



Lettre technique d'ARVALIS

Janvier 2021 - n° 14

Sur le stockage des grains

SOMMAIRE

Retour sur deux campagnes d'essais de lutte biologique au stockage des céréales : une méthode au potentiel avéré, mais dont le positionnement est délicat

Contamination croisée blé/soja : le rôle de la manutention



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->

RETOUR SUR DEUX CAMPAGNES D'ESSAIS DE LUTTE BIOLOGIQUE AU STOCKAGE DES CÉRÉALES : UNE MÉTHODE AU POTENTIEL AVÉRÉ, MAIS DONT LE POSITIONNEMENT EST DÉLICAT

► Différentes espèces de parasitoïdes identifiées avec des cibles spécifiques

Dans une de nos précédentes lettres stockage (n° 11 novembre 2019), nous vous présentions l'intérêt de l'utilisation de certains hyménoptères parasitoïdes capables de faire baisser la pression en ravageurs des grains. En effet, des auteurs ont déjà mis en évidence la possibilité de maîtriser la population de certaines espèces primaires dont *Sitophilus oryzae* (charançon du riz), *Sitophilus granarius* (charançon des grains), *Sitophilus zeamais* (charançon du maïs) et *Rhyzopertha dominica* (capucin des grains), ou encore d'espèces secondaires dont *Oryzaephilus surinamensis* (silvain dentelé), *Plodia interpunctella* (teigne des fruits secs) et *Ephestia kuehniella* (teigne de la farine) grâce à l'utilisation d'une lutte biologique. Néanmoins, ce levier nécessite une bonne connaissance de son silo, l'historique des espèces présentes les campagnes précédentes ou bien la mise en place de pièges en amont des lâchers de parasitoïdes. Ces derniers sont spécifiques et s'attaquent uniquement aux formes larvaires de leurs hôtes cibles. Autrement dit, les lâchers d'insectes parasitoïdes seront adaptés en fonction du ou des espèces déprédatrices ciblées. Ces hyménoptères sont parfois naturellement présents dans les silos mais pour que la méthode fonctionne, il ne faut pas que la population de ravageurs soit trop excédentaire par rapport à celles des parasitoïdes. C'est pourquoi il est nécessaire d'en introduire artificiellement, en se positionnant dès que les conditions printanières deviennent favorables à la reprise de l'activité reproductive des ravageurs, en complément d'un nettoyage des locaux. Cette lutte précoce contribuera alors à prévenir une colonisation des grains (a priori dépourvus de ravageurs en sortie du champ). L'intérêt de ces lâchers est par ailleurs d'éliminer les insectes dans des espaces « réservoirs » qui ne sont ni nettoyés, ni traités, faute d'accessibilité (boîtes de chute, gaines de ventilation, nettoyeurs-séparateurs...).

► Le principal fournisseur de solutions de lutte biologique pour le stockage des grains en Europe est la firme allemande AMW Nützlinge. Ses solutions sont distribuées en France par Fertimap Bio-contrôle.

► ARVALIS - Institut du végétal a décidé d'évaluer la méthode en conditions réelles sur son dispositif d'expérimentation, la Plateforme Métiers Du Grain (91), contre le ravageur le plus fréquemment rencontré dans les silos français : le charançon du riz

Deux campagnes d'essais ont été conduites (en 2019 et en 2020), à partir de la solution LarioMix® d'AMW, mélange de deux espèces de parasitoïdes *Lariophagus distinguendus* et *Anisopteromalus calandrae* (figures 1 et 2), spécifiques des

ravageurs primaires des céréales et complémentaires du fait de leur intervalle de températures optimales pour leur activité de parasitisme.



Une température minimale de 15 °C est nécessaire pour que ces insectes soient actifs. Si *Lariophagus distinguendus* est négativement impacté par des températures supérieures à 30 °C, lorsque les températures dépassent ce seuil, l'insecte parasitoïde *Anisopteromalus calandrae* est alors plus efficace. Cependant, le seuil de température maximum est de 40 °C, au-delà les 2 espèces failliront à leur tâche (Niedermayer et al., 2012). AMW, dans sa brochure, revendique un optimum de température entre 23 et 28 °C, pour tirer au maximum profit de la méthode.



Figure 1 : Adulte *Lariophagus distinguendus*



Figure 2 : Adulte *Anisopteromalus calandrae*

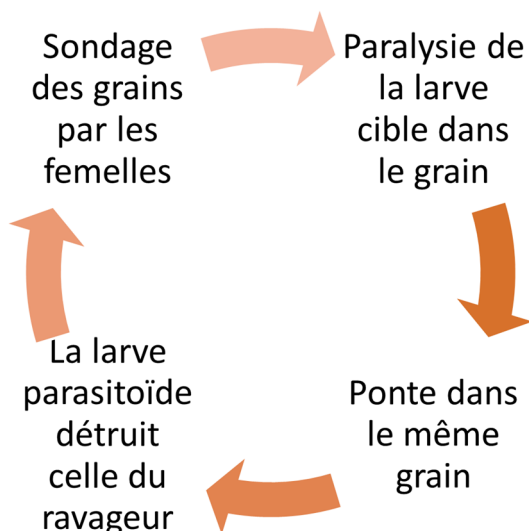


Figure 3 : Mode d'action des hyménoptères parasitoïdes de ravageurs primaires des céréales stockées

Les femelles adultes repèrent les larves de ravageurs cachées au sein des grains, les paralysent et pondent un œuf accolé à la larve paralysée, qui permettra son futur développement (figure 3). C'est ainsi que la descendance des ravageurs est supprimée. La population de parasitoïdes disparaît ensuite naturellement à son tour lorsque la population d'hôtes ne leur permet plus de se développer ou lorsque les conditions ambiantes ne leur sont plus favorables.

L'étude au laboratoire de Lucas et Riudavets (2002) a montré des résultats très positifs avec une baisse d'émergence de charançons du riz de 98 % grâce au parasitisme de *L. distinguendus* et de 79 % grâce à l'activité de *A. calandrae*, en

conditions contrôlées à 25 °C et 70 % d'humidité relative. Les conditions ambiantes dans les locaux de stockage, a priori plus stables et moins extrêmes qu'au champ, devraient rendre possible l'activité de ces auxiliaires. Néanmoins, à l'exception d'une étude en conditions réelles menée par Flinn (1996) mais avec une autre espèce de parasitoïdes destinée à lutter contre *Rhyzopertha dominica* (capucin des grains), aucune étude publiée ne s'était intéressée à la lutte biologique contre *Sitophilus oryzae* (charançon du riz) dans un silo. C'est pourquoi ARVALIS - Institut du végétal a investigué la question.

Pour cela, après une sanitation physique (brossage et aspiration) des locaux, quatre lâchers successifs de LarioMix® ont été effectués (figure 4), avec deux semaines d'intervalle (durée totale de traitement de deux mois), selon les recommandations du fournisseur. Lors de la première campagne, la fenêtre de traitement en pré-récolte s'est étendue de fin avril à fin juin. Lors de la seconde campagne, la fenêtre était plus tardive, de mi-mai à mi-juillet. Les conditions ambiantes ont été mesurées et enregistrées à chaque emplacement traité de la plateforme, durant chaque essai.



Figure 4 : Solution LarioMix® (AMW)

En amont des traitements, du blé tendre était infesté et incubé à 25 °C et 70 % HR durant une semaine avec des charançons du riz adultes de manière à obtenir du blé avec des formes cachées

pour l'essai de lutte biologique dans la plateforme. Le blé était ensuite réparti dans des seaux de 1 kg, fermés ou non, pour empêcher ou permettre l'accès aux grains par les parasitoïdes (respectivement témoins ou parasités). Ces seaux étaient disposés à différents emplacements de la plateforme, situés à différentes hauteurs, donc soumis à des conditions ambiantes différentes.

Campagne 1 (2019) : Les emplacements testés étaient :

- Un toit de cellule à proximité du nettoyeur-séparateur, à 7m du sol (figure 5)
- Un cône de cellule métallique, à 1m du sol (figure 6)
- Un pied d'élevateur à -3m du sol.

Campagne 2 (2020) : Les emplacements testés étaient :

- Un toit de cellule, à 7m du sol
- Un cône de cellule métallique à 1m du sol.



Figure 5 : Seaux de blé infesté en toit de cellule

A l'issue des lâchers, les charançons émergés étaient dénombrés dans chaque seau puis les seaux étaient remis à incuber en conditions contrôlées, afin de favoriser l'émergence des éventuels descendants de ravageurs toujours en

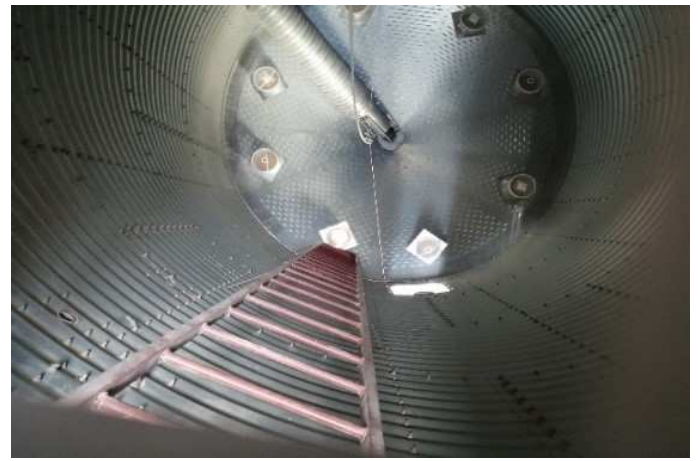


Figure 6 : Seaux de blé infesté en cône de cellule

développement. De nouveaux dénombrements avaient alors lieu 4 et 7 semaines après retrait de la plateforme et incubation. Les conditions ambiantes durant les phases de traitement sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Conditions ambiantes durant les essais de lutte biologique dans la plateforme

Campagne	Emplacement	Température moyenne (°C)	Température max (°C)	Humidité relative moyenne (%)
2019	Toit de cellule	17.4	40.0	58.6
	Cône de cellule	15.5	32.4	63.6
	Pied d'élévateur	11.9	14.5	76.4
2020	Toit de cellule	22.5	46.6	49.8
	Cône de cellule	20.7	36.8	55.1

► Une méthode qui nécessite un bon positionnement pour exprimer tout son potentiel

Les 2 campagnes d'essais ont montré des résultats mitigés, avec une efficacité très intéressante démontrée à certains emplacements mais pas à d'autres.

Campagne 2019

Lors de la campagne 2019, les parasitoïdes ont été particulièrement efficaces en haut de cellule, là où il faisait le plus chaud, avec une réduction significative d'émergences de 66 % constatée après 4 semaines d'incubation et atteignant 96 % après 7 semaines d'incubation (figure 7). Il s'agit donc d'un résultat très satisfaisant dans un objectif de prévenir le développement de populations de ravageurs. Concernant le grain infesté placé dans le bas des cellules, où la température n'a pas toujours été idéale pour l'activité des parasitoïdes et le développement des charançons, le traitement n'a montré d'effet significatif qu'après 7 semaines d'incubation avec une réduction de 65 % du nombre de charançons émergés. Néanmoins le nombre d'émergences total est resté assez faible même dans le grain témoin (une centaine au total en cumulant les 2 relevés contre plus de 600 qui étaient attendues compte-tenu des pontes initiales). Enfin, le grain maintenu en pied d'élévateur était en conditions trop froides durant la période de

traitement et cela a engendré une mortalité importante des formes larvaires de charançons qui n'ont quasiment pas émergé, même dans les témoins. Il n'est donc pas possible d'évaluer l'efficacité des parasitoïdes pour éradiquer la population de charançons dans le grain à cet emplacement et il semble que cette méthode y présente peu d'intérêt.

Campagne 2020

Lors de la campagne 2020, peu d'émergences ont été observées dans les unités expérimentales sur le toit de cellule. En effet, seulement 2 unités expérimentales, un seau témoin et un seau parasité, ont généré la quasi-totalité des descendants apparus à cet emplacement (seulement 335 charançons au total comptabilisés en fin d'essai à cet emplacement, tous seaux confondus, ce qui est faible comparé aux 9551 charançons émergés au total dans les unités sur le cône de cellule). Aucune différence significative n'a été révélée, quelle que soit la date d'observation, probablement du fait que la plupart des seaux n'ont présenté aucun insecte émergé, qu'ils soient traités ou non. Ceci est sûrement lié aux pics de températures survenus à 7 reprises à cet emplacement durant les 2 mois de traitement (jusqu'à 46,6 °C, cf. tableau 1), parfois pendant plusieurs heures, et qui peuvent s'apparenter à de la thermo-désinsectisation sur les formes juvéniles de charançons que contenaient les grains. Contrairement à la campagne 2019, la méthode n'a pas démontré son intérêt à cet emplacement.

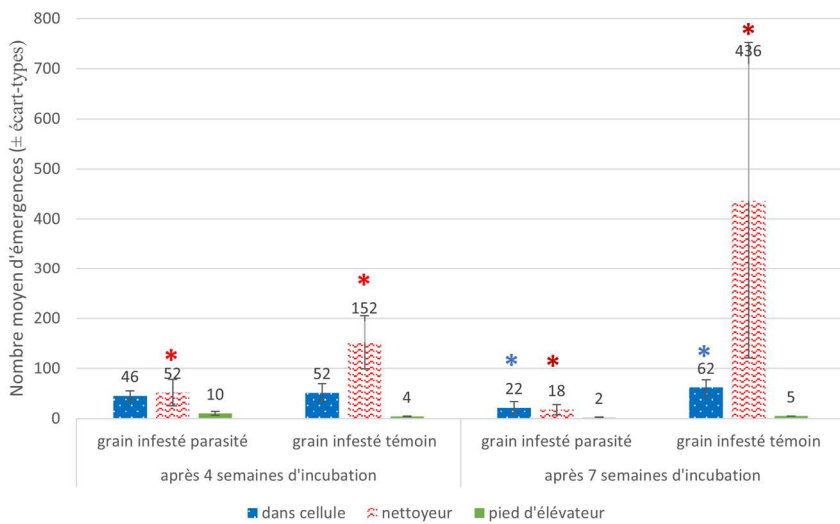


Figure 7 : Emergences de charançons du riz après 8 semaines de traitement (parasitisme du grain ou non) suivi de 4 à 7 semaines d'incubation. Des émergences significativement différentes selon le traitement, à une date d'observation donnée et un emplacement donné, sont signalées par un * de même couleur

Cependant, au niveau du cône de la cellule, le traitement a permis de faire baisser de 41 % le nombre d'insectes émergés dès la fin des 8 semaines de traitement. Cette réduction a atteint 71 % en fin d'essai, après 7 semaines d'incubation supplémentaires. Néanmoins, cela correspond à une densité de 533 charançons par kilogramme de blé à l'issue du traitement et de l'incubation : les ravageurs ayant une vitesse de développement exponentielle, une telle réduction ne semble pas suffisante pour prévenir dans la durée l'infestation



Ceci est sûrement lié aux pics de températures survenus à 7 reprises à cet emplacement durant les 2 mois de traitement (jusqu'à 46,6 °C, cf. tableau 1), parfois pendant plusieurs heures, et qui peuvent s'apparenter à de la thermo-désinsectisation sur les formes juvéniles de charançons que contenaient les grains. Contrairement à la campagne 2019, la méthode n'a pas démontré son intérêt à cet emplacement.

Cependant, au niveau du cône de la cellule, le traitement a permis de faire baisser de 41 % le nombre d'insectes émergés dès la fin des 8 semaines de traitement. Cette réduction a atteint 71 % en fin d'essai, après 7 semaines d'incubation supplémentaires. Néanmoins, cela correspond à une densité de 533 charançons par kilogramme de blé à l'issue du traitement et de l'incubation : les ravageurs ayant une vitesse de développement exponentielle, une telle réduction ne semble pas suffisante pour prévenir dans la durée l'infestation des céréales stockées.

► Un bilan en demi-teinte après 2 campagnes d'essais

Finalement, lors des deux campagnes d'essais de lutte biologique en tant que traitement des locaux, les essais ont été perturbés du fait de températures non favorables aux insectes (parasitoïdes comme ravageurs ciblés), à certains emplacements de la plateforme. Au printemps 2019, les emplacements les plus bas (pieds d'éleveurs et cônes) avaient montré des températures trop faibles pour démontrer l'efficacité du traitement, alors qu'en toit de cellule, une forte réduction d'émergence de 96 % avait été observée. A l'inverse, au printemps 2020, c'est l'emplacement le plus haut qui a montré des températures trop élevées pour évaluer le traitement appliqué. Toutefois, une réduction significative de l'ordre de 70 % de descendance de charançons du riz a été obtenue en bas de la cellule. Bien que son efficacité puisse être démontrée, cette méthode de traitement des locaux ne suffit pas dans toutes les situations pour s'affranchir des infestations lors de la préparation des locaux.

Enfin, obtenir une fenêtre climatique favorable à son positionnement chaque campagne pendant toute la durée du traitement (8 semaines) semble délicat. Une bonne connaissance du silo est nécessaire pour positionner ce traitement aux endroits les plus adaptés en termes de température pour que la méthode ait un intérêt. Toutefois, cette méthode reste séduisante du fait d'une mise en œuvre relativement simple et de la mise en œuvre d'un mécanisme naturel, qu'il est intéressant d'exploiter dans un objectif de protection intégrée des céréales stockées. Concernant son coût, il est difficilement estimable à la tonne de grains stockés car c'est un traitement par emplacement ; selon la configuration des silos, en particulier la hauteur des cellules, le coût à la tonne variera.

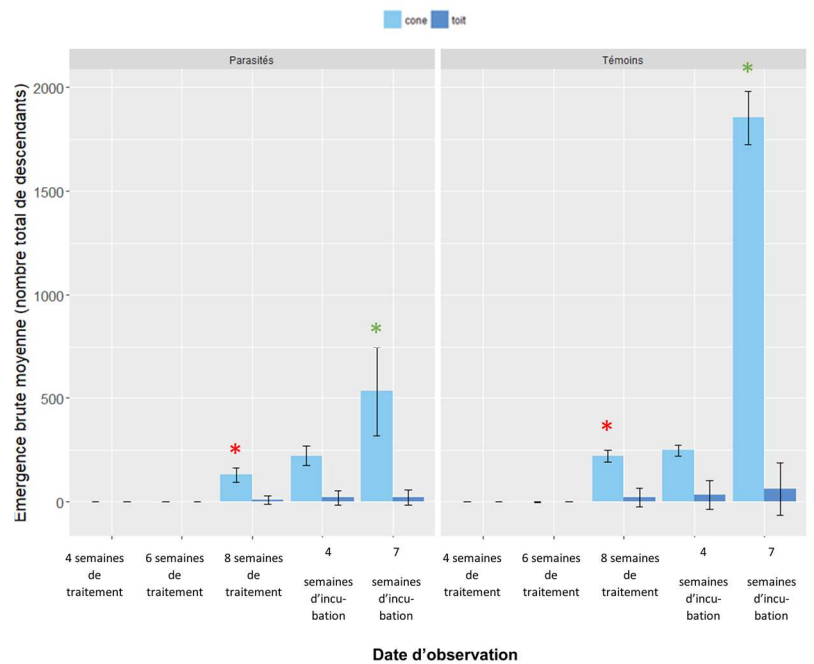


Figure 8 : Nombre moyen de charançons du riz émergés au fil de l'essai selon l'emplacement (cône ou toit de cellule) et selon le traitement (parasité ou témoin non traité). Des émergences significativement différentes selon le traitement, à une date d'observation donnée et un emplacement donné, sont signalées par un * de même couleur

AMW, 2014. Lutte biologique contre les coléoptères nuisibles des stockages à l'aide d'auxiliaires mini-guêpes *Lariophagus* [en ligne]. Disponible sur : http://www.amwnuetzlinge.de/Stockage-Lutte-contre-les-coleopteres:_:34.html?language=fr. Consulté le 01/06/2018.

Flinn P.W., Hagstrum D.W., McGaughey W.H., 1996. Suppression of beetles in stored wheat by augmentative release of parasitic wasps. *Environ. Entomology*, 25, pp. 505-511.

Lucas E., Riudavets J., 2002. Biological and mechanical control of *Sitophilus oryzae* in rice. *J. Stored Prod. Res.*, 38, pp. 293-304.

Niedermayer S., Obermaier E., Steidle J.L.M., 2012. Some like it hot, some not : Influence of extreme temperatures on *Lariophagus distinguendus* and *Anisopteromalus calandrae*. *J. Appl. Entomol.*, 137, pp. 146-152.

CONTAMINATION CROISÉE BLÉ / SOJA : LE RÔLE DE LA MANUTENTION

La prévalence des allergies alimentaires en France est estimée entre 2 et 6,8% de la population, selon les études et la population étudiée. Depuis 2011, le règlement européen INCO prévoit que la présence d'ingrédients allergènes dans le produit soit clairement mentionnée. En 2015, l'observatoire de la qualité de l'alimentation (Oquali) a conduit une étude sur plus de 17900 produits emballés, soumis au règlement INCO. Il en est ressorti que 73% de ces produits mentionnaient la présence d'au moins un des 14 allergènes majeurs définis par le règlement et que 39% comportaient un étiquetage de précaution (de type « susceptible de contenir [...] ») afin d'alerter le consommateur d'une possible contamination croisée. Parmi cet étiquetage de précaution, 12% concernait une présence fortuite de soja¹. Dans la filière céréalière, la meunerie est de plus en plus souvent confrontée à des litiges avec ses clients en raison de la présence fortuite, dans les farines, de protéines de soja. C'est pourquoi, à la demande d'Intercéréales, nous avons conduit, sur la PFMG, des travaux visant à quantifier le risque de contamination croisée blé/soja dans les circuits de manutention.

N.B. En l'absence de seuil réglementaire, nous avons utilisé pour conduire cette première réflexion, sur proposition de l'ANMF, un seuil d'étiquetage de 10 mg d'allergène/kg. Ce seuil est issu de travaux australiens basés sur la quantité maximale de soja qui peut être ingérée par la majorité des allergiques sans risque². Il ne constitue ni un seuil réglementaire, ni un seuil contractuel.

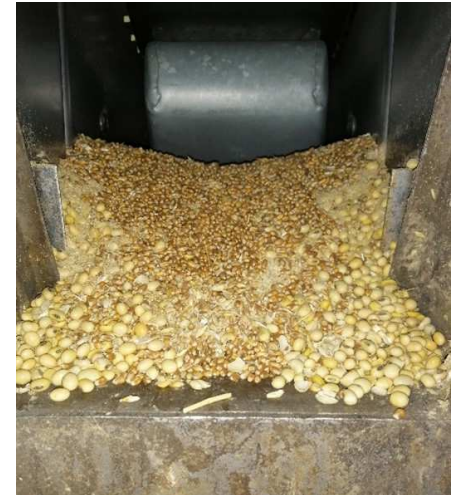


Figure 1 : Pied d'élevateur rempli de blé et de soja (après passage dans le circuit d'un soja puis d'un blé)

► Contamination du circuit par des graines de soja...

Pour mesurer l'impact des circuits de manutention dans les contaminations croisées blé/soja, nous avons volontairement contaminé le circuit de manutention de la plateforme Métiers du grain en faisant passer 1 tonne de graines de soja dans un circuit déterminé, choisi de manière à cumuler les zones de rétention de graines possibles (pieds d'élevateurs, boîte de chute, balance...). Afin de maximiser la rétention de graines de soja, nous avons au préalable nettoyé les pieds d'élevateurs, de manière à les vider des grains de blés résiduels et ainsi « laisser la place » aux graines de soja.

► ... Puis contamination du blé



Une fois le circuit contaminé, nous avons fait passer 5 tonnes de blé tendre, récolté sur la ferme ARVALIS à Boigneville, par le même circuit que le soja. Le blé ainsi contaminé a été désilé, et lors de ce désilage, un prélèvement d'échantillons a été réalisé à l'aide d'un échantillonneur de circuit, à raison d'un échantillon tous les 100 kg. Chaque échantillon, numéroté selon son ordre de prélèvement, a ensuite été analysé sur deux critères : les graines ou débris de graines de soja ont été triés manuellement et pesés (Figure 2), puis, après avoir reconstitué l'échantillon en y remettant les graines ou brisures de soja, une recherche d'allergène de soja dans l'échantillon de blé a été déterminée à l'aide d'un test ELISA (kit Ridascreen Fast Soya R7102, laboratoire Phytocontrol).

Cet essai a été répété une fois à l'aide de 5 tonnes supplémentaires de blé. Entre les deux lots de blé, les pieds d'élevateurs ont été nettoyés et le circuit recontaminé avec le même lot de soja.

Figure 2 : Tri des graines et débris de soja présents dans un échantillon de blé

¹ ANSES 2018. Saisine n°2015-SA-0257 relative à « l'actualisation des données du rapport « allergies alimentaires : état des lieux et propositions d'orientations »

² Allergen Bureau, 2020. The Food Industry Guide to the voluntary incidental trace allergen labelling (VITAL®) program

► Contamination résultante des lots de blé par des graines de soja

Au total, 101 échantillons ont été analysés. La totalité des échantillons contenait des brisures ou des graines de soja. Les contaminations des deux lots de blé tendre (A et B) n'étaient pas significativement différentes (test de Mann-Whitney), le taux moyen global de soja était 0,1466 % pour le lot A et 0,1810 % pour le lot B. Les taux individuels par lot figurent en Tableau 1. Cette contamination n'est pas de nature à rendre le blé non commercialisable, sur la base de l'addendum II du contrat Incograin (marchandise refusable au-delà d'un seuil de 3% d'impuretés diverses).

	Lot A	Lot B
Moyenne	0,148	0,178
Médiane	0,117	0,116
Ecart-type	0,166	0,0243
Min	0,003	0,003

Tableau 1 : taux de soja (%) des échantillons de blé tendre

► Décontamination très progressive du circuit

Le niveau de contamination individuel des échantillons évolue avec le temps, de manière similaire entre les deux lots : forte décroissance sur les 10 premiers échantillons (représentant environ 1 tonne) puis stabilisation (ou lente décroissance) ensuite (Figure 3).

A l'issue du passage des 5 tonnes de blé, la contamination reste supérieure à 0,009% de soja, ce qui correspond environ à 10 mg/kg d'allergène soja. Par modélisation, nous avons cherché à estimer le tonnage de blé nécessaire pour que la teneur en allergène passe sous 10 mg/kg : selon les modèles, ce tonnage varie entre 9 et 44 tonnes...

► Une stratégie de décontamination à déterminer

Cet essai montre bien la réalité de la contamination fortuite de lots de blé tendre par des graines de soja. Sur la base de ces résultats, il n'apparaît pas possible, sans précaution particulière, de stocker sur un même site du soja et du blé tendre si l'on souhaite garantir un blé « sans allergène ». Le niveau, en valeur absolue, de la contamination observée n'est toutefois pas extrapolable à d'autres sites

de stockage car certainement dépendant des différents points de rétention dans le circuit.

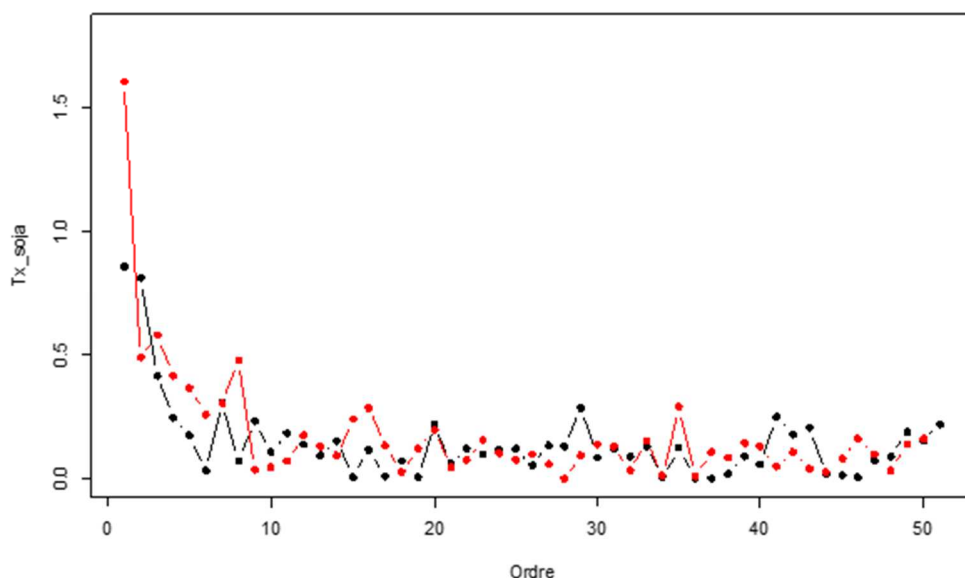


Figure 3 : Evolution du taux de soja (% massique) des échantillons selon leur ordre de passage dans les deux lots de blé

► Contamination par des protéines de soja

Le test ELISA présente une limite de détection à 0,24 mg/kg de protéines, une limite de quantification à 2,5 mg/kg et sature au-delà de 200 mg/kg. Les résultats obtenus sur l'ensemble des échantillons (101) sont les suivants :

- 100 % des échantillons présentent des résultats supérieurs à la limite de détection (0,24 mg/kg),
- 3 échantillons présentent des résultats inférieurs à la limite de quantification (2,5 mg/kg),
- 64 échantillons présentent des résultats supérieurs à 200 mg/kg (saturation des tests).

Compte tenu du grand nombre d'échantillons présentant une teneur en protéines au-delà de 200 mg/kg, aucune moyenne ne peut être calculée.



En absence de réglementation sur la présence fortuite d'allergène, la doctrine de la DGCCRF est que les industriels doivent évaluer les risques de contamination et tout mettre en œuvre pour les réduire³, ce qui peut les conduire à imposer des seuils, ou des pratiques de nettoyage, à leurs fournisseurs. Dans ce cadre, il a été décidé de poursuivre ce premier travail en évaluant l'impact sur la contamination croisée blé/soja 1) d'un nettoyage des zones accessibles du circuit avant passage du blé (nettoyage des pieds d'élévateur) et 2) d'un nettoyage du blé tendre avant expédition. Les essais se dérouleront en janvier 2021 sur la PFMG.

Katell CREPON

k.crepon@arvalis.fr

³ <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Allergene-alimentaire>

Déterminez les performances d'un système de ventilation avec **Venti-LIS® diagnostic**

Venti-LIS diagnostic vous permet de réaliser un autodiagnostic des installations de ventilation soufflantes pour le stockage des grains. Cet outil, accessible gratuitement en ligne évalue les capacités de refroidissement de votre installation de stockage en silo ou à plat.

Avec Venti-LIS diagnostic, déterminez en quelques clics :

■ Le nombre d'heures de refroidissement nécessaires, en fonction de votre installation (dimensions du stockage, type de grains stockés, nombre de gaines etc.) sur la base d'une simple mesure d'élévation de température (en entrée et sortie de ventilateur).

■ Le nombre d'heures efficaces de refroidissement à partir des températures horaires observées sur la station météo la plus proche du silo.

Venti-LIS®

Venti-LIS diagnostic est un outil proposé par ARVALIS - institut du végétal et fonctionne pour la plupart des grains stockés (blé, orge, colza, tournesol, maïs, tournesol, maïs, soja, pois, féverole).



<https://ventilis.arvalis-infos.fr/accueil>

Comité de rédaction : Katell CREPON, Marine CABACOS, Jean-Yves MOREAU, Amélie TANGUY

Editeur : ARVALIS - Institut du végétal - 3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS - www.arvalisinstitutduvegetal.fr

Stock@ge est distribué gratuitement par voie électronique sur simple demande à la rédaction et téléchargeable sur www.arvalis-infos.fr

Copyright © ARVALIS - Institut du végétal 2021. Reproduction interdite sans autorisation et citation de la source.