



Sommaire

- La conservation des grains en big bags NOX : un procédé physique au service de la protection contre les ravageurs
- Datura : le nettoyage ramène des lots de maïs contaminés en dessous des seuils réglementaires.

Inscrivez-vous - Rappel

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

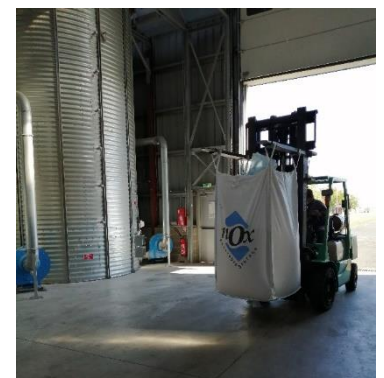
<https://www.arvalis-infos.fr/demande-d-informations-@/view-127-dynamicform.html>

conservés de cette façon, ils sont alors soumis à une atmosphère enrichie en CO₂ et se trouvent donc en conditions d'hypercapnie (excès de CO₂). Or, différentes études ont montré que cet excès de CO₂ met en péril la survie des principales espèces déprédatrices des céréales stockées (BANKS et ANNIS, 1990 ; FLEURAT-LESSARD, 1990 ; JAVAS et JEYAMKONDAN, 2002). Les mécanismes biologiques expliquant leur mortalité sont encore méconnus mais il semblerait que l'hypercapnie engendre leur immobilisation et l'ouverture permanente de leurs spiracles (orifices respiratoires présents sur les deux côtés de leur abdomen), ne permettant plus la régulation de leurs pertes en eau. La durée d'exposition létale pour l'insecte varie selon l'espèce, son stade de développement mais également la température du milieu qui régit son activité et sa respiration.

Les big bags NOX standards ont une capacité de l'ordre d'une tonne de blé tendre (d'autres modèles peuvent néanmoins être délivrés par le fournisseur). Ils offrent une nouvelle possibilité de lutte curative contre les insectes mais plutôt pour de petites quantités de céréales en « hôpital » dans le cas de contrats spécifiques avec une interdiction de l'utilisation d'insecticides. Plus largement, ils peuvent être adoptés comme méthode de stockage sans risque pour des structures à plus faible tonnage et/ou avec des débouchés plus rémunérateurs. Ils sont utilisables pour le stockage des grains issus de l'agriculture biologique. D'autre part, cette méthode est particulièrement intéressante pour protéger les semences contre des infestations qui altéreraient leur capacité germinative.

Le stockage en big bag NOX : comment ça marche ?

1. La première étape pour stocker ses grains selon le procédé NOX est de déplier le big bag et d'utiliser un souffleur. Il est primordial de gonfler le sac et ainsi tendre le liner interne pour éviter tout pli qui pourrait affecter l'étanchéité du big bag, sous le poids des grains.
2. Il est ensuite possible de procéder au remplissage du sac avec les grains, en se positionnant sous une trémie et en maintenant la couche interne du sac pour éviter qu'elle ne glisse. Il faut veiller à ne remplir le sac qu'au 4/5 de sa capacité totale, afin de conserver suffisamment d'espace intérieur pour le CO₂.
3. Une thermo soudeuse est nécessaire pour souder et fermer hermétiquement les feuillets supérieurs de la paroi interne du sac.





4. Un vide partiel est ensuite réalisé en utilisant un aspirateur connecté sur la valve d'aspiration présente en haut de la paroi interne du sac. L'aspiration de l'air intérieur est poursuivie jusqu'à compactage complet du sac.

5. L'augmentation de la teneur interne du sac en CO₂ intervient alors : une bouteille de CO₂ alimentaire et un kit d'injection (fournis en pack à l'achat des big bags) sont assemblés et connectés à la valve du big bag afin de le gonfler en CO₂.

6. Le big bag rempli est désormais prêt à être stocké en bâtiment, à l'air ambiant. Il n'est pas utile de le stocker en chambre froide, cela ralentirait l'action insecticide du procédé.

Un essai ARVALIS pour tester l'efficacité de cette méthode contre formes adultes et cachées de charançons du riz et capucins des grains

Dans le cadre de cet essai, 9 big bags NOX munis de cages de blé infesté parmi la masse de blé totale ont été constitués, comme présenté précédemment. Lors du remplissage des big bags, des cages comportant 500 g de grain infesté par des formes adultes et larvaires de charançons du riz (*Sitophilus oryzae*) et de capucins des grains (*Rhyzopertha dominica*) ont été placées à 3 hauteurs différentes dans la masse de grains, au fil du remplissage. Certaines étaient positionnées dans les premiers centimètres de la masse de grains, d'autres à mi-hauteur et les dernières déposées à la surface du grain en fin de remplissage. Ceci avait pour objectif de vérifier l'homogénéité du traitement au sein d'un big bag.

En parallèle, 3 conteneurs métalliques témoins non traités ont également été remplis du même blé tendre (variété Sacramento, récolte 2019) dans lequel ont été placées des cages infestées avec les 2 mêmes espèces d'insectes à 3 hauteurs différentes, comme dans les big bags. Nous avons ainsi 3 réplicats (cages infestées) pour chaque modalité de traitement. L'ensemble de ces contenants a été conservé à l'air ambiant dans la Halle Technologique des Céréales d'ARVALIS - Institut du végétal (91), courant septembre 2019. La température moyenne dans les grains était de $18,6 \pm 1,5$ °C et l'humidité relative moyenne de $53,7 \pm 5,3$ %, durant l'essai.

Les insectes adultes sont éliminés en seulement 2 jours

Des vidanges complètes et simultanées de 3 big bags sont survenues à 3 dates différentes afin de récupérer les cages infestées logées dans le grain et ainsi observer la mortalité des adultes des 2 espèces ciblées. Un tiers des cages logées dans les conteneurs témoins, pour chacune des 3 hauteurs, ont aussi été récupérées aux mêmes dates de vidange des big bags. Ces dates d'observation sont survenues 2, 7 et 20 jours après conditionnement des blés.

L'augmentation de la teneur en CO₂ dans les big bags est venue à bout de 100 % des formes adultes de charançons du riz et de capucins des grains en seulement 2 jours, quel que soit le positionnement des insectes au sein de la masse de grains (figure 1). Le taux de CO₂ était donc suffisant en tout point du big bag pour engendrer une mortalité totale des insectes adultes. A l'inverse, une mortalité naturelle faible, de 2 à 3 %, a été observée dans les cages témoins non traitées, validant l'effet insecticide du procédé NOX. Les observations suivantes, réalisées sur les cages infestées provenant des big bags vidangés 7 à 20 jours après leur conditionnement, ont confirmé ces résultats avec là aussi une mortalité totale des adultes chez les deux espèces.

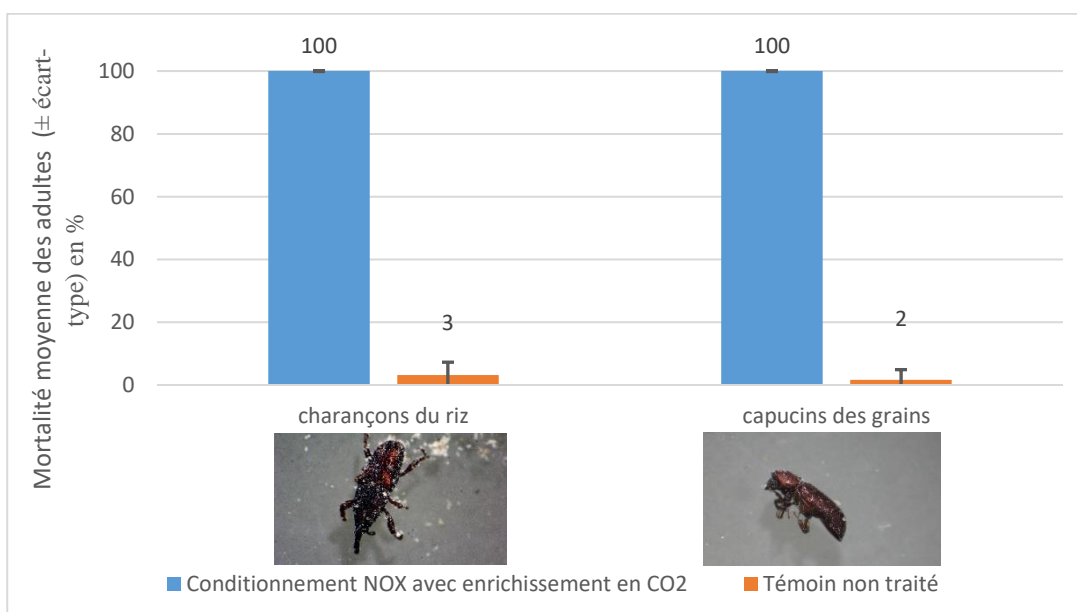


Figure 1 : Mortalités moyennes des adultes de 2 espèces de ravageurs étudiées (charançons du riz et capucins des grains) selon le conditionnement du blé pendant 2 jours.

Leur descendance est éradiquée en 1 à 3 semaines

Après évaluation de la mortalité des adultes à chaque date, le contenu des cages a été conservé et placé en incubation (à 25°C et 70 % d'humidité relative) afin d'évaluer l'efficacité du traitement sur l'émergence des formes juvéniles des deux espèces. Au bout des 6 à 8 semaines d'incubation selon l'espèce, la totalité des descendants émergés dans les lots de blé des big bags NOX a été dénombrée et comparée à celle comptabilisée dans les cages témoins.

Concernant les charançons du riz, leur descendance était significativement réduite, de 44 %, dès 2 jours de conditionnement NOX mais il faut attendre 20 jours avant vidange des big bags pour obtenir une désinsectisation totale pour cette espèce (figure 2).

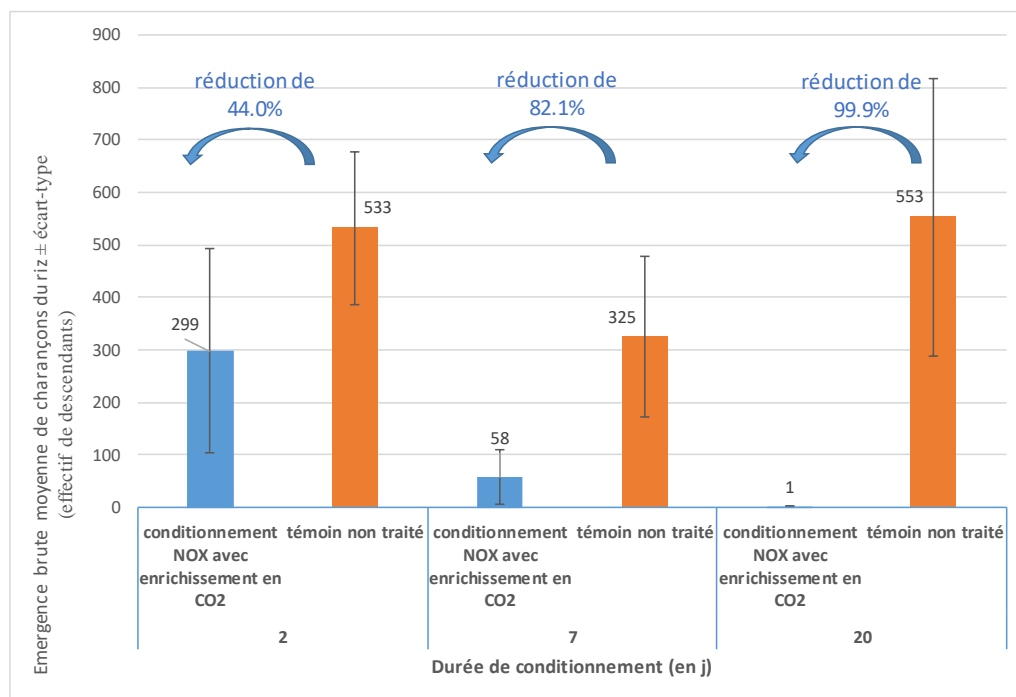


Figure 2 : Emergences brutes moyennes (c'est-à-dire effectifs de descendants totaux) de charançons du riz dans les différents échantillons de blé selon leur conditionnement, en big bag à atmosphère enrichie en CO₂, ou en conteneur à l'air libre

La descendance des capucins des grains est visiblement plus sensible à l'hypercapnie, car une baisse d'émergence de plus de 57 % a été constatée dès 2 jours en big bag NOX et a atteint 100 % en seulement 1 semaine (figure 3).

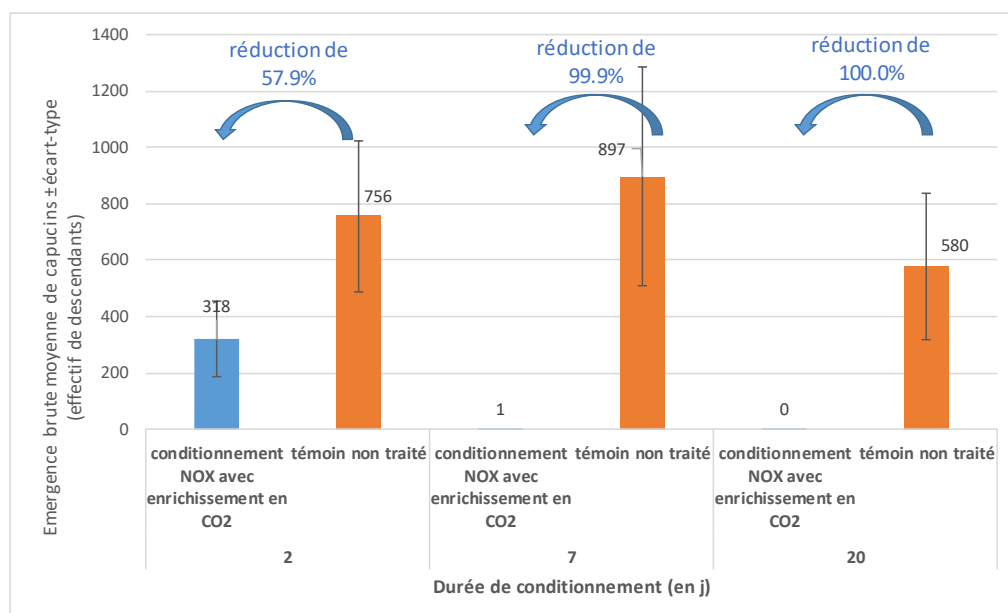


Figure 3 : Emergences brutes moyennes (c'est-à-dire effectifs de descendants totaux) de capucins des grains dans les différents échantillons de blé selon leur conditionnement, en big bag à atmosphère enrichie en CO₂, ou en conteneur à l'air libre

Le positionnement des insectes dans le big bag n'a pas eu d'effet significatif sur la baisse de descendance engendrée par le traitement, que ce soit pour le charançon du riz ou le capucin des grains. Ces résultats laissent donc penser que la teneur en CO₂ est homogène dans tout le big bag, ou du moins qu'elle est suffisamment élevée en tout point pour une désinsectisation à vitesse égale.

Un traitement efficace mais à quel coût ?

Le principal inconvénient de cette solution est son coût. Il est estimé entre 20 et 25 euros la tonne s'il y a réutilisation du big bag 3 fois (la longueur des feuillets de remplissage et de vidange offrent la possibilité d'être soudés plusieurs fois), le coût du CO₂ alimentaire étant compris, mais auquel s'ajoutent les frais de matériel pour injecter le gaz et souder les big bags (en location éventuellement) et le temps de main d'œuvre. Ceci destine donc principalement cette méthode de lutte pour des denrées agricoles à plus forte valeur ajoutée que le blé tendre, ou bien pour honorer des contrats spécifiques davantage rémunérateurs pour les stockeurs.

A noter que le stockage NOX rapporte 0,72 crédits CEPP par big bag.

Finalement, les big bags NOX se révèlent être une alternative intéressante, pour une utilisation préventive ou curative contre les ravageurs des grains stockés.

Marine CABACOS
m.cabacos@arvalis.fr

Références bibliographiques

BANKS H.J., ANNIS P.P., 1980. Conversion of existing grain storage structures for modified atmosphere use. In : Shejbal L. (Eds) Controlled atmosphere storage of grains. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

FLEURAT-LESSARD, F., 1990. Effect of modified atmospheres on insect and mites infesting stored products. In: Food Preservation by Modified Atmospheres. Calderon, M., Barkai-Golan, R. (Eds), CRC press, Inc., Boca Raton.

JAYAS D.S., JEYAMKONDAN S., 2002. Modified Atmosphere Storage of Grains Meats Fruits and Vegetables. Biosystems Engineering (2002) 82 (3), 235–251.

Datura : le nettoyage ramène des lots de maïs contaminés en dessous des seuils réglementaires

Qu'est-ce que le Datura et pourquoi vouloir le retirer lorsqu'il est présent dans des lots de maïs ?

Le Datura est une adventice qui se développe dans les cultures de printemps telles que le maïs (figure 1 et figure 2). Cette plante, de la famille des Solanacées, contient des alcaloïdes tropaniques, des molécules qui agissent notamment sur le système nerveux. Les alcaloïdes contenus dans le Datura sont principalement l'atropine et la scopolamine. La consommation accidentelle de Datura peut causer des symptômes tels qu'une accélération du rythme cardiaque, une dilatation de la pupille et des hallucinations¹. Dans la réglementation européenne, un seuil de teneur en alcaloïdes tropaniques est défini pour le baby-food, et un seuil de teneur en graines de Datura est défini pour l'alimentation animale. Un nouveau projet de loi vise à définir un seuil de teneur en alcaloïdes pour l'alimentation humaine. Le tableau 1 présente ces différents seuils.

Une enquête réalisée par FranceAgrimer à partir d'échantillons de maïs prélevés sur 84 parcelles du Sud-ouest de la France a montré qu'en 2017, 29 % des échantillons de maïs « sortie de champ » présentaient des teneurs en alcaloïdes tropaniques supérieures à 15 µg/kg (cf. encadré pour plus de détails). Le



Figure 1 : Plant de Datura en fleur
(Source : D. LEBOURGEOIS, Terres Innovia, 2001)



Figure 2 : Capsule de Datura ouverte, laissant apparaître les graines noires
(Source : J.B. THIBORD, ARVALIS, 2006)

¹ Reboud X., 2019 - Pourquoi et comment le Datura contamine-t-il les denrées alimentaires ?

https://theconversation.com/pourquoi-et-comment-le-datura-contamine-t-il-les-denrees-alimentaires-113772?utm_source=twitter&utm_medium=twitterbutton (consulté le 08/07/2020)

nettoyage de lots contaminés en *Datura* est-il une solution pour les ramener en dessous du futur seuil réglementaire ? Pour répondre à cette question, un essai a été réalisé par ARVALIS. Cet essai a consisté à passer des lots de maïs contenant une dose connue de *Datura* dans un nettoyeur-séparateur. Les deux objectifs de cet essai sont :

- Evaluer si le nettoyage du maïs permet de ramener des lots contaminés en *Datura* en dessous des normes réglementaires,
- Optimiser les réglages du nettoyeur-séparateur (débit et aspiration) de façon à assurer une efficacité suffisante pour retirer le *Datura* tout en minimisant la quantité de déchets.

Type d'aliment	Seuil	Référence réglementaire
Alimentation animale	1 g de graine de <i>Datura</i> /kg d'aliment	Directive 2002/32/CE du Parlement et du Conseil du 7 mai 2002
Baby-food	1 µg d'atropine et 1µg de scopolamine	Règlement (UE) 2016/239 de la commission du 19 février 2016
Alimentation humaine	15 µg d'atropine + scopolamine/kg d'aliment	Projet en cours d'élaboration

Tableau 1 : Seuils réglementaires européens s'appliquant au maïs

Comment l'essai a-t-il été mis en œuvre ?

Un lot de maïs de 400 kg a été divisé en 16 sacs de 25 kg. 8 de ces 16 sacs ont été contaminés avec une dose de 0,01 g de graines de *Datura*/kg et les 8 autres sacs ont été contaminés avec 1 g de graines de *Datura*/kg.

Chaque sac a été passé au nettoyeur-séparateur Mini-Petkus 200. Pour cet essai, le nettoyeur était équipé d'une grille d'émottage à trous ronds de 10 mm de diamètre et d'une grille de criblage à trous ronds de 4,5 mm de diamètre (grilles préconisées par le fournisseur pour le nettoyage du maïs).

Deux niveaux de débit ont été appliqués lors de l'essai : un débit « nominal » d'environ 1 t/h et un débit d'environ 50 % de ce débit nominal (500 kg/h). Le débit nominal correspond au cran 3 de l'appareil, et le demi-débit au cran 2,5. Deux niveaux d'aspiration ont été appliqués. Le niveau d'aspiration le plus élevé correspond à celui pour lequel quelques bons grains s'envolent (cran 4 de la molette de réglage de l'aspiration). Le deuxième niveau d'aspiration est défini comme étant la moitié du premier niveau (par rapport au nombre de crans que comporte l'appareil, en l'occurrence cran 2).

Cet essai comporte 8 conditions expérimentales différentes, et chaque condition expérimentale a été répétée deux fois.

Après chaque passage au nettoyeur-séparateur, les graines de *Datura* contenues dans les bons grains et dans les différentes fractions de déchets ont été quantifiées. Dans les bons grains, les graines de *Datura* ont été quantifiées par un passage au trieur optique de laboratoire. Cet appareil avait au préalable été

calibré pour séparer le maïs et le *Datura*. Dans les issues de nettoyage, les grains de *Datura* ont été quantifiés après un tri manuel. Ces mesures ont permis de calculer le taux d'abattement du *Datura* dû au nettoyage et de savoir dans quelles fractions de déchets se retrouvent les grains de *Datura*.



Figure 3 : Grains de *Datura* et de maïs côte à côte. La différence de taille doit faciliter la séparation de ces deux espèces lors du nettoyage, puis lors du passage des bons grains au trieur optique

Les lots nettoyés sont-ils bien conformes à la réglementation ?

Le taux d'abattement est calculé selon la formule suivante (Equation 1) :

$$\tau_{\text{abatt}} = 100 * \left(1 - \frac{\text{Masse Datura bons grains}}{\text{Masse Datura initiale}} \right) \quad (1)$$

En moyenne, le taux d'abattement a été de 99,97 %. Pour les doses de *Datura* de 0,01 g/kg, tous les taux d'abattement ont été de 100 %. Pour les doses de *Datura* de 1 g/kg, des taux d'abattement inférieurs à 100 % ont été observés dans seulement 3 sacs sur 8. Ces trois sacs correspondent à des nettoyages réalisés avec une dose élevée de *Datura* et un niveau d'aspiration faible (tableau 2). Les teneurs en alcaloïdes tropaniques dans ces sacs ont été estimées à partir des résultats de l'enquête FranceAgriMer (cf. encadré). Finalement, ces trois sacs sont en dessous du seuil de 15 µg/kg. En revanche, ils sont au-dessus des valeurs seuils pour du baby-food.

Caractéristiques des sacs			Bons grains		
Débit	Aspiration 2 : aspiration faible 4 : aspiration élevée	Dose <i>Datura</i> initiale	Masse de <i>Datura</i> bons grains	Teneur en <i>Datura</i> bons grains (g/kg)	Teneur en AT estimée (µg/kg)
3	2	1	0,073	0,0029	12,88
3	2	1	0,038	0,0015	6,66
2,5	2	1	0,026	0,001	4,443

Tableau 2 : Masses de *Datura* retrouvées dans trois des 16 sacs de bons grains et estimation des teneurs en alcaloïdes tropaniques (AT) correspondantes

Quelles sont les quantités de *Datura* retrouvées dans les déchets ?

Dose <i>Datura</i> (g/kg)	Taux de récupération <i>Datura</i> (%)		
	Moyenne	Minimum	Maximum
0,01	130,8	95,9	207,8
1	98,6	97,2	99,5

Tableau 3 : Taux de récupération du *Datura* dans les issues de nettoyage

Le taux de récupération du *Datura* dans les déchets est calculé selon l'équation 2 :

$$\tau_{\text{recup}} = 100 * \frac{M_{\text{Datura GD}} + M_{\text{Datura PG}} + M_{\text{Datura ML}} + M_{\text{Datura fines}}}{M_{\text{Datura initiale}}} \quad (2)$$

Des taux de récupération supérieurs à 100 % sont observés pour les doses de 0,01 g de *Datura*/kg de maïs (tableau 3). Cela signifie que la quantité de graines de *Datura* retrouvée dans les déchets est supérieure à la quantité de *Datura* initialement introduite dans le maïs. Néanmoins, à la fin de l'essai, la totalité du *Datura* retrouvé est inférieure de 2 grammes à la quantité introduite dans le maïs (en tout 202 grammes). Il est donc très probable qu'il y ait eu de la contamination entre lots au cours de l'essai, par le fait que des graines de *Datura* restent coincées dans l'appareil de nettoyage entre deux passages.

Optimiser les réglages de l'appareil : conserver 100 % d'efficacité en minimisant les freintes ?

Dans cet essai, la proportion de déchets a été en moyenne de 1,25 %, avec un écart-type de 0,47 %. Le réglage de l'aspiration a eu un effet particulièrement marqué sur la proportion de freintes (figure 4). Ce n'est pas le cas du réglage du débit. Cette observation graphique a été statistiquement confirmée par un modèle d'ANOVA à deux facteurs : pour minimiser la quantité de déchets, le réglage à appliquer est le débit nominal et l'aspiration la moins forte. Mais un tel réglage permet-il de conserver de bons taux d'abattement ?

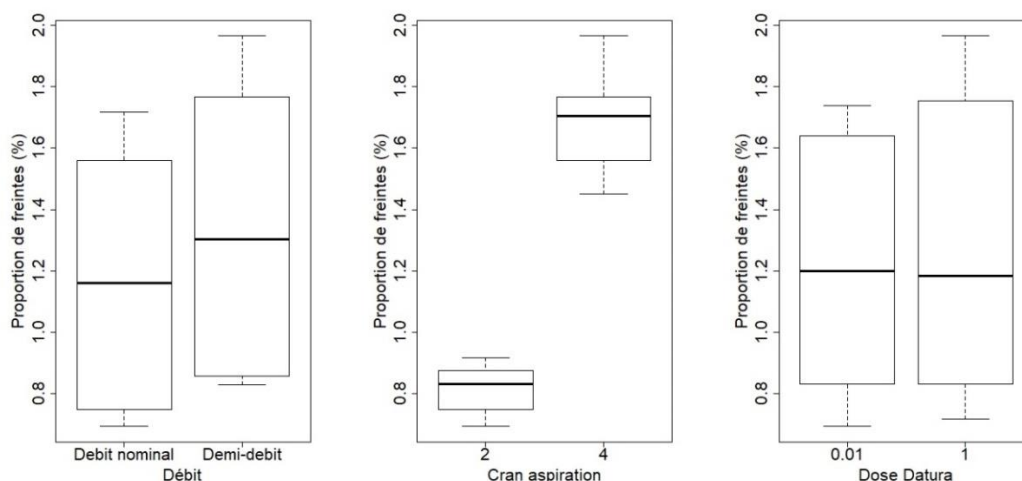


Figure 4 : Proportions de freintes pour chaque modalité de l'essai

Un modèle d'ANOVA à deux facteurs relie le taux d'abattement aux réglages (débit et aspiration). Mais ce modèle est mal corrélé aux données expérimentales (R^2 ajusté = 0,09972). Un deuxième modèle est alors créé : un modèle d'ANOVA à trois facteurs qui relie le taux d'abattement aux réglages et à la dose initiale de *Datura*. Ce modèle est mieux corrélé aux données expérimentales que le précédent (R^2 ajusté = 0,6755). Selon ce modèle, la dose de *Datura*, l'aspiration et l'interaction de ces deux facteurs ont un effet significatif sur le taux d'abattement. Ainsi, pour des lots faiblement contaminés en *Datura* (0,01 g/kg), il est possible de choisir le réglage qui minimise les quantités de déchets (aspiration plus faible) sans que cela ne pénalise le taux d'abattement. En revanche, si la contamination du maïs est importante (1 g/kg), par précaution, il est préférable d'augmenter la puissance de l'aspiration.

Quelle est la marche à suivre en cas de lots contaminés par du *Datura* ?

Dans les conditions de cet essai, le nettoyage a permis de mettre tous les sacs de maïs en conformité vis-à-vis du projet de réglementation pour l'alimentation humaine. Trois sacs sur 16 dépassaient les teneurs en alcaloïdes

tropaniques pour le baby-food. Les grilles standard pour le maïs, telles que préconisées par le constructeur de l'appareil de nettoyage (trous ronds 10 mm en émottage et trous ronds 4,5 mm en criblage) conviennent pour séparer le maïs et le *Datura*.

Les graines de *Datura* se retrouvent principalement dans les déchets mi-lourds et dans les petits grains. Le réglage de l'aspiration détermine fortement le taux d'abattement, bien plus que le débit. En cas de lots fortement contaminés en *Datura* (ici 1 g/kg), il est préférable, par mesure de précaution, de régler l'appareil de nettoyage avec une forte aspiration, notamment si le grain est destiné au baby-food. Pour des lots faiblement contaminés, ici 0,01 g/kg, l'aspiration peut rester faible, de façon à minimiser les freintes.

Des graines de *Datura* sont susceptibles de rester dans le nettoyeur-séparateur entre plusieurs passages consécutifs : ces graines finissent *a priori* par se retrouver dans les déchets et non dans les bons grains.

Amélie TANGUY
a.tanguy@arvalis.fr

Quelle est la relation entre la teneur en graines de *Datura* et la teneur en alcaloïdes tropaniques ?

En 2017 et 2018, des échantillons de maïs ont été prélevés à la récolte dans des parcelles de maïs grain. En 2017, 29 % des échantillons, tous provenant du Sud-Ouest de la France, contenaient du *Datura*. En 2018, les échantillons provenaient de toute la France métropolitaine. 8 % des échantillons contenaient du *Datura*. Parmi ceux provenant du même périmètre d'enquête qu'en 2017, 11 % contenaient du *Datura*. Cette différence importante entre deux campagnes successives pourrait être liée aux conditions météorologiques.

Les teneurs en atropine et en scopolamine ont été mesurées dans les échantillons où des graines de *Datura* avaient été détectées. Sur les campagnes 2017 et 2018, la teneur en atropine + scopolamine était en moyenne de 4443 $\mu\text{g/g}$. L'atropine représentait 76 % des alcaloïdes tropaniques, le reste étant de la scopolamine. Ces valeurs ont été réutilisées dans le cadre de l'essai ARVALIS, pour estimer la teneur en atropine + scopolamine dans les sacs de maïs, en connaissant la quantité de *Datura* qu'ils contiennent.

Références bibliographiques : pour en savoir plus

ORLANDO B., CARRERA A., BIBARD V., MELEARD B., 2019. *Datura stramonium* dans le maïs : enjeux sanitaires et complexité de gestion – Végéphyll, 24^{ème} conférence du COLUMA, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Orléans, 3, 4 et 5 décembre 2019.