



Lettre technique d'ARVALIS

Septembre 2022 - n° 19

Sur le stockage des grains

SOMMAIRE

- ▢ **A vos marques, prêts, piégez !** Pages 1 - 4
- ▢ **Aflatoxines : le nettoyage est-il efficace pour réduire la contamination d'un lot ?** Pages 5 - 9



INSCRIVEZ-VOUS

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

<https://www.arvalis.fr/contacter-arvalis>

| A VOS MARQUES, PRÊTS, PIÉGEZ !

Au stockage des céréales, la lutte préventive (préparation des locaux et refroidissement des grains) est la base pour éviter les infestations d'insectes non maîtrisées. Cette étape n'est pourtant pas infaillible et des individus peuvent passer entre les mailles du filet. Dans l'optique de se passer des insecticides de contact, il est primordial de détecter précocement toute infestation. L'efficacité des méthodes curatives alternatives peut être réduite ou leur durée d'action allongée par rapport aux méthodes classiques. Le choix des méthodes les plus appropriées sera alors fait en fonction des espèces ayant colonisé le lot stocké, que l'on pourra identifier une fois capturées.

▶ Comment détecter en temps réel la présence d'insectes dans des lots de grains stockés et identifier les espèces présentes ?

Le suivi de la température des grains est largement répandu aussi bien en organisme stockeur qu'à la ferme. Cette méthode de surveillance indirecte reste incontournable pour vérifier et piloter le refroidissement des grains, principal levier d'action pour freiner les proliférations d'insectes. Si cette méthode permet de localiser les parties d'un stock les plus propices à une colonisation d'insectes (car moins refroidies), elle ne permet pas de démontrer la présence d'insectes à elle seule. Il faut, en complément, recourir à une méthode de détection directe. La méthode communément pratiquée en France est le prélèvement d'échantillons de grains que l'on va tamiser pour rechercher des formes libres d'insectes, puis mettre en incubation pour révéler d'éventuelles formes cachées (larves de charançons et capucins).

Mais cette pratique est très souvent mise en œuvre à réception ou juste avant expédition, et ne permet pas de surveiller un lot en continu. Cette méthode est rapide et peu coûteuse (nécessite une canne sonde à quelques centaines d'euros), et a l'avantage de quantifier une densité d'infestation, c'est-à-dire un nombre d'insectes par kilogramme de grains. Elle pourrait aussi être employée sur grains statiques pendant le stockage. Néanmoins, des contraintes techniques pour sa mise en œuvre (sécurité et main d'œuvre), un seuil de détection relativement élevé, estimé à 1 insecte/kilogramme de grains¹, et le délai d'incubation pour révéler d'éventuelles formes cachées, n'en font pas la méthode optimale pour détecter de manière précoce une infestation dans un stock.

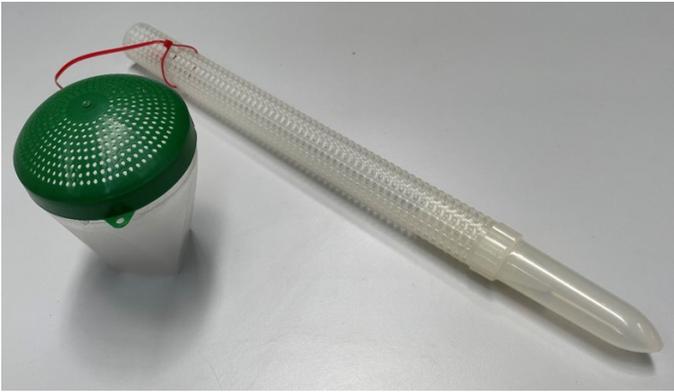
Pour faire de la surveillance directe et continue, une sonde acoustique est disponible sur le marché.

Les performances affichées sont intéressantes car la sonde permet de qualifier des niveaux d'infestations dans le stock et de détecter aussi bien une présence d'adultes que de formes larvaires même cachées dans les grains. Des densités faibles de l'ordre de 1 individu/10 kg de grains peuvent être détectées. Une étude de 2009 a démontré l'intérêt de cette technologie pour la prévision du risque insecte au cours d'un stockage, sur 40 sites². Cette sonde a détecté in situ la présence d'infestations (adultes et formes cachées) avec un pourcentage de confiance de l'ordre de 90 %, et une répétabilité de 100 %. L'exploration de la sonde reste très localisée, la masse de grains prospectée étant estimée à environ 40 kg, d'où l'importance de multiplier les points de sondage dans son stock. Mais le coût d'investissement élevé de ce matériel (plusieurs milliers d'euros selon le modèle choisi), n'a pas favorisé son adoption dans les silos en France.

Le piégeage d'insectes directement dans les grains est une méthode avec un seuil de détection plus bas que la méthode de référence par échantillonnage. Dans un essai ARVALIS de 2017, une infestation de charançons et de capucins dans du blé a été détectée par piégeage 13 à 21 jours avant sa détection par échantillonnage. D'autres études émettent une conclusion similaire sur le piégeage : une détection avancée de plusieurs semaines et la possibilité de détecter des densités faibles, dès 1 insecte/10 kg de grains³. Pourtant, le piégeage reste très peu développé dans les silos français. Cela s'explique par une méconnaissance de la méthode, le besoin de conseils pour interpréter les données de captures acquises, et les contraintes techniques (sécurité et main d'œuvre) pour installer et suivre les pièges dans les grains.

▶ Quelle stratégie de piégeage adopter ?

Plusieurs fournisseurs proposent sur le marché des pièges à insérer dans les grains afin de capturer les individus qui y seraient logés (il faut compter quelques dizaines d'euros/piège selon le modèle). Il en existe deux grandes catégories : les pièges de surface en pomme d'arrosoir, dont la partie perforée se situe juste au-dessus de la surface des grains, et les pièges tubes ou sondes, dont la partie perforée permet d'explorer les premières dizaines de centimètres



A gauche, un piège de surface en pomme d'arrosoir, à positionner à la surface des grains. A droite, un piège tube perforé, à insérer sous la surface des grains (photo : Marine CABACOS, ARVALIS)

Ces deux types de pièges possèdent des réservoirs à dévisser afin de récupérer les captures effectuées. Les pièges tubes présentent des spectres de captures plus diversifiés : ils sont plus efficaces pour la détection des insectes primaires (charançons, capucins) que les pièges en pomme d'arrosoir⁴. Dans un essai de comparaison d'itinéraires techniques en silos verticaux de 50 t (de 2020 à 2022), ARVALIS a constaté que les insectes secondaires (triboliums, silvains dentelés et petits silvains



Piège en entonnoir avec phéromones pour teignes (photo : Marine CABACOS, ARVALIS)

plats) étaient aussi majoritairement retrouvés dans les pièges tubes perforés par rapport aux pièges en pomme d'arrosoir (Figure 1). En revanche, les espèces mycétophages semblent localisées sur la surface des grains puisqu'elles sont davantage trouvées dans les pièges de surface (Figure 2). Ces espèces étant moins préoccupantes pour la bonne conservation des grains stockés, le choix d'un modèle de tube perforé semble donc plus adapté à la surveillance globale des infestations.

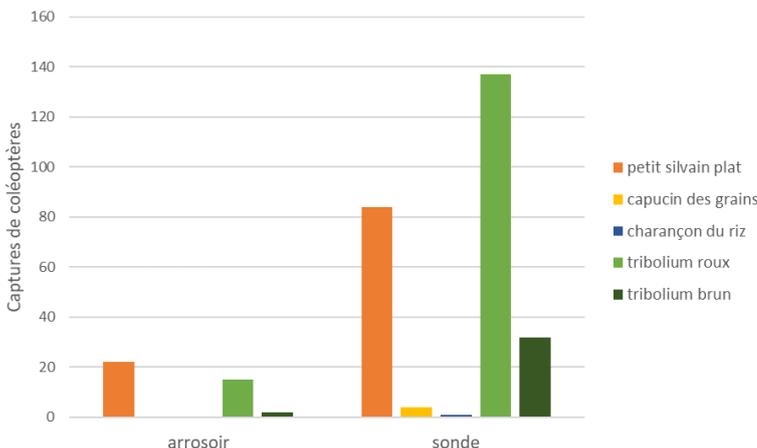


Figure 1 : Captures en fonction du type de piège (essai ARVALIS 2020-2021)

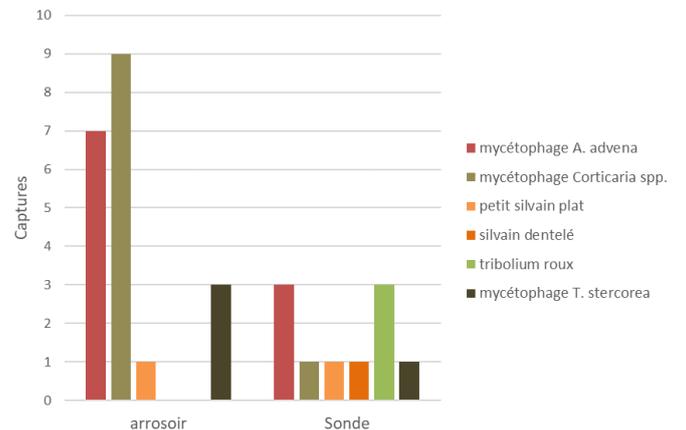


Figure 2 : Captures en fonction du type de piège (essai ARVALIS 2021-2022)

Idéalement, ces pièges doivent être positionnés dans le stock après ensilage, une fois qu'une cellule est pleine et qu'il n'y a pas de mouvement de grains prévu dans les semaines à venir (ou alors il faudrait retirer provisoirement les pièges). Mieux vaut privilégier un maillage homogène au départ (Figure 3), en s'assurant de couvrir les zones les plus à risques : connaissances de l'historique du silo, parties du grain en général moins refroidies, pointes sur le tas. Le nombre total de pièges à positionner dans une cellule est à adapter selon le nombre de pièges disponibles et la taille de la cellule. Le suivi des pièges doit être le plus régulier possible, effectué chaque semaine tant que la température des grains est encore supérieure à 15 °C. C'est le seuil établi pour la prolifération des populations des principaux insectes ravageurs au silo, dans la synthèse bibliographique de Stejskal et al. (2019)⁵. Lorsque la ventilation a permis de faire baisser la température des grains en-dessous de ce seuil de 15 °C, des relevés plus espacés, mensuels, pourront suffire à suivre les potentielles infestations au sein du stock. A cette température de 15 °C, les populations d'insectes ne grandissent plus mais les individus en place peuvent encore se reproduire et se développer.

Enfin, il est indispensable d'avoir une mesure de température des grains, la plus proche possible de chaque piège. Ainsi, il sera possible d'ajuster sa stratégie de lutte pour maîtriser les infestations.

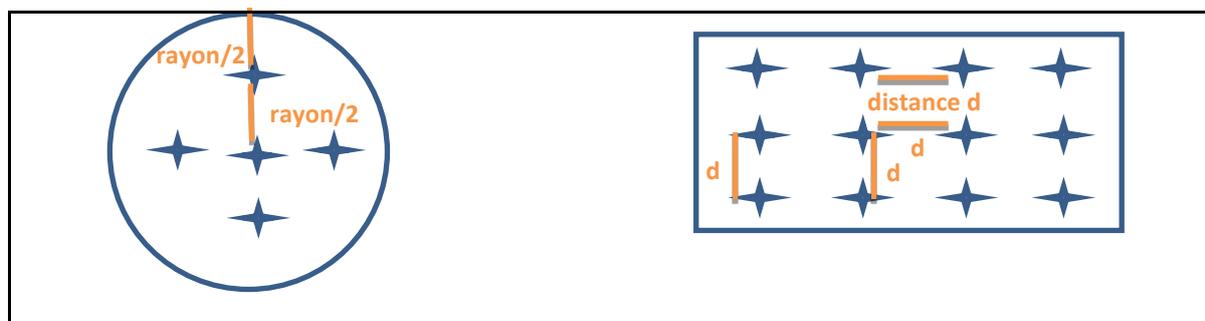


Figure 3 : Implantation régulière des pièges dans une cellule ronde (à gauche), et dans une cellule rectangulaire (à droite)

Bientôt un piégeage connecté ?

Afin de limiter les manipulations constituant de réels freins à l'adoption de la surveillance par piégeage, ARVALIS a travaillé, en partenariat avec Kanopé (Lille), un studio de développement de solutions électroniques, et Javelot (Wasquehal), une entreprise commercialisant déjà des sondes de température connectées pour le stockage, sur le développement de pièges tubes perforés connectés. Ces pièges innovants sont capables de transmettre des photographies des insectes capturés se situant dans le réservoir du piège, de manière quotidienne via une application en ligne. L'utilisateur peut ainsi facilement et rapidement visualiser l'ensemble des pièges installés sur son site, avec un dénombrement automatisé des captures visibles sur chaque image, et le relevé de température des grains correspondant à chaque implantation de piège. Ce projet, financé par l'Agence Française pour la Biodiversité dans le cadre du plan Ecophyto II, s'est déroulé entre 2018 et 2020. Une phase de test en conditions réelles chez des organismes stockeurs partenaires a été suivie en 2021 et a permis d'éprouver et d'améliorer la technologie développée. La commercialisation de cette solution, baptisée IOTRAP, est aujourd'hui assurée par Javelot⁶. Le coût est variable selon le service et les solutions choisies dans leur globalité (suivis températures et insectes).



Piège tube connecté IOTRAP et sonde de température connectée (©Javelot)

Comment interpréter des données de captures ?

Installer des dispositifs de piégeage dans son stockage nécessite d'avoir en main une stratégie d'interprétation des données de captures. En effet, capturer n'implique pas toujours un traitement en réponse. En fonction de la température des grains dans la zone où est située un piège, plusieurs scénarios sont envisageables, que l'on peut représenter sur un arbre de décision (Figure 4). Les seuils de température pour la mobilité des insectes sont inférieurs à ceux pour leur prolifération : des insectes peuvent donc être capturés bien que les conditions ne soient pas favorables à leur développement⁵.

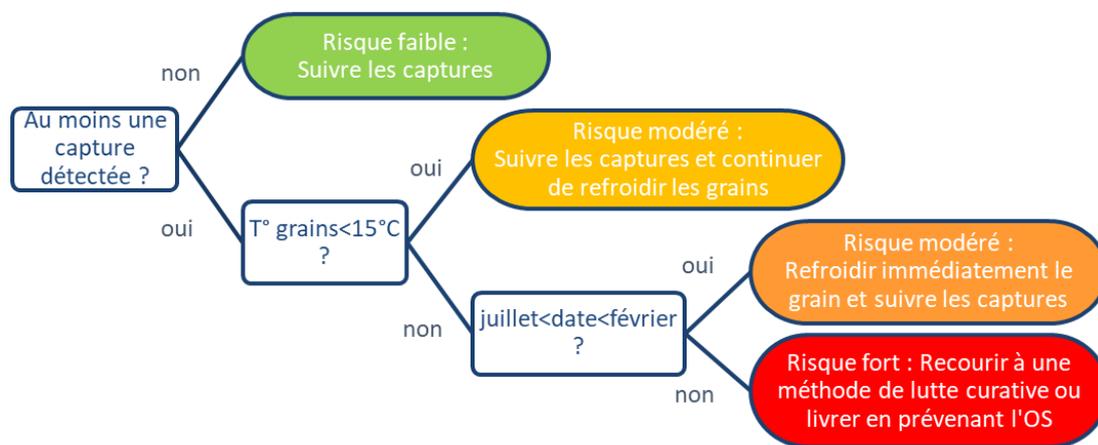


Figure 4 : Arbre de décisions pour évaluer le risque de prolifération d'une infestation et la maîtriser lors de la mise en place d'un piégeage dans les grains

Lorsque la température des grains est inférieure au seuil de 15 ° C, une action de régulation n'est pas nécessaire à court terme. Il faut être vigilant à la température des grains, terminer ses paliers de ventilation et continuer la surveillance par piégeage. En effet, à 15 ° C, même si les populations d'insectes sont stables voire en baisse (selon les espèces), les individus installés continuent de se développer et peuvent toujours se reproduire. En revanche, si des captures sont observées et que les infestations grandissent, car la température des grains est

supérieure au seuil de 15 °C⁵, le stockeur devra mettre en œuvre un ou plusieurs leviers d'action pour contrôler l'infestation avérée. Si les températures extérieures le permettent, le plus simple est d'accélérer et prioriser le refroidissement du lot infesté. A l'inverse, si le lot ne peut être davantage refroidi, une méthode curative adaptée aux espèces piégées, ou une livraison anticipée à l'organisme stockeur prévenu (en l'informant de la présence d'insectes), seront préférables pour préserver le stock.

Quid des insectes volants ?

Si vous constatez régulièrement des voiles en surface de vos stocks ou si vous observez des vols d'insectes dans vos locaux, des populations de teignes, ou autres lépidoptères, sont probablement installées dans votre stockage. Pour ce type d'insectes, il existe des pièges en entonnoir avec phéromones, qui imitent celles émises par les femelles et attirent ainsi les teignes mâles. Une plaque engluée installée dans le piège permet de capturer les individus y entrant. La mise en place de ces dispositifs dans le stockage, en dehors des cellules, permet de détecter les pics de vols d'adultes et de positionner des traitements pour limiter les accouplements (confusion sexuelle), ou bien éliminer les œufs et chenilles en surface des stocks (fumigation, lâcher de parasitoïdes, traitement chimique des grains...).

Marine CABACOS - m.cabacos@arvalis.fr



Références

1. Fleurat-Lessard F., 1988. Determination of insect infestation. Dans: Preservation and Storage of Grains, Seeds and their By-products, Multon, J.L. (Ed.), Lavoisier Tec & Doc, New York, 495-515.
2. Leblanc M.P., Gaunt D., Fleurat-Lessard F., 2009. Etude du potentiel de détection directe de « formes cachées » d'insectes dans les stocks de grains par des équipements acoustiques. Intérêt de ces nouveaux outils pour la prévision du « risque insecte » au cours du stockage. Industries des céréales, 162, 3-10.
3. Jian F., Jayas D.S., White N.D.G., 2014. How many kilograms of grain per sample unit is big enough? Part I – Comparison of insect detection and density estimation between manual probe sampling and Insector system. Journal of Stored Products Research, 56, 60-66.
4. Barrier-Guillot B., Dauguet S., Ducom P., Leblanc M.P., Crépon K., Frérot E., Losser E., Bonnery A., Ciesla Y., Fleurat-Lessard F., 2014. Economie et innovation en protection raisonnée des céréales contre l'infestation par les insectes au stockage.
5. Stejskal, V., Vendl, T., Zhihong, L., Aulicky, R., 2019. Minimal thermal requirements for development and activity of stored product and food industry pests (Acari, Coleoptera, Lepidoptera, Psocoptera, Diptera and Blattodea): a review. Insects, 10(5): 149.
6. Pour en savoir plus, consulter le site Javelot <https://www.javelot-agriculture.com/iotrap/>

AFLATOXINES : LE NETTOYAGE EST-IL EFFICACE POUR RÉDUIRE LA CONTAMINATION D'UN LOT ?

En 1960, la découverte de la toxicité des aflatoxines a conduit à l'adoption de seuils dans les denrées agricoles destinées à l'alimentation humaine et animale. L'aflatoxine B1 est la plus problématique de ces molécules, car elle est hautement cancérigène et c'est la plus répandue des aflatoxines. De nombreux produits agricoles sont concernés, et notamment le maïs. Les aflatoxines sont concentrées dans certaines fractions du maïs, notamment dans les grains brisés et les grains endommagés, plus petits que les grains sains (Piedade et al., 2002, Johansson et al., 2006). On peut donc penser que le nettoyage permet de faire baisser la teneur en aflatoxines d'un lot de maïs contaminé, par criblage et aspiration. Pour vérifier et quantifier cela, un essai a été réalisé à partir de deux lots de maïs naturellement contaminés en aflatoxines.

D'où viennent les aflatoxines ?

Les aflatoxines B1, B2, G1 et G2 sont des métabolites secondaires produits par des champignons du genre *Aspergillus*. Ces champignons omniprésents dans le sol et dans l'air (sous forme de spores) se nourrissent avant tout de résidus végétaux en décomposition. Mais lorsqu'ils sont transportés par le vent et les insectes vers les épis de maïs, ils peuvent se transformer en pathogènes, et ils se nourrissent alors de la plante vivante. Leur plage de température optimale est très large, de 25 à 42 °C. Les conditions sèches leur sont favorables, car ils prennent alors le dessus sur les autres espèces fongiques présentes sur les grains de maïs. L'infection du maïs par des *Aspergilli* survient généralement lorsque le maïs est stressé, par un stress hydrique ou par des attaques d'insectes.

Au champ, la présence d'*Aspergillus flavus* se signale parfois par une moisissure vert olive (Figure 1). Cependant, la présence de moisissures n'est pas corrélée à la contamination en aflatoxines : d'une part parce que toutes les souches d'*Aspergillus flavus* ne produisent pas d'aflatoxines, et d'autre part parce qu'il est possible d'avoir des teneurs en aflatoxines élevées sans voir de moisissures.



Figure 1 : Pourriture de l'épi de maïs due à un *Aspergillus* (photo : B. Bluhm, University of Arkansas & C. Woloshuk, Purdue University)

▶ Tester l'effet du nettoyage sur les aflatoxines

Le principe de cet essai est de nettoyer du maïs contaminé selon plusieurs réglages différents, en mesurant les teneurs en aflatoxines avant et après nettoyage. La difficulté majeure de cet essai est que les aflatoxines sont réparties de manière très hétérogène dans un lot de maïs, ce qui nécessite de réfléchir à l'échantillonnage.

La Figure 2 schématise le déroulement de l'expérimentation. A partir de 2 big-bags d'environ 500 kg, dont les teneurs en aflatoxines sont connues grâce à un prélèvement d'échantillons, 32 sacs de maïs de 30 kg ont été constitués. Ces 32 sacs de maïs ont été nettoyés sur un nettoyeur-séparateur (NS) Mini-Petkus Rohr 200. Dans chaque sac, un échantillon de 3 kg a été prélevé à l'aide d'un diviseur, avant nettoyage et un autre échantillon après nettoyage, dans le bon grain. Les aflatoxines B1, B2, G1 et G2 ont été dosées dans chaque échantillon après broyage de la totalité de l'échantillon.

Plusieurs facteurs variaient lors de l'expérience : le débit d'alimentation du NS, la grille de criblage, la puissance de l'aspiration et le lot d'origine (on suppose que chaque lot est associé à un niveau de contamination différent). Ces quatre facteurs ont chacun deux modalités. L'ordre de passage des différents sacs et les réglages de l'appareil ont été attribués de manière aléatoire. Le plan d'expérience est un plan complet et équilibré (Tableau 1).

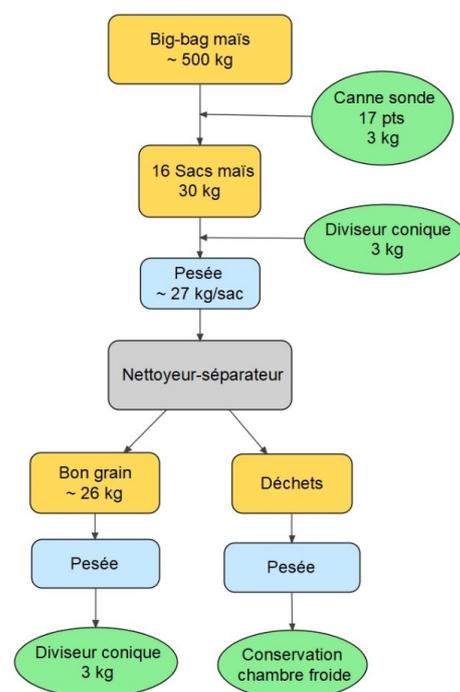


Figure 2 : Schéma de l'expérimentation

Tableau 1 : Plan d'expérience
(nombre de tests réalisés pour chaque combinaison de modalités)

		Demi-débit 0.5 t/h		Débit nominal 1 t/h	
		Aspi 1 : Faible	Aspi 2 : Elevée	Aspi 1 : Faible	Aspi 2 : Elevée
Lot A AF tot. : 8 µg/kg AF B ₁ : 6.3 µg/kg	Grille 4.5 mm	2	2	2	2
	Grille 6.0 mm	2	2	2	2
Lot B AF tot. : 27.2 µg/kg AF B ₁ : 9.1 µg/kg	Grille 4.5 mm	2	2	2	2
	Grille 6.0 mm	2	2	2	2

La problématique complexe de l'échantillonnage

Mesurer des mycotoxines dans un lot de grains est très délicat, car les grains contaminés présentent des teneurs très élevées, mais ils sont répartis de manière hétérogène dans une masse de grains sains ne contenant pas de toxines. La difficulté de l'échantillonnage est bien illustrée dans notre essai (Tableau 2). La teneur en aflatoxines totales estimée en fonction de la méthode d'échantillonnage utilisée, peut varier de 8 à 68 µg/kg !

Tableau 2 : Teneurs en aflatoxines mesurées à différentes étapes du protocole (valeurs en µg/kg)

	Méthode d'échantillonnage			Lot A		Lot B	
	Taille lot d'origine	Méthode prélèvement	Taille échantillon	AF B ₁	AF totales	AF B ₁	AF totales
Mesures OS (échantillon moyen cellule)	Non communiqué - plusieurs tonnes	Non communiqué	Non communiqué	28	68	15.7	17.3
Echantillon moyen big-bag	500 kg	Canne-sonde, 17 pts de prélèvement	1 échantillon de 3 kg	6.3	8	9.1	27.2
Moyenne 16 sacs de 30 kg	500 kg	Diviseur conique, 1 échantillon de 3 kg par sac de 30 kg	16 échantillons de 3 kg	9.5	11.5	5.1	8.5

► Des déchets en quantité importante

Dans cet essai, les issues du nettoyage représentaient 3 à 10 % de la masse de grain initiale, avec une moyenne de 6.4 %. Ces valeurs sont élevées par rapport à ce qui est généralement obtenu avec le même appareil, pour du maïs : dans un essai précédent, les freintes représentaient au plus 2 % de la masse de grain initiale (cf. Lettre Stock@ge n°13, septembre 2020). L'aspiration, la grille et le lot d'origine ont un effet significatif sur le pourcentage de freintes totales.

► Une baisse significative des teneurs en aflatoxines après nettoyage

En moyenne, les sacs contenaient avant nettoyage 10.6 µg/kg d'aflatoxines totales et 7.7 µg/kg d'aflatoxine B1. Après nettoyage, les teneurs étaient de 6.4 µg/kg et 4 µg/kg pour les aflatoxines totales et l'aflatoxine B1 respectivement. La différence entre avant et après nettoyage est une baisse de 3.7 µg/kg en moyenne. Cette différence est significative, selon le test de Student par permutation. Les taux d'abattement moyens étaient proches de 35 % pour ces deux variables étudiées. Les écart-types étaient autour de 45 %, ce qui témoigne d'une variabilité importante. Ces moyennes et écart-types ont été obtenus en écartant quelques valeurs influentes, attribuées aux incertitudes de mesure et d'échantillonnage. De manière pratique, on ne pourra pas utiliser ce taux d'abattement moyen pour estimer la teneur en aflatoxines après nettoyage.



▶ Malgré le nettoyage, les seuils réglementaires sont rarement atteints

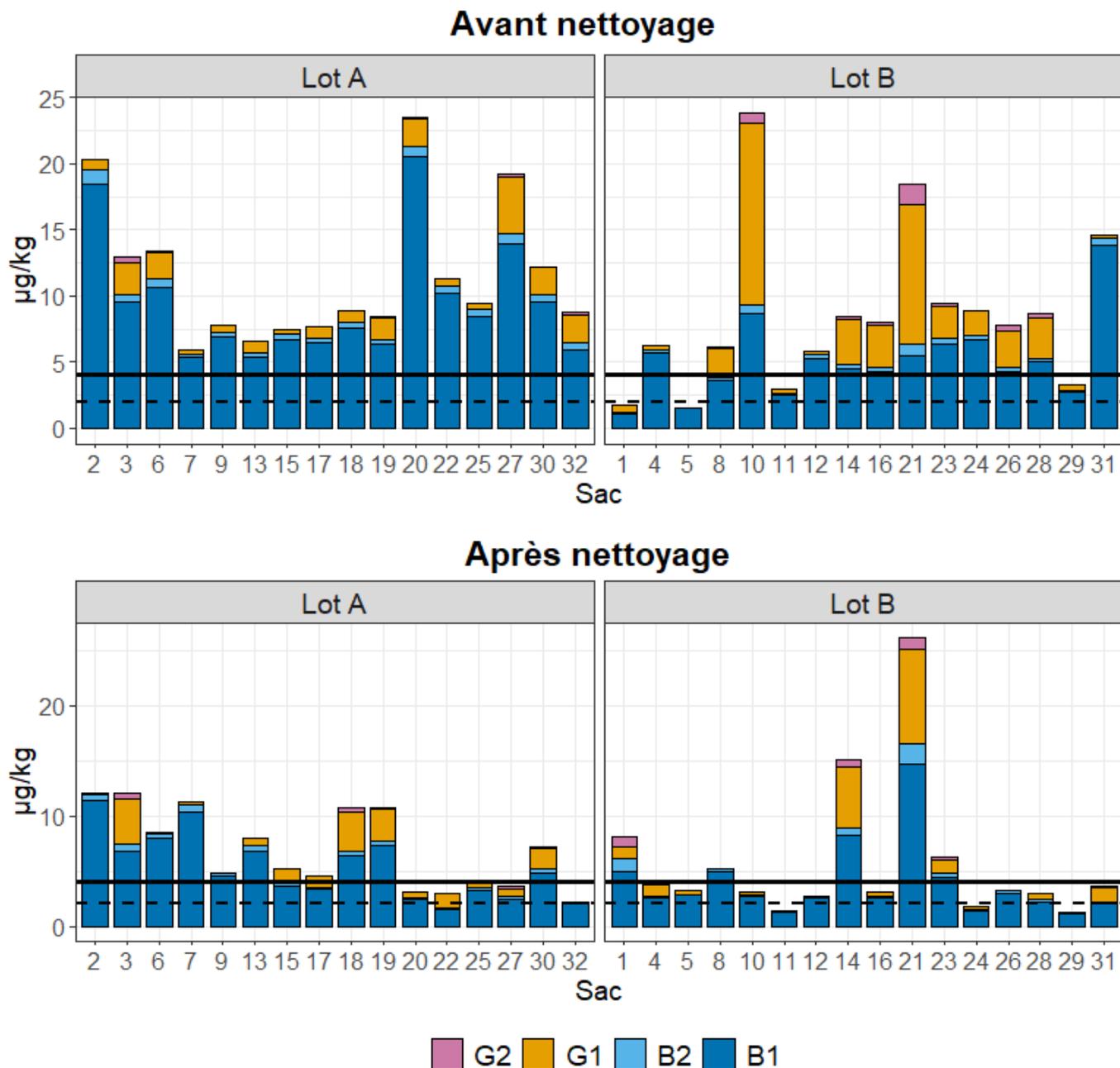


Figure 3 : Teneurs en aflatoxines dans les 32 sacs, avant et après nettoyage. Les seuils réglementaires sont figurés par un trait plein pour les aflatoxines totales (4 µg/kg) et par un trait en pointillés pour l'aflatoxine B1 (2 µg/kg)



Avant nettoyage, seuls deux sacs étaient en dessous des seuils réglementaires pour les aflatoxines totales et l'aflatoxine B1 (sacs n°1 et 5, Figure 4). Le bilan du nettoyage est mitigé pour les aflatoxines totales, puisqu'après nettoyage, seuls 13 sacs parmi les 28 qui dépassaient le seuil de 4 µg/kg avant nettoyage deviennent conformes. Les résultats sont nettement moins bons pour l'aflatoxine B1 : après nettoyage, seuls 4 sacs contiennent moins de 2 µg/kg d'aflatoxine B1. Les deux sacs qui contenaient moins de 2 µg/kg d'aflatoxine B1 avant nettoyage en contiennent davantage après nettoyage, ce qui peut être lié à l'incertitude de l'échantillonnage.

► La baisse des aflatoxines n'est influencée ni par les réglages ni par le niveau de contamination initial

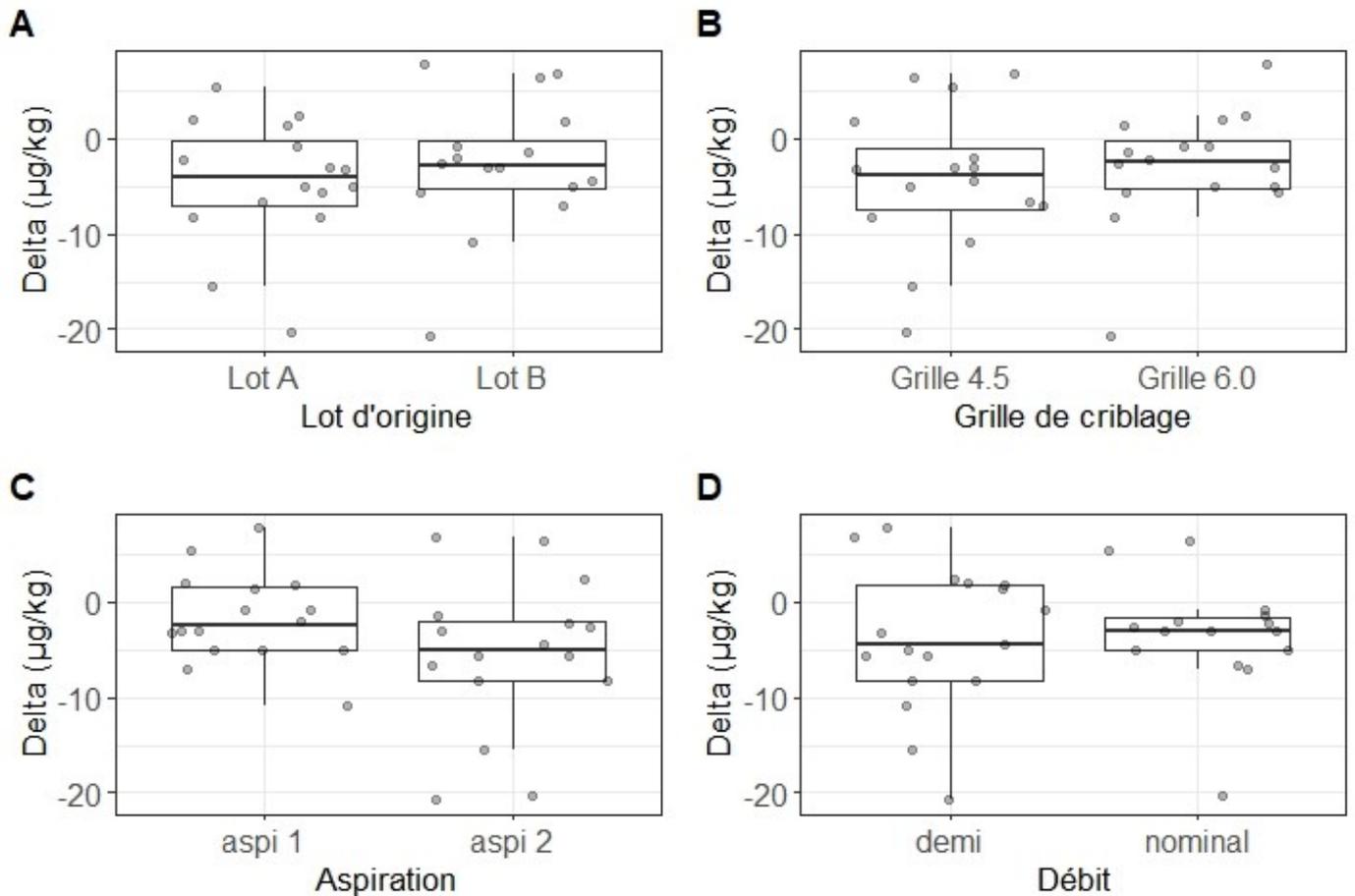


Figure 4 : Deltas de teneur en aflatoxines totales, en fonction des 2 modalités de chaque facteur (A : lot d'origine, B : grille de criblage, C : puissance de l'aspiration, D : Débit)

La Figure 5 présente les valeurs de delta, qui est la différence entre la teneur en aflatoxines totales en sortie et en entrée de nettoyage. Lorsque cette différence est négative, cela signifie que la teneur en aflatoxines en sortie est plus basse que la teneur en entrée. Graphiquement, on ne voit pas ou peu de différences entre les deux modalités des quatre facteurs. Des tests statistiques ont confirmé l'absence de différence significative entre modalités. Le lot d'origine n'a donc pas eu d'effet sur le delta, pas plus que les différents réglages appliqués à l'appareil.

Compte tenu des informations présentes dans la littérature, notamment concernant les caractéristiques des grains infectés par les champignons, on pouvait s'attendre à observer un effet de l'aspiration, ou de la grille. Donc pour dépasser le constat qui vient d'être fait, et pour savoir dans quelles fractions de déchets se retrouvaient les aflatoxines, nous avons mesuré les teneurs en aflatoxines dans ces différentes fractions. Les résultats montrent que les aflatoxines sont présentes dans toutes les fractions de déchets, avec des teneurs notablement plus élevées dans les déchets aspirés.

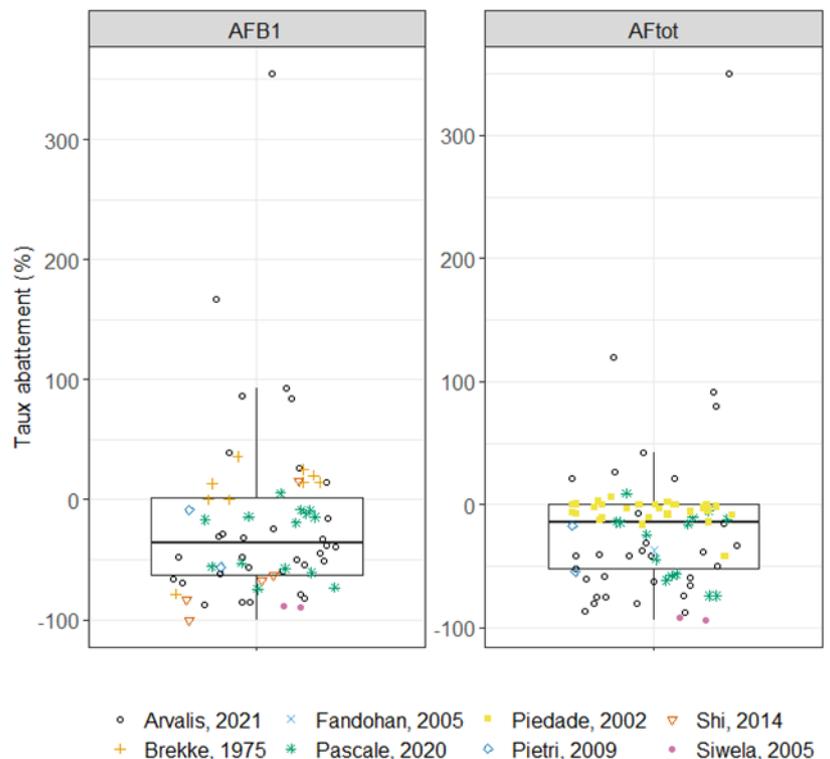


Figure 5 : Comparaison des taux d'abattement obtenus par ARVALIS et de ceux présentés dans 7 publications scientifiques

Le nettoyage a bien eu un effet sur les aflatoxines. En moyenne, une baisse de 35 % des teneurs en aflatoxines totales et en aflatoxine B1 a été observée. La variabilité importante des résultats ne permet pas de généraliser cette valeur moyenne à l'ensemble des lots. Ces résultats sont cohérents avec les données de sept autres études portant sur des méthodes de séparation mécanique des grains sains et contaminés (nettoyage, tamisage, trieur optique, table densimétrique...) (Figure 5). Malheureusement, bien que le nettoyage ait un effet significatif sur les teneurs en aflatoxines, cet effet est rarement suffisant pour remettre le grain en dessous du seuil de 2 µg/kg d'aflatoxine B1.

Ni le lot d'origine, ni les différents réglages appliqués à l'appareil n'ont eu d'effet sur le delta de teneur en aflatoxines. Par conséquent, pour nettoyer du maïs contaminé en aflatoxines, il est possible d'utiliser des réglages qui minimisent les issues, cela n'aura pas d'impact sur l'efficacité du nettoyage vis-à-vis des aflatoxines. Toutefois, étant donné que les aflatoxines se retrouvent dans toutes les fractions de déchets, le criblage et l'aspiration restent nécessaires : on évitera de remplacer la grille de criblage par une tôle pleine.

Le problème des aflatoxines est mondial, et concerne plusieurs produits agricoles. De nombreuses méthodes de décontamination physiques, chimiques et biologiques ont été testées par des chercheurs, à toutes les étapes de transformation en aliment (Samarajeewa et al., 1990, Wu et al., 2009). Toutes ces méthodes ne sont pas applicables en OS, mais parmi les pistes intéressantes, on peut citer des méthodes physiques comme l'abrasion des grains (de-hulling, Siwela et al., 2005) ou le recours à des micro-ondes (Zhang et al., 2020). Sans mettre en place des technologies aussi sophistiquées, la séparation mécanique des grains sains et des grains contaminés nécessite de combiner plusieurs appareils différents (nettoyeur-séparateur, trieur optique, table densimétrique) pour être efficace, et la décontamination se fait alors au prix d'une perte de matière importante (Pascale et al., 2020).

Amélie TANGUY - a.tanguy@arvalis.fr



Références

- Brekke O.L., Peplinski A.J., Griffin E.L., Cleaning trials for corn containing aflatoxin, Cereal Chemistry, 1975.
- Fandohan P., Zoumenou D., Hounhouigan D.J., Marasas W.F.O., Wingfield M.J., Hell K., Fate of aflatoxins and fumonisins during the processing of maize into food products in Benin, International Journal of Food Microbiology, 2005.
- Johansson A.S., Whitaker T.B., Predicting aflatoxin and fumonisin in shelled corn lots using poor-quality grade components, Journal of AOAC International, Volume 89, N°2, 2006.
- Pascale M., Logrieco A.F., Graeber M., Hirschberger M., Reichel M., Lippolis V., De Girolamo A., Lattanzio V.M.T., Slettengren K., Toxins, 2020.
- Piedade F.S., Fonseca H., Glória E.M., Calori-Domingues M.A., Piedade S.M.S., Barbin D., Distribution of aflatoxins in contaminated corn fractions segregated by size, Brazilian Journal of microbiology, 2002.
- Pietri A., Zanetti M., Bertuzzi T., Distribution of aflatoxins and fumonisins in dry-milled maize fractions, Food Additive and Contaminants, 2008.
- Samarajeewa U., Sen A.C., Cohen M.D., Wei C.I., Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods, Journal of Food Protection, 1990.
- Shi H., Stroshine L., Ileleji K., Aflatoxin Reduction in Corn by Cleaning and Sorting, ASABE Annual International Meeting, Montreal, Quebec, July 13-16, 2014.
- Siwela A.H., Siwela M., Matindi G., Dube S., Nziramasanga N, Decontamination of aflatoxin-contaminated maize by dehulling, Journal of the Sciences of Food and Agriculture, 2005.
- Wu Q., Jezkova A., Yuan Z., Pavlikova L., Dohnal V., Kuca K., Biological degradation of aflatoxins, Drug metabolism review, 2009.
- Zhang Y., Li M., Liu Y., Guan E., Bian K., Reduction of aflatoxin B1 in corn by Water-assisted microwaves treatment and its effects on corn quality.