot (poussières, brisures) qui entraînent une plus forte résistance au passage de l'air ventilé dans les grains, allongeant les plages de ventilation nécessaires pour atteindre les objectifs fixés de température et ainsi freiner les proliférations d'insectes. Ces impuretés constituent par ailleurs la seule source potentielle de nourriture et de développement pour les insectes secondaires (espèces qui effectuent l'ensemble de leur développement dans l'espace entre les grains, comme les silvains et les triboliums). D'autre part, ce procédé permet de lutter contre espèces primaires comme secondaires via deux phénomènes physiques : la séparation des insectes du grain par aspiration/tamassage et la création de chocs physiques pour la destruction ou la perturbation des formes cachées à l'intérieur des grains (cas du charançon et du capucin).

C'est en ce sens qu'ARVALIS Institut du Végétal a souhaité tester un itinéraire technique combinant refroidissement et nettoyage régulier des grains, afin de se prémunir de l'utilisation de produits insecticides pour gérer une infestation de charançons du riz (*Sitophilus oryzae*) au stockage des céréales (figures 1 et 2).



Figure 1 : Charançon du riz adulte



Figure 2 : Larve de charançon du riz à l'intérieur d'un grain

Le charançon du riz est un ravageur primaire des stocks de céréales dont le cycle de développement s'effectue en partie à l'intérieur des grains.

► Comment positionner ces deux méthodes dans l'itinéraire du stockage ?

L'essai s'est déroulé au printemps et à l'été 2021, sur la plateforme expérimentale Métiers du Grain d'ARVALIS à Boigneville (91). Douze mini silos métalliques de 290 kg de blé tendre (variété Sacramento) ont été infestés à hauteur de 2 charançons du riz pour 10 kg de blé et incubés durant un mois dans une salle régulée (25°C et 70 % d'humidité relative). Nous avons ainsi simulé un transfert d'infestation des locaux vers les grains en tout début de campagne, générant la présence de formes larvaires dans les grains et d'adultes en faible proportion mais suffisante pour être détectée par piégeage dans les grains. La première action prophylactique, la réalisation du premier palier de ventilation avec un objectif de 20°C, est intervenue un mois après l'infestation, afin de freiner le développement des infestations (figure 3).

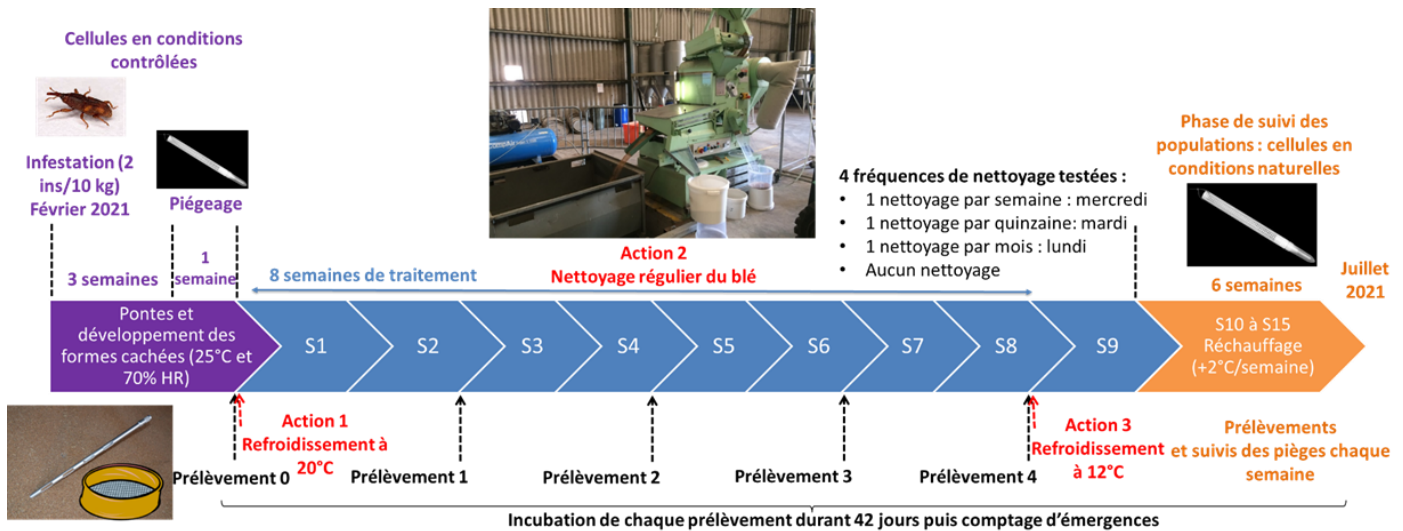


Figure 3 : Itinéraire technique de stockage et observations faites durant l'essai

La deuxième action de lutte a ensuite été mise en œuvre, le nettoyage des grains au nettoyeur séparateur plan Mini-Petkus 200 de la marque ROHR, durant une période de 8 semaines. La grille d'émottage était de 4,5 mm à trous longs pour le premier nettoyage de chaque cellule puis a été remplacée par une grille de 10 mm à trous ronds pour éviter d'éliminer trop de bons grains une fois les grosses impuretés retirées. Celle de criblage était de 2,0 mm à trous longs tout au long de l'essai. L'aspiration a été réglée sur l'indice 2, afin de limiter l'élimination de bons grains, et le débit sur l'indice 1,5 afin d'obtenir le débit souhaité de 0,5 t/h durant l'essai. A noter que les grains subissaient des chocs mécaniques supplémentaires en sortie de nettoyeur et au retour en cellule car des chutes d'environ 1,30 m et 2,30 m ont été relevées.

Différentes fréquences de nettoyage ont été testées afin de trouver le meilleur compromis entre maîtrise des infestations, quantité de freintes générées et charge de travail pour le stockeur. Trois des douze cellules de blé ont ainsi été nettoyées une fois par semaine (NS), une fois par quinzaine (NQ), une fois par mois (NM) ou bien n'ont jamais été nettoyées (NN).

Des prélèvements de blé à la canne sonde ont été effectués chaque quinzaine dans chacune des cellules afin de suivre les densités de charançons adultes. Ces échantillons étaient mis en incubation (à 25 °C et 70 % d'humidité relative) durant 6 semaines, afin d'observer les émergences et ainsi connaître la

densité en formes larvaires présentes dans les grains au moment du prélèvement.

A l'issue de cette phase de nettoyages, le refroidissement des grains s'est poursuivi, avec la réalisation du 2e palier classique de ventilation ayant pour objectif 12°C. L'intervalle de temps entre la réalisation des 2 paliers de ventilation, c'est-à-dire 2 mois, est conforme à ce qui peut être communément pratiqué sur le terrain, lorsqu'un bon dimensionnement du système de ventilation et l'offre climatique sont au rendez-vous.

Des prélèvements de grains ainsi qu'une surveillance par piégeage (pièges tubes Trécé insérés au centre de chaque cellule) chaque semaine, ont alors débuté, une fois les cellules placées en conditions naturelles dans une halle pour reproduire le réchauffement progressif des grains (classiquement au printemps suivant la fin de la ventilation des grains). Ces observations avaient pour objectif de suivre la reprise éventuelle du développement des populations d'insectes et évaluer le délai avant détection par piégeage puis par échantillonnage.



► Suivi des températures durant l'essai

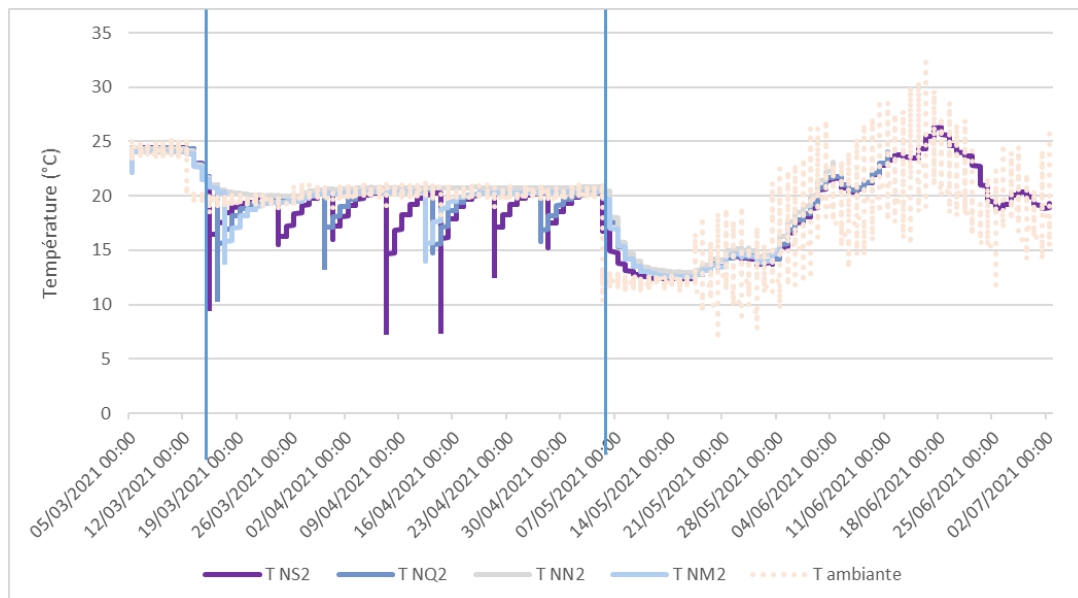


Figure 4 : Températures enregistrées dans les cellules durant les 3 phases de l'essai (NS = nettoyage chaque semaine, NQ = nettoyage chaque quinzaine, NN = pas de nettoyage, NM = nettoyage mensuel)



Les températures enregistrées montrent que les objectifs de ventilation fixés ont été respectés. Les baisses brutales de température observées lors de la phase de nettoyages correspondent au passage des blés au nettoyeur en conditions ambiantes plus fraîches que dans la salle régulée. À la suite du 2^e palier de refroidissement, le réchauffement naturel des grains en conditions non contrôlées a été très rapide puisque la barre des 20°C a été atteinte le 3 juin, c'est-à-dire 2 semaines après avoir mis les cellules en conditions naturelles. Cela peut s'expliquer par le faible volume de grains mis en essai par rapport à celui dans un silo de taille réelle.

► Quel niveau de maîtrise des populations de charançons du riz attendre de cette stratégie de lutte combinatoire ?

Au début de la phase de nettoyages, la densité de charançons du riz adultes dans les cellules était homogène et estimée à 0,4

charançons / kg de blé, ce qui est détectable par piégeage mais pas par échantillonnage. Le traitement combinatoire intervient donc dans une situation de détection précoce d'une infestation.

Les densités de charançons adultes observées immédiatement après prélèvement des grains dans les cellules montrent que le nettoyage mensuel des cellules, couplé à un refroidissement des cellules, ne semble pas suffisant pour freiner significativement le développement des charançons par rapport à l'absence de nettoyage avec un refroidissement du blé seul (figure 5). En revanche, des nettoyages chaque semaine ou à la quinzaine, couplés aux deux premiers paliers de refroidissement du blé, semblent efficaces pour freiner l'explosion des populations de charançons dans du blé infesté. La fréquence la plus soutenue d'un nettoyage par semaine est la seule ayant permis de maintenir la densité d'insectes adultes en-dessous du seuil de détection de 2 insectes/kg de blé en moyenne pour les 3 cellules, tout au long des 12 semaines de conservation.

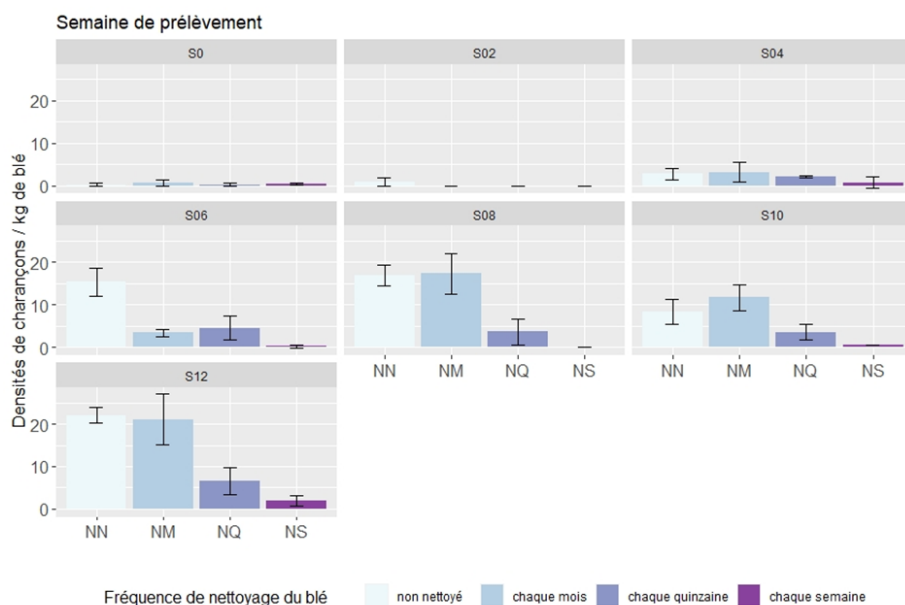
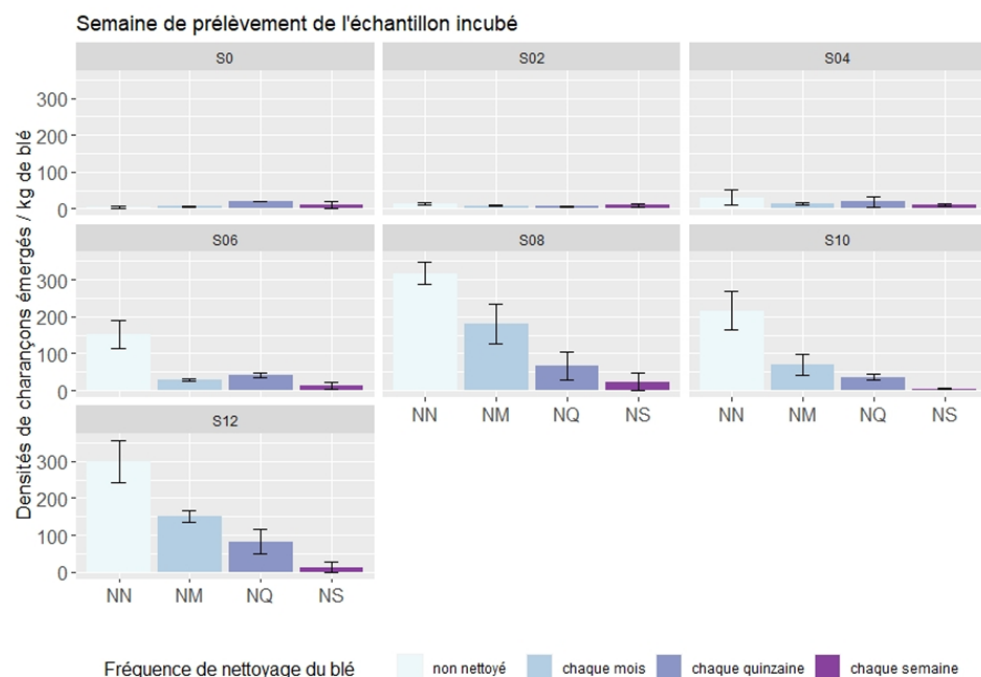


Figure 5 : Densités de charançons du riz adultes dans les échantillons de blé immédiatement après prélèvement (les lettres traduisent les groupes significativement homogènes une semaine donnée d'après le test de Tukey).

Les observations d'émergences après incubation des échantillons (figure 6), traduisant la densité en formes cachées de charançons du riz au moment des prélèvements, amènent aux mêmes conclusions que le suivi des densités adultes. Un nettoyage mensuel des cellules couplé au refroidissement des grains ne semble pas adapté pour freiner efficacement le développement des populations de charançons du riz. Il faut mettre en œuvre un nettoyage plus fréquent, au moins chaque quinzaine, couplé à 2 paliers de refroidissement pour voir un effet significatif sur le nombre d'émergences

alimentant une nouvelle génération d'insectes. Toutefois, il faut noter que l'itinéraire intermédiaire d'un nettoyage par quinzaine associé au refroidissement, a tout de même conduit à des densités de l'ordre de 80 insectes émergés/kg de blé en moyenne, ce qui n'est pas souhaitable pour préserver la qualité d'un stock. L'itinéraire le plus contraignant (fréquence d'un nettoyage par semaine) a lui conduit à une densité d'insectes émergés de l'ordre de 13 charançons/kg de blé au bout de 12 semaines, ce qui est bien moindre (6 fois moins), même si cela reste non négligeable.



La combinaison de ces 2 leviers offre une période de conservation « sous contrôle » allongée de plusieurs semaines... La stratégie de lutte combinatoire la plus forte, c'est-à-dire celle comportant une fréquence de nettoyage des grains d'une fois par semaine, a permis de retarder la détection de l'infestation par échantillonnage (prélèvement puis tamisage) de 7 semaines par rapport à un refroidissement des grains seul sans aucun nettoyage. La fréquence intermédiaire de nettoyage (1 par quinzaine) a permis de retarder la détection, selon la même méthode, de 5 semaines.

Figure 6 : Densités de charançons du riz émergés après incubation dans les prélèvements chaque quinzaine de l'essai (les lettres traduisent les groupes significativement homogènes une semaine donnée d'après le test de Tukey).

► Quelles freintes associées à chaque fréquence de nettoyage ?

Fréquence de nettoyage	Freinte totale (kg)	Freinte totale (% de la masse initiale de blé dans)
Mensuel	6.02	2.08
Chaque quinzaine	7.82	2.70
Hebdomadaire	11.57	3.99

+ 30 %
+ 48 %

La pratique du nettoyage des grains avec un objectif de désinsectisation requiert un niveau de nettoyage soigné (choix des grilles, débit de travail) afin de s'assurer d'ôter un maximum des populations présentes. L'inconvénient est une perte de matière non négligeable, d'autant plus importante que la fréquence de nettoyage est élevée. Dans cet essai, les modalités nettoyées ont engendré entre 2 et 4 % d'issues de nettoyage, qui ne pourront pas avoir le même débouché que le restant du lot et seront donc moins rémunératrices.

► Conclusions

Ces résultats montrent l'intérêt d'une stratégie de lutte combinant nettoyage des grains à une fréquence régulière, idéalement chaque semaine, et refroidissement des lots, afin de contenir le développement des infestations. La durée de conservation du lot avec un faible risque de détection des insectes est alors allongée de quasiment 2 mois par rapport à un simple refroidissement. A noter que cette durée est certainement sous-estimée, du fait du faible volume de grains mis en essai ici (réchauffement rapide après refroidissement) et de l'infestation homogène dans les cellules (alors qu'elle est a priori localisée dans un silo de taille réelle).

Cet essai démontre par ailleurs que le recours à cette stratégie est à réserver aux situations de détections précoces des infestations car elle permet de garder le niveau d'infestation sous contrôle mais les grains comportaient toujours des formes cachées prêtes à émerger en cas de conditions plus favorables.

Néanmoins, d'un point de vue économique, ces fréquences de nettoyages soutenues sont un frein à la généralisation de la méthode, car elles engendrent une part de freintes non souhaitable pour le stockeur et une disponibilité de la main d'œuvre et du circuit de manutention rendant la stratégie difficilement réalisable.

Marine CABACOS
m.cabacos@arvalis.fr

COMPARAISON DE 4 MÉTHODES DE DÉTECTION D'INSECTES

Dans les contrats usuellement pratiqués sur le marché des céréales, l'absence d'insectes vivants est un impératif. La détermination de l'infestation d'un lot de grain est donc habituellement pratiquée sur tous les lots qui s'échangent. La méthode de référence de la détermination d'une infestation est décrite dans la norme ISO 6639. Elle consiste principalement à mettre en incubation des échantillons de grains prélevés, ce qui nécessite de fait une durée d'analyse longue. Cette norme décrit également des méthodes rapides permettant de déterminer l'infestation d'un lot quasi-immédiatement dont peu sont couramment pratiquées sur le terrain (méthodes par flottation, dégagement de CO₂, à la ninhydrine, acoustique, par rayon X...).

La méthode usuelle de détection des lots infestés consiste en un simple tamisage à l'aide d'un tamis à maille carré 2*2 mm d'échantillons prélevés sur le lot. Au Canada, les laboratoires d'entomologie de la commission des grains utilisent des entonnoirs de Berlese pour détecter les infestations, et une méthode rapide par micro-onde, dérivant de la méthode Berlese (Jian et al., 2015). Ces deux méthodes reposent sur le chauffage du grain. Quelles performances peut-on attendre de ces méthodes ? Quelle est la plus efficace pour détecter les insectes, et pour les quantifier ?

▶ Quatre méthodes en test

Nous avons comparé quatre méthodes de détection :

- Un **tamisage dit « OS »** : tamisage manuel non répété sur tamis à insectes à maille carrée 2*2 mm (Figure 1) pendant 30 sec, récupération des insectes après le tamisage.
- Un **tamisage « double »** : tamisage sur tamis à insectes maille carrée 2*2 mm sur une tamiseuse automatique (B02-01, Agitateur orbital MBLB 10 BIOBLOCK, 306 tr/min) pendant 2*3 min (récupération et comptage des insectes après chaque tamisage) (Figure 2).
- La **méthode de Berlese** : 800 g de grains sont versés dans le réservoir, au-dessus d'une grille retenant le grain mais permettant le passage des insectes (toile métallique à maille carrée 2*2 mm). Le réservoir est positionné sur un récipient dont les bords supérieurs sont enduits de fluon afin d'empêcher la remontée des insectes. Une lampe (ampoule 77W), prévue à cet effet, est positionnée au-dessus du réservoir de grains (Figure 3). La lampe est allumée et chauffe le grain pendant 6h. Au bout des 6h d'exposition, les insectes tombés dans le réservoir sont dénombrés.
- La **méthode « micro-onde »** (dérivée de Jian et al., 2015) : 800 g de grains infestés sont placés dans le récipient. Le dispositif est maintenu fermé et placé dans le micro-ondes (Figure 4 et Figure 5). L'ensemble est chauffé pendant 150 sec, à la puissance de 400 W. Un temps d'attente de 10 min sans mouvement est respecté après la sortie du dispositif de l'appareil. Le dispositif est ensuite tamisé manuellement pendant 1 min avec une fréquence d'environ 120 tr/min. Après une deuxième phase d'attente de 2 min 30, un second tamisage manuel (fréquence 120 tr/min) est effectué pendant 1 min.



Figure 1 : tamis à maille carré 2*2 mm



Figure 2 : Dispositif du tamisage double



Figure 3 : Dispositif de Berlese

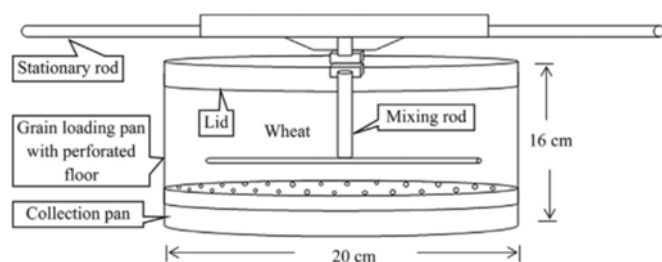


Figure 4 : Dispositif décrit par Jian et al. (2015)

Pour déterminer les performances de chaque méthode, 72 échantillons de blé contenant de 0 à 10 charançons du riz adultes (0, 1, 2, 5 ou 10) ont été produits et 72 échantillons de blé contenant de 0 à 100 silvains dentelés adultes (0, 1, 10 et 100). Chaque niveau d'infestation a été attribué à chaque méthode avec trois répliques. Chaque échantillon à analyser était codé, afin que l'opérateur n'ait pas connaissance du nombre d'insectes à retrouver dans l'échantillon (test en aveugle).

La performance de chaque méthode était déterminée par :

- $\text{taux de récupération (\%)} = \frac{\text{nombre d'insectes vivants extraits}}{\text{nombre d'insectes vivants introduits}} \times 100$
- $\text{sensibilité} = \frac{\text{nb.vrai positifs}}{\text{nb.vrai positifs} + \text{nb.faux négatifs}}$



Figure 5 : Adaptation du dispositif de Jian et al. (2015)

► Performance de quantification

Le taux de récupération illustre la capacité des méthodes à quantifier le nombre d'insectes présents dans l'échantillon. Selon les espèces d'insectes et les méthodes, les taux de récupération moyens varient de 34,2 % à 92,5 %. Seule la méthode de Berlese se distingue significativement des trois autres méthodes pour le taux de récupération des charançons adultes. Des taux de récupération de plus de 100 % ont été obtenus avec la méthode de tamisage OS, signe que les insectes peuvent rester coincés dans le tamis et polluer les échantillons suivants (figures 6 et 7).

► Performance de détection

La sensibilité du test montre sa capacité à détecter les échantillons infestés et non sa capacité à quantifier le nombre d'insectes présents dans l'échantillon. Plus la sensibilité est proche de 1 et plus la méthode est apte à détecter les échantillons réellement infestés. Lorsque la sensibilité est égale à 1, cela signifie que tous les échantillons infestés ont été identifiés comme tel. Quelle que soit l'espèce, seule la méthode « micro-onde » a présenté une sensibilité de 1. La méthode de Berlese est dans les deux cas celle qui présente la plus faible sensibilité.

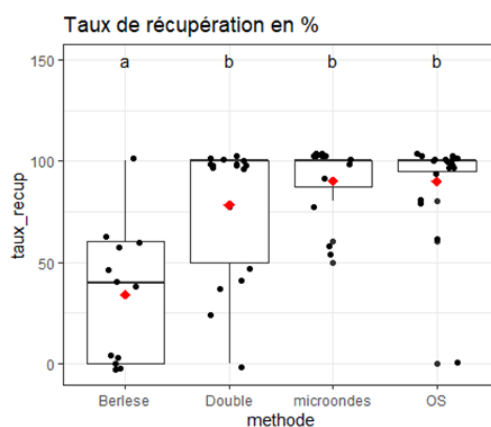


Figure 6 : Taux de récupération (charançons adultes)

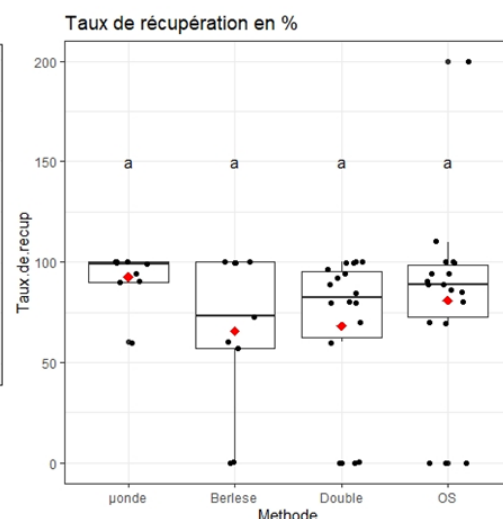


Figure 7 : Taux de récupération (silvains dentelés)

► La méthode de tamisage classique est bien adaptée

Aucune méthode ne montre de supériorité significative sur les autres sur le critère « taux de récupération », à l'exception de la méthode de Berlese, qui présente des performances moindres dans le cas d'une quantification du nombre de charançons adultes dans les échantillons. Cette méthode présente par ailleurs une sensibilité plus faible, quelle que soit l'espèce recherchée. La méthode « micro-onde » présente des performances intéressantes mais qui ne sont pas significativement supérieures à celle des deux méthodes de tamisages. La méthode de tamisage pratiquée par les OS, si elle présente en tendance des performances inférieures à la méthode « micro-onde » n'est pas significativement différente et il n'existe pas de raison de remettre en cause cette pratique de détection. Il faut cependant garder à l'esprit les deux principales faiblesses de cette méthode : elle ne permet de détecter que les formes libres, et repose sur l'analyse d'un échantillon de faible taille. L'erreur d'appréciation du niveau d'infestation d'un lot proviendra plus probablement de l'erreur liée à l'échantillonnage qu'à celle liée à la méthode !

	Charançons du riz	Silvains dentelés
Tamisage « OS »	0,95	0,83
Tamisage double	0,94	0,78
Berlese	0,67	0,78
Micro-onde	1	1

Tableau 1: Sensibilité des méthodes par espèce

Katell CREPON
k.crepon@arvalis.fr