



## SOMMAIRE

Efficacité du nettoyage du maïs sur les teneurs en alcaloïdes de datura .....Pages 1 - 4

La confusion sexuelle pour maîtriser les teignes dans son stockage : une solution efficace mais... .....Pages 5 - 8



**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>

## EFFICACITÉ DU NETTOYAGE DU MAÏS SUR LES TENEURS EN ALCALOÏDES DE DATURA

Le datura (*Datura stramonium* L.) est une plante toxique largement répandue sur le territoire français. Toutes les parties de *D. stramonium* contiennent des alcaloïdes tropaniques toxiques, principalement atropine et scopolamine. Dans un objectif de protection des consommateurs, des seuils maximaux en alcaloïdes tropaniques ont été fixés pour la nutrition humaine dans l'Union Européenne (Reg (UE) 2023/915). Pour le maïs, ces seuils, s'appliquant à la somme de l'atropine et de la scopolamine, varient de 5 µg/kg pour le maïs destiné à la fabrication de pop-corn ou directement destiné au consommateur final, à 15 µg/kg pour le maïs mis en marché en vue d'une première transformation.

Plante estivale, le datura est susceptible de contaminer les parcelles des cultures semées au printemps telles que maïs, millet, sorgho, sarrasin, soja ou tournesol, et par conséquent, d'en contaminer les récoltes. Des prélèvements d'échantillons sur des parcelles agricoles de maïs ont montré que 16 à 17 % des échantillons étaient contaminés par du datura ou des alcaloïdes tropaniques en 2018 et 2019 (Carrera et al., 2022). Ces contaminations se traduisent fréquemment par des dépassements réglementaires en alcaloïdes des maïs récoltés. Ainsi, entre 2019 et 2021, entre 24 % et 42 % des échantillons prélevés à l'entrée des silos de collecte présentaient des teneurs en alcaloïdes supérieures à 15 µg/kg (Carrera et al., 2022).

En post-récolte, la gestion du datura repose principalement sur le nettoyage des grains. L'utilisation d'un nettoyeur-séparateur pour éliminer les graines de datura d'un lot de maïs a montré son efficacité, avec des taux d'abattement de plus de 99 % (Tanguy A., 2020). Toutefois, il a été observé que des lots dépourvus de graines de datura pouvaient contenir des alcaloïdes à des teneurs le plus souvent en-deçà du seuil de quantification, mais dépassant parfois 15 µg/kg (Carrera et al., 2022).

Pour comprendre l'origine de cette contamination, nous avons réalisé un essai dont les objectifs sont :

- De quantifier la teneur en alcaloïdes tropaniques résiduels de lots de maïs initialement contaminés en graines de datura mais desquels ces graines auront été extraites,
- D'identifier le rôle des impuretés du maïs dans cette contamination en alcaloïdes,
- De déterminer l'impact du nettoyage des grains sur cette teneur en alcaloïdes résiduels.



Fleur de *D. Stramonium*  
(crédit : ARVALIS)

## ► Un ensemble de 88 échantillons de maïs de la récolte 2021 a été mobilisé

Ces 88 échantillons proviennent d'échantillons initiaux de 10 kg, prélevés par les organismes stockeurs après séchage et dont la teneur en graines de datura a été déterminée par le laboratoire de FranceAgriMer (La Rochelle, 17).<sup>1</sup> Les échantillons utilisés pour l'étude présentaient une masse supérieure à 2 kg et étaient issus d'un échantillon initial contenant des graines de datura. Chaque échantillon a préalablement été homogénéisé et réduit à 2kg.

La teneur en impuretés de chaque échantillon a été déterminée sur une sous-fraction de 500g, à l'aide d'une méthode adaptée de la norme NF EN 16378 (AFNOR, 2013). Les teneurs en impuretés proprement dites (IPD), graines étrangères (GE), grains avariés (GA) et grains brisés (GB) ont été mesurées. Après pesée des différentes

## ► Les échantillons de maïs, débarrassés de leurs graines de datura sont divisés en deux sous-échantillons

Ces deux sous-échantillons de 1 kg chacun sont réputés être identiques à l'échantillon initial et entre eux. Pour chaque couple de sous-échantillons appariés, un des deux sous-échantillons de 1kg est nettoyé à l'aide d'un nettoyeur-séparateur MLN (Pfeuffer GmbH) équipé d'une grille d'émottage à trous ronds de diamètre 12 mm et d'une grille de criblage à trous ronds de diamètre 4,5 mm. Une aspiration en entrée permet d'extraire les particules les plus légères. Les déchets extraits ont été pesés afin de déterminer le taux de déchets.

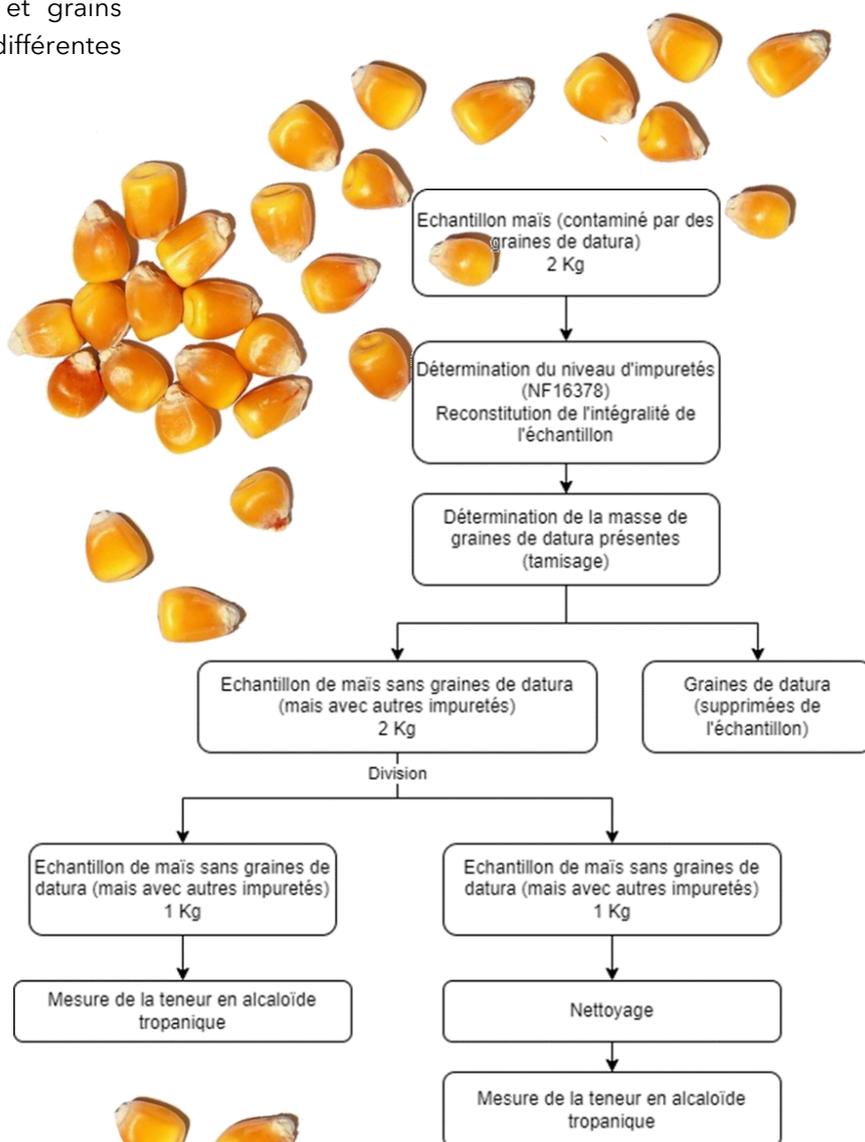


Les 176 sous-échantillons de 1kg, 88 nettoyés et 88 non nettoyés, ont été analysés au laboratoire Germ Services pour déterminer leurs teneurs en atropine et scopolamine par LC-MSMS, avec une limite de détection de

1 µg/kg et une limite de quantification de 2 µg/kg pour chaque alcaloïde.

fractions d'impuretés, l'échantillon de 2 kg est reconstitué (Figure 1).

Les graines de datura présentes dans chaque échantillon de maïs ont ensuite été extraites par tamisage. La méthode d'extraction consistait à tamiser successivement pour chaque échantillon 8 sous-fractions de 250 g de maïs au travers d'un tamis à trous longs de 3.5mm placé sur un tamiseur vibrant AS 200 (RETSCH) pendant 60 s. Il a été préalablement vérifié, à l'aide d'un set de 22 échantillons de maïs artificiellement contaminés par des graines de datura, que cette méthode de tamisage permettait d'extraire 100 % des graines de datura présentes dans l'échantillon de maïs. Seules les graines de datura sont extraites, les autres graines ou impuretés sont réintégrées à l'échantillon. Après extraction, les graines de datura sont pesées.



**Figure 1 : Opérations successives appliquées aux 88 échantillons étudiés**

<sup>1</sup> Nous remercions FranceAgriMer pour la coréalisation avec ARVALIS de l'enquête Maïs auprès des collecteurs à l'entrée des silos. Les échantillons de la présente étude sont issus de ce dispositif

## ► Teneurs en impuretés et en graines de datura des échantillons de maïs

La teneur moyenne en graines de datura des 88 échantillons utilisés pour l'étude était de 27,89 mg/kg (e.t. = 39,24), avec une contamination maximale à 173,89 mg/kg. 18 échantillons sur les 88 ne présentaient aucune graine de datura, bien que tous soient issus d'un échantillon initial en contenant. Les grains brisés représentaient les impuretés les plus présentes (teneur moyenne=0,7728 %), suivis des grains avariés (0,5335 %) et des impuretés proprement dites (0,3789 %). Les graines étrangères, hors datura, sont quasi-absentes.



## ► Impact du nettoyage sur la teneur en alcaloïdes

La teneur moyenne en alcaloïdes tropaniques des sous-échantillons non-nettoyés mais desquels les graines de datura ont été extraites était de 10,13 µg/kg (Tableau 1). Parmi ces 88 échantillons non-nettoyés, 54 présentaient des teneurs en alcaloïdes supérieures à la limite de quantification (2 µg/kg), et 16 des teneurs supérieures au seuil réglementaire (15µg/kg).

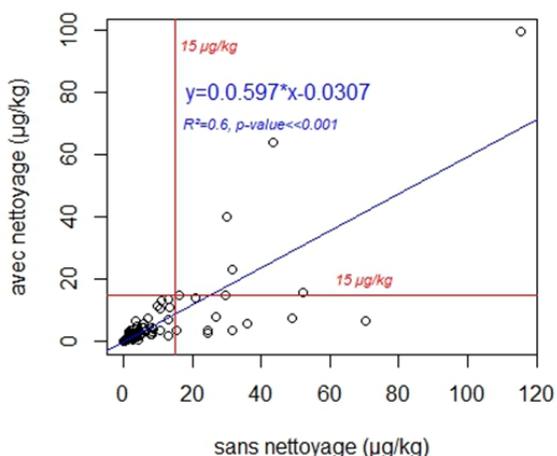
La teneur moyenne en alcaloïdes tropaniques des sous-échantillons nettoyés et desquels les graines de datura ont été extraites avant nettoyage était de 6,01 µg/kg. Parmi les 88 échantillons nettoyés, 47 présentaient des teneurs en alcaloïdes supérieures à la limite de quantification (2 µg/kg), et 5 des teneurs supérieures au seuil réglementaire (15µg/kg).

Les deux populations de sous-échantillons sont significativement différentes (test de Wilcoxon apparié, p-value = 4.177e-06) et, en faisant l'hypothèse que les deux sous-échantillons appariés sont initialement identiques, on attribuera cette différence au nettoyage du maïs. L'effet du nettoyage est modéré (taille d'effet r=0,491).

**Tableau 1 : Teneurs en alcaloïdes de datura des sous-échantillons, nettoyés ou non nettoyés après suppression des graines de datura**

	Nb	Teneur en alcaloïdes (atropine + scopolamine) µg/kg					p-value W test
		Moy.	Méd.	Min	Max	e.t.	
Sous-échantillons non nettoyés	88	10,13	3,87	0,00	115,61	17,38	<0,001
Sous-échantillons nettoyés	88	6,01	2,42	0,00	99,6	13,30	
Différence avec ou sans nettoyage entre échantillons appariés (delta)	88	4,11	0,58	- 20,49	63,89	10,88	

Un modèle de régression linéaire entre les teneurs en alcaloïdes des sous-échantillons appariés avec ou sans nettoyage est proposé (Figure 2). La teneur en alcaloïdes après nettoyage est significativement associée à la teneur en alcaloïdes avant nettoyage, bien que celle-ci n'explique que 60 % de la variance observée ( $R^2=0.6$ , p-value<0,001).



**Figure 2 : Teneurs en alcaloïdes des échantillons de maïs appariés, avec ou sans nettoyage**

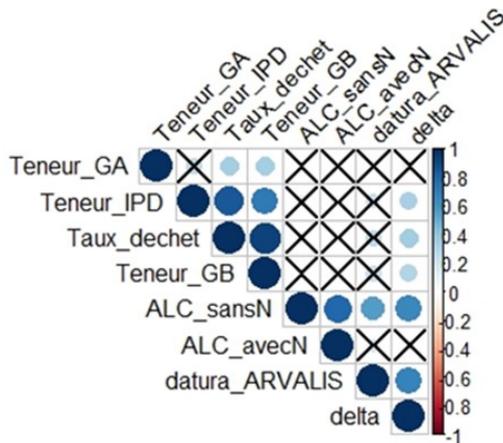
## ► Relations entre impuretés et teneurs en alcaloïdes

L'étude des corrélations entre variables (Figure 3) ne permet pas d'établir de liaison entre les teneurs en alcaloïdes des échantillons, que ce soit avec (ALC\_avecN) ou sans nettoyage (ALC\_sansN), et leurs teneurs en impuretés ou leur taux de déchet mesurés dans l'échantillon de maïs (rapport entre la masse de déchet extraite lors du nettoyage et la masse de l'échantillon nettoyé). Peu de corrélations sont significatives, à l'exception de celles entre la teneur en alcaloïdes des sous-échantillons non nettoyés et la teneur en graines de datura mesurée dans l'échantillon (datura\_ARVALIS), et entre les teneurs en alcaloïdes des deux sous-échantillons d'un même échantillon de maïs. On note que la teneur en alcaloïdes des sous-échantillons nettoyés n'est pas significativement corrélée à la teneur en graines de datura extraites de l'échantillon.

## ► Facteurs d'efficacité du nettoyage

L'efficacité du nettoyage est appréciée par la variable « delta » représentant la différence entre deux échantillons appariés entre la teneur en alcaloïdes du sous-échantillon non nettoyé et celle du sous-échantillon nettoyé (Tableau 1). Un delta positif indique une réduction de la teneur en alcaloïdes pour le sous-échantillon nettoyé. En moyenne, la valeur de delta était de 4,11 µg/kg.

L'étude des corrélations deux à deux montre que l'efficacité du nettoyage (delta) est positivement corrélée à la teneur en datura de l'échantillon d'origine (datura\_ARVALIS) et à la teneur en alcaloïdes du sous-échantillon sans nettoyage (ALC\_sansN). Elle est aussi, faiblement mais significativement, corrélée aux teneurs en IPD, GB et aux taux de déchets (Figure 3). Autrement dit, l'efficacité du nettoyage sur la teneur en alcaloïdes est d'autant plus forte que les teneurs en impuretés présentes dans le lot avant nettoyage sont élevées.



**Figure 3 : Matrice des corrélations entre les teneurs en alcaloïdes, l'efficacité du nettoyage (delta) et les teneurs en impuretés (les corrélations non significatives sont barrées)**

## ► Le nettoyage permet d'abaisser la teneur en alcaloïdes

Ce travail confirme les observations préalablement effectuées lors d'enquêtes (Carrera et al., 2022) sur des contaminations ponctuelles d'échantillons de maïs dépourvus de graines de datura. Le nettoyage effectué, combinant criblage et aspiration, a permis de diminuer significativement la teneur en alcaloïdes des échantillons. Cependant, près de 6 % des échantillons nettoyés dépassaient encore la limite réglementaire, l'échantillon le plus contaminé atteignant 99,6 µg/kg après extraction des graines de datura et nettoyage de l'échantillon.

Il n'existe pas de corrélation significative entre la teneur en alcaloïdes résiduelle des lots non nettoyés et leur teneur en impuretés. Néanmoins, l'efficacité du nettoyage sur l'abaissement de la teneur en alcaloïdes est partiellement liée à la teneur en impuretés. Ceci laisse supposer qu'une partie des alcaloïdes résiduels sont bien présents dans une fraction d'impuretés éliminée partiellement par le nettoyage.

## ► D'où proviennent ces alcaloïdes résiduels ?

Begemann et al. (2021) a démontré qu'une manipulation imitant les mouvements des grains lors de transports et manutentions successives d'un lot de millet contenant des graines de datura contribuait à augmenter sa contamination en alcaloïdes une fois les graines de datura enlevées, en raison d'une abrasion des graines de datura pendant la manipulation des grains. Dans ce même travail, l'attrition des graines de datura provoquée par le nettoyage par criblage des échantillons s'est traduite par une perte de masse des graines de datura de 6,6 à 6,8 % corroborant cette possibilité d'une contamination par des poussières de graines de datura contenant des alcaloïdes et susceptibles d'adhérer au maïs même après nettoyage. Toutes les parties de *D. stramonium* contenant des alcaloïdes, on ne peut non plus exclure une contamination invisible par de la sève lors de la récolte.



*Le nettoyage du maïs par criblage et aspiration reste une méthode efficace pour éliminer les graines de datura même si son efficacité sur la réduction de la teneur en alcaloïdes résiduels est moindre que celle mesurée sur la teneur en graines (Tanguy, 2020). La proportion de lots contaminés qui reste au-delà du seuil réglementaire après nettoyage est faible (moins de 7 %).*

## ► Références

**Katell CREPON** - [k.crepon@arvalis.fr](mailto:k.crepon@arvalis.fr)

AFNOR, 2013. Céréales - Détermination de la teneur en impuretés dans le maïs (*Zea mays*, L.) et le sorgho (*Sorghum bicolor*, L.). AFNOR éditions, 22p.

Begemann, J., Ostovar, S., & Schwake-Anduschus, C. (2021). Facing tropane alkaloid contamination in millet-Analytical and processing aspects. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 13(2), 79-86.

Carrera A., Orlando B., Crépon K., Stride C. (2023). Le risque datura dans les filières maïs et haricot vert. *Phytoma* n° 753 avril 2022.

Commission européenne (2023). Règlement (UE) 2023/915 concernant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et abrogeant le règlement (CE) 1881/2006.

Tanguy A. (2020). Datura : le nettoyage ramène des lots de maïs contaminés en dessous des seuils réglementaires. Lettre stockage n° 13, site web : <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/telechargez-les-lettres-stockage> - le 21 juin 2023

## Quid des teignes et de la confusion sexuelle ?



La teigne des fruits secs *Plodia interpunctella* (figure 1) et la teigne de la farine *Ephestia kuehniella* (figure 2) sont des insectes volants secondaires, souvent remarqués dans les silos à céréales, de mars à octobre lorsque la température ambiante dépasse les 15°C. Les adultes virevoltent au-dessus des stocks, s'accouplent au crépuscule et pondent à proximité des grains. Ce sont les chenilles qui migrent dans les grains, laissant de denses voiles collants sur leur chemin. Elles grignotent les débris, poussières mais peuvent aussi s'attaquer aux germes de grains entiers. Leur présence est limitée à la couche superficielle du stock.



**Figure 1 : Adulte teigne des fruits secs *P. interpunctella* (ailes bicolores beige et marron)**

**Figure 2 : Adulte teigne de la farine *E. kuehniella* (ailes uniformément beige)**



Les femelles de teignes *Plodia interpunctella* et *Ephestia kuehniella* émettent des phéromones sexuelles, qui sont des attractifs intra-spécifiques favorisant l'accouplement entre mâles et femelles. Ces phéromones correspondent à différents composés chimiques, dont l'acétate de (Z, E) - 9,12 - tétradécadiényle (ZETA). Ce composé est souvent utilisé seul pour la surveillance via piégeage ou pour instaurer une confusion sexuelle au sein d'une population présente dans des installations, afin de limiter le développement d'une infestation. Le principe est le suivant : en saturant l'environnement de phéromones, la localisation des teignes femelles par les mâles via ces mêmes phéromones devient difficile, ce qui permet de limiter les accouplements (Trematerra et al., 2013).

## ▶ L'acétate de (Z, E) - 9,12 - tétradécadiényle, un bon candidat pour perturber l'accouplement des teignes et contenir les infestations ?

Plusieurs études ont montré des résultats satisfaisants au laboratoire et en conditions réelles, avec ce composé pour limiter les accouplements de teignes et ainsi contrôler le développement des populations.

Ryne et al. (2001) ont observé que l'acétate de (Z, E) - 9,12 - tétradécadiényle seul était aussi efficace que la diffusion simultanée des 4 composés naturellement présents dans les phéromones femelles de cette espèce. En plaçant durant 24h des femelles non fécondées dans de petites enceintes (2,5m x 2,5m x 2,5m), avec une diffusion d'acétate ZETA à différentes concentrations (entre 5 et 250 microgrammes/min), ils ont obtenu jusqu'à 88 % de femelles fécondées en moins par rapport au témoin sans diffusion de phéromones (93 % dans le cas d'une diffusion des 4 composés naturellement présents dans les phéromones femelles).

Ryne et al. (2007) ont pratiqué la confusion sexuelle

(3 mg/j/100m<sup>3</sup> d'acétate de (Z, E) - 9,12 - tétradécadiényle) sur 3 sites en conditions réelles, dont 2 moulins. La méthode a été efficace sur l'ensemble des espaces traités, avec une diminution rapide des captures de teignes dans les pièges collants sans phéromone. Ainsi, le nombre de captures est passé de 21,5 en moyenne par piège avant l'installation des diffuseurs dans le moulin suédois, à 5 à 16 captures les mois suivants et systématiquement moins de 2 captures l'année suivante. Le moulin danois a lui enregistré un passage de 4,4 captures en moyenne dans chaque piège, chaque mois, a systématiquement moins de 0,2 captures en moyenne durant un an. Le contrôle de la population, bien que partiel, était d'autant plus rapide et durable que la densité de population initiale de teignes (*P. interpunctella* et *E. kuehniella*) était faible. Il est donc indispensable d'utiliser un moyen de surveillance pour détecter le plus tôt possible une infestation et mettre en œuvre la technique de confusion.

Des essais en conditions réelles dans un silo de haricots secs (2300 m<sup>3</sup>), conduits par Burks et al. (2011) ont démontré une baisse du nombre de captures de mâles *P. interpunctella* (entre 75 et 98 % par rapport aux espaces témoins non traités), ainsi qu'une suppression totale de descendance dans les espaces avec confusion sexuelle (1.9 mg/j/100 m<sup>3</sup> de ZETA), en seulement 2 semaines et pour une durée de 13 semaines. A l'inverse, un espace traité avec un aérosol à base de pyrèthres synergisés, a permis de faire baisser considérablement le nombre de captures d'adultes mais des œufs de teignes ont quand même été retrouvés, dans 6 % des coupelles disposées pour pontes, les semaines suivant le traitement (ceci illustre la faible rémanence des pyrèthres).

Trematerra et al. (2013) ont testé la solution Exosex SPTab (figure 3), qui comporte de la poudre électrostatique Entostat<sup>TM</sup> avec de l'acétate de (Z, E) - 9,12 - tétradécadiényle, en disposant des diffuseurs tous les 5 m (soit tous les 25m<sup>2</sup>) au sein d'un moulin en Italie (45 000 m<sup>2</sup>) et 2 entrepôts alimentaires en Grèce (8000 et 900 m<sup>2</sup>). Les teignes mâles sont attirées par ces diffuseurs de phéromones, et se couvrent de poudre, ce qui attire d'autres mâles qui vont être imprégnés également. Dans



**Figure 3 : Positionnement d'un diffuseur Exosex SP TAB sur la paroi externe d'une cellule (diffuseur bleu avec pastille de poudre à phéromones)**

le moulin, au regard de l'évolution des captures de teignes mâles dans les pièges à phéromones installés, la confusion a permis de réduire entre 78 et 91 % la population de teignes présente, respectivement en 4 et 6 mois. De même, dans les entrepôts grecs, le taux de captures a diminué de 82,6 à 98 % du fait de cette pratique.

L'efficacité de la méthode est aussi visible via la réduction du nombre de pontes de teignes dans les pièges prévus à cet effet (boîtes de Petri avec substrat nutritif), qui avoisinait 4 individus avant la mise en place des diffuseurs contre moins de 1 individu par piège en moyenne avec la confusion, à la même période de l'année.

Sieminska et al. (2009) ont constaté de mêmes niveaux d'efficacité avec un contrôle de 90 % des populations de teignes de la farine *E. kuehniella*, grâce à la mise en place d'une confusion sexuelle (2 mg/j/100 m<sup>3</sup> de ZETA) dans des moulins polonais.

L'efficacité d'une pratique de confusion sexuelle est dépendante de la densité de population de teignes présentes, des diffuseurs et formulations de phéromones utilisés (Ryne et al. 2001). Elle est plus efficace en cas de faible infestation (Cardé et Minks, 1995 ; Ryne et al., 2007). L'attractivité des diffuseurs serait variable selon l'âge des teignes mâles visées (Burks et Kuenen, 2012). Wijayarathne et al. (2020) ont démontré en conditions contrôlées (enceinte de 1,8 m<sup>2</sup>) que l'interaction entre les diffuseurs et les teignes ciblées est primordiale puisque les baisses d'accouplement sont moindres lorsque les mâles sont exposés aux phéromones de synthèse avant introduction dans l'espace avec les femelles non fécondées, ou lorsque les parois de l'espace sont traitées avant l'introduction des mâles. En cas de perception de phéromones artificielles, les femelles *Plodia* adaptent leur comportement : elles réduisent leurs mouvements, ce qui contribue à l'efficacité de la méthode (Gerken et al., 2022).

La difficulté pour les mâles à localiser les femelles non fécondées, est rapidement levée lorsque les diffuseurs à confusion sexuelle sont ôtés (Burks et Kuenen, 2012). Pourtant, Ryne et al. (2007) ont mesuré des niveaux de phéromones élevés dans le local traité plusieurs mois après le retrait des diffuseurs.



### ▶ La confusion sexuelle, un levier de lutte que l'on peut combiner avec d'autres techniques alternatives

Trematerra et al. (2016) ont combiné avec succès la confusion sexuelle et des lâchers de parasitoïdes *Habrobracon hebetor* dans une chocolaterie italienne (comportant des fruits secs dans les procédés) pour lutter contre la teigne des fruits secs *P. interpunctella*. Cette stratégie permet de contrôler à la fois la population de teignes adultes (via la confusion) et celle de larves (ciblées par les parasitoïdes). Les diffuseurs, chargés chacun avec 100 mg de ZETA et couvrant 50 m<sup>2</sup>, étaient changés tous les 2 mois. Les captures de teignes mâles ont été divisées par 2 en un an grâce à la confusion puis par 4 grâce à la combinaison parasitisme et confusion l'année suivante. Dans des locaux fortement infestés où la détection s'est faite plus tardivement, combiner ces deux méthodes présente un intérêt car cela permet de réduire plus rapidement les populations de teignes et d'obtenir de meilleurs résultats qu'avec une confusion sexuelle seule.

## ► La confusion sexuelle, une méthode de lutte curative compatible avec le monitoring à phéromones, sous certaines conditions

Burks et al. (2010) ont conduit une expérimentation de piégeage à l'acétate de ZETA dans 2 espaces fermés similaires de 1000 m<sup>3</sup>, en conditions naturelles (entre 27 et 36°C). Dans l'un, des diffuseurs de confusion sexuelle CheckMate SPM (à base de ZETA, commercialisés aux Etats-Unis) avaient été placés en plus des pièges. Les résultats montrent que les pièges dotés d'acétate de ZETA ont capturé autant de mâles dans l'espace dans lequel était mise en place la confusion sexuelle que dans l'espace témoin. La surveillance par piégeage est donc compatible avec un traitement de ce type. Il faut néanmoins que le dosage en ZETA soit comparable entre les diffuseurs à confusion et les pièges avec phéromones. De plus il est préconisé de respecter une distance de 2 m minimum entre les 2 dispositifs (notice Insectrac Exosex). Par ailleurs, l'étude de Burks et al. (2010) a montré que des pièges comportant des femelles non fécondées ont capturé 82 % de mâles en moins dans l'espace avec confusion sexuelle par rapport à l'espace infesté témoin sans confusion illustrant l'efficacité de cette méthode pour limiter les accouplements.

Sinon il est aussi possible de recourir à des pièges englués sans phéromones pour continuer à surveiller les niveaux de populations de teignes dans les locaux de stockage, en période de traitement par confusion.

### La Plateforme expérimentale Métiers du Grain d'ARVALIS est aussi sujette à l'installation de ces teignes !

Ces dernières années, des vols de teignes adultes sont aussi observés dans la plateforme de stockage expérimentale d'ARVALIS (cellules verticales de 50t de blé tendre). Depuis 2021, 10 pièges à entonnoir munis de recharges à phéromones pour teignes sont disposés sur 2 niveaux de la plateforme (RDC et passerelles au niveau du toit des cellules). Durant les périodes de surveillance des populations, entre fin mars et fin septembre, un opérateur relève les plaques engluées de l'ensemble de ces pièges afin de déterminer le nombre de captures hebdomadaires (figure 4). Ces 3 campagnes de surveillance révèlent que les premiers vols d'adultes sont repérés entre fin mai et début juin (dans certaines zones géographiques, les premiers vols sont observés dès avril). En 2021, l'explosion des captures est survenue tardivement (jusqu'à 86 captures cumulées dans les 10 pièges la même semaine), fin juillet. Aucune lutte curative n'a alors été mise en place, par manque d'anticipation. En revanche les 2 campagnes suivantes, ce pic de capture est

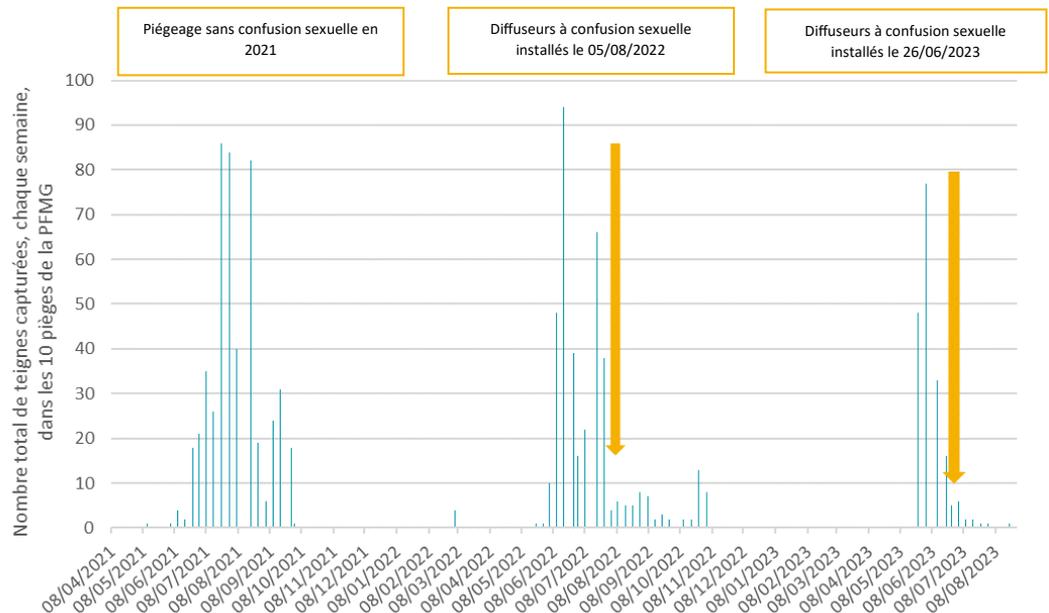
apparu dès juin, ce qui a conduit à la mise en place d'une stratégie de confusion sexuelle, avec l'installation de 24 diffuseurs dans notre plateforme d'environ 600 m<sup>2</sup>, dès réception des pastilles Exosex SP TAB. Nous pouvons constater que les captures ont immédiatement ralenti les semaines suivantes, au cours de ces 2 dernières campagnes. Ce suivi est descriptif et ne permet pas de juger de l'efficacité de la méthode de confusion puisque les pièges utilisent des phéromones comme les diffuseurs à confusion (compétition). Des chenilles de teignes sont malgré tout occasionnellement détectées dans les pièges tubes sans phéromones installés en surface des cellules. Néanmoins, les populations même si elles persistent semblent sous contrôle (peu de voiles observés dans les grains et pas d'individus adultes virevoltant autour des cellules). Les températures ambiantes qui baissent entraînent la fin des captures d'adultes en général courant octobre.



Plateforme  
métiers  
du Grain



Figure 4 : Suivi des vols d'adultes teignes des fruits secs durant 3 campagnes à la plateforme de stockage d'ARVALIS



## Le mot d'ARVALIS :

Une solution de lutte curative à bien positionner ...

Les études et suivis cités ci-dessus montrent tout l'intérêt de cette solution pour perturber le comportement des teignes mâles, et celui des femelles dans une moindre

mesure, limitant ainsi les accouplements et le nombre de descendants. Il faut tout de même noter qu'il existe peu d'expérimentations conduites dans des silos à grains, notamment lorsque les cellules sont fermées. Cette technique doit être investie le plus tôt possible avant la multiplication des populations de teignes, dès que des captures d'adultes sont observées dans plusieurs pièges à phéromones disposés dans le stockage (figure 5), et répétée les campagnes suivantes (investissement à long terme). Elle ne sera pas suffisante en cas d'infestations installées, car il s'agit un mécanisme de compétition avec les phéromones produites naturellement par les femelles présentes. Certains individus réussiront toujours à s'accoupler en cas de forte proximité.

Il est primordial de respecter les délais de diffusion des pastilles de confusion, le nombre de diffuseurs en fonction du volume à traiter, et les distances préconisées entre diffuseurs.

En termes de coût, il faudra compter environ 1 200 euros pour équiper un bâtiment de 600 m<sup>2</sup> sur une campagne complète (diffuseurs et recharges).

Lorsque des éléments de manutention comportant du grain se situent en hauteur dans le bâtiment, il est intéressant de multiplier les strates de diffuseurs sur la hauteur également.

Malheureusement, en cas de colonisation d'un stockage par des teignes, il est très difficile de se débarrasser de ces insectes volants totalement. Le nettoyage en profondeur des structures reste le principal allié. En complément, lorsque les infestations sont déjà installées, des combinaisons de méthodes, c'est-à-dire un traitement insecticide des locaux ou bien un lâcher de parasitoïdes *Habrobracon hebetor* et/ou trichogrammes, couplés à la confusion sexuelle, devraient contribuer à maîtriser les proliférations de teignes. Ces techniques multi-leviers mériteraient donc d'être investiguées dans des sites de stockage des grains. Enfin, en cas de situation très problématique, un vide sanitaire ou une fumigation à la phosphine s'imposeront.



**Figure 5 : Piège à entonnoir avec recharge de phéromones pour détecter la présence de teignes dans les locaux, avant la mise en place éventuelle d'une lutte par confusion sexuelle**

Marine CABACOS - [m.cabacos@arvalis.fr](mailto:m.cabacos@arvalis.fr)

## Références

- Burks, C.S., Brandl, D.G., Kuenen, L.P.S., Reyes, C.C., Fisher, J.M., 2010. Pheromone traps for monitoring *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in the presence of mating disruption. In: Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 27 June to 2 July 2010, Estoril, Portugal, 79-84.
- Burks et Kuenen, 2012. Effect of mating disruption and lure load on the number of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) males captured in pheromone traps. *Journal of Stored Products Research*, 49, 189-195.
- Burks, C.S., McLaughlin, J.R., Miller, J.R., Brandl, D.G., 2011. Mating disruption for control of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in dried beans. *Journal of Stored Products Research*, 47, 216-221.
- Cardé, R.T., Minks, A.K., 1995. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annual Review of Entomology* 40, 559-585.
- Gerken, A.R., Abts S.R., Bryze, D., Campbell J.F., 2022. Female Indianmeal moths, *Plodia interpunctella*, respond to synthetic pheromone by altering their behavior. In Proceedings of the 13<sup>th</sup> Meeting at Barcelona (Spain), 03-06 October 2022, IOBC WPRS, Working Group Integrated Protection of Stored Products, 159, pp. 136-141.
- Ryne, C., Svensson G.P., Anderbrant, O., Löfstedt, C., 2007. Evaluation of long-term mating disruption of *Ephestia kuehniella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in indoor storage facilities by pheromone traps and monitoring of relative aerial concentrations of pheromone. *Journal of Economic Entomology*, 100 (3), 1017-1025.
- Ryne, C., Svensson G.P., Löfstedt, C., 2001. Mating disruption of *Plodia interpunctella* in small-scale plots: effects of pheromone blend, emission rates, and population density. *Journal of Chemical Ecology*, 27 (10), 2109-2124.
- Sieminska, E., Ryne, C., Löfstedt, C., Anderbrant, O., 2009. Long-term pheromonemediated mating disruption of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*, in a flourmill. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 131, 294-299.
- Trematerra, P., Athanassiou, C.G., Sciarretta, A., Kavallieratos, G., Buchelos, C.T., 2013. Efficacy of the auto-confusion system for mating disruption of *Ephestia kuehniella* (Zeller) and *Plodia interpunctella* (Hübner). *Journal of Stored Products Research*, 55, 90-98.

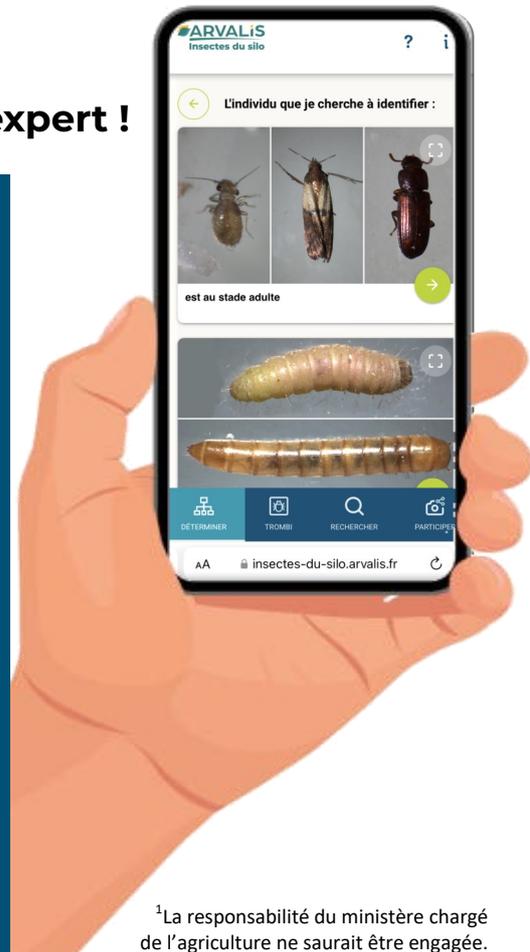
## Avec l'application gratuite **Insectes du silo**, vous pourrez identifier les insectes comme un expert !

**Insectes du silo** est une web application gratuite, développée par ARVALIS avec la participation financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR<sup>1</sup>.

Cette application est optimisée pour mobile, mais elle est également consultable sur PC. Une fois le raccourci installé sur le smartphone, il est facile d'y accéder n'importe où, même en absence de réseau !

Dans cette application, 3 chemins d'identification sont possibles :

- 1 l'utilisateur connaît l'espèce et recherche sa fiche via son nom
- 2 l'utilisateur accède à un trombinoscope des espèces et clique sur la photo de l'individu observé
- 3 l'utilisateur répond à différentes questions au travers d'une clé de détermination illustrée



<sup>1</sup>La responsabilité du ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée.

L'application comporte **plus de 200 photos** pour observer et apprendre à reconnaître les espèces, ainsi que **27 fiches descriptives** pour en savoir plus sur les espèces les plus fréquentes au silo (morphologie, biologie, conditions de développement). Pour chaque espèce parcourue, l'utilisateur obtiendra des conseils adaptés pour surveiller et maîtriser les proliférations de ces insectes.



## Accès à l'application Insectes du silo

Flasher ce QR CODE



ou

Cliquer sur ce lien

<https://www.arvalis.fr/outils-et-services/outils-et-fiches/insectes-du-silo>



**Comité de rédaction :** Katell CREPON, Marine CABACOS, Jean-Yves MOREAU, Amélie TANGUY  
**Editeur :** ARVALIS - 3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS - [www.arvalis.fr](http://www.arvalis.fr)