



## SOMMAIRE

2022, une année délicate pour la ventilation  
des stockages .....Pages 1 - 4

Un état des lieux des infestations dans les silos fermiers  
en France : faisons le point sur les espèces  
prédominantes ! .....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>

## | 2022, UNE ANNÉE DÉLICATE POUR LA VENTILATION DES STOCKAGES

L'année 2022 a été exceptionnellement chaude. En particulier, les régions méridionales ont connu un nombre important de nuits tropicales (température minimale supérieure à 20 °C) en été et en automne. Dans la deuxième quinzaine d'octobre, un épisode de chaleur particulièrement long s'est installé, après un début d'automne déjà remarquablement doux. Comment cela s'est-il répercuté sur les possibilités de ventilation des silos ? Pour répondre à cette question, les données de température de 723 stations météo de France métropolitaine ont été exploitées pour calculer les offres climatiques. Des cartes représentant les quantités de cellules pouvant être refroidies les unes à la suite des autres ont été produites à partir des mêmes données.

### Le point méthode : Comment estimer et cartographier le potentiel de refroidissement ?

Le refroidissement des grains est habituellement réalisé progressivement, par paliers de température. Pour calculer les potentiels de ventilation, les dates de début et de fin de trois paliers, les doses spécifiques et les objectifs de température que nous retenons sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1 : Caractéristiques des paliers de refroidissement tels qu'ils ont été utilisés dans l'étude**

Palier	Date début	Date fin	Objectif de température (°C)	Dose spécifique (m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> )
1	15/07/2022	14/09/2022	20	1000
2	15/09/2022	14/11/2022	12	1400
3	15/11/2022	14/01/2023	5	1800

Le **potentiel de refroidissement** est le nombre de cellules qui peuvent être refroidies successivement (noté NCV pour Nombre de Cellules Ventilables). Il est calculé par la formule ci-dessous :

$$NCV = \frac{\text{Offre climatique} * \text{Debit spécifique}}{\text{Dose spécifique}}$$



**L'offre** climatique est le nombre d'heures où la température est inférieure ou égale au seuil de température fixé pour chaque palier. L'offre climatique a été calculée en 2022/2023 pour 723 stations météorologiques de France métropolitaine. NB : Le réchauffage de l'air engendré par sa compression dans le ventilateur, qui est spécifique de chaque installation, n'est pas pris en compte, sauf avis contraire, dans le calcul car dépendant de chaque installation. Sa prise en compte fera d'autant plus baisser l'offre climatique que le réchauffage sera important.



**Le débit** spécifique, exprimé en  $m^3/h/m^3$ , correspond au débit du ventilateur rapporté au volume de grain ventilé. Ce paramètre dépend des installations. Pour ce bilan annuel, nous présentons les résultats obtenus pour un débit spécifique de  $8 m^3/h/m^3$ .



**La dose** spécifique est la quantité d'air permettant de refroidir  $1 m^3$  de grain (passage d'une température initiale à la température objectif), exprimée en  $m^3$  d'air/ $m^3$  de grain. Ce paramètre dépend de la nature du grain, de la variation d'hygrométrie de l'air en cours de ventilation et des températures initiales et finales du grain. Les valeurs de doses spécifiques utilisées pour ce bilan sont présentées dans le tableau 1. Elles ont été calculées pour du blé tendre, en utilisant des données d'hygrométrie d'air entrant moyennes mesurées à la station de Boigneville (91) sur la période 2011/2017 et une teneur en eau du grain de 14 %.

### ▶ Près de 40 % d'offre climatique en moins par rapport à la période 1997/2017

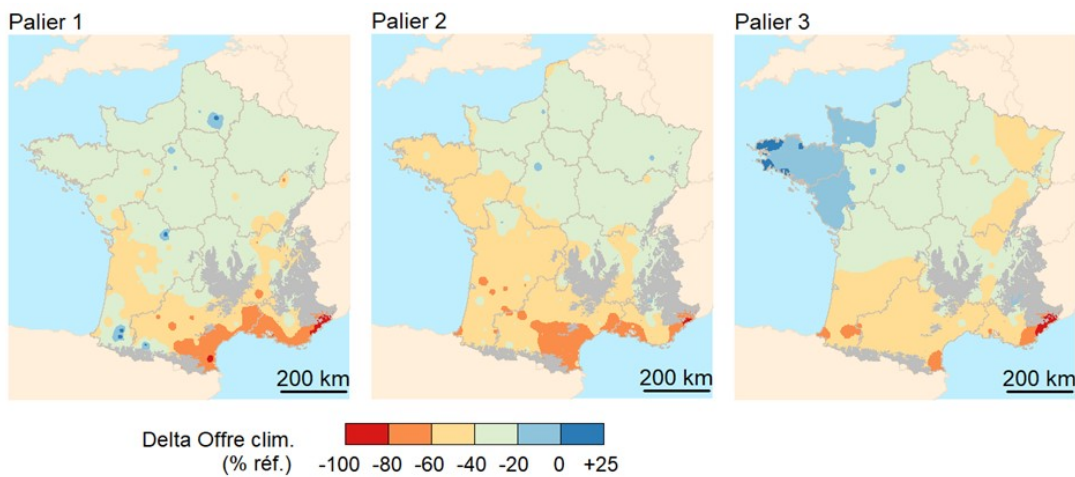
Pour comparer les résultats de la campagne à ceux de la période 1997/2017, on dispose des données de 302 stations météo.

Palier	Période	Moyenne (h)	Ecart-type (h)	Delta (% ref.)
1	1997/2017	851	201	-37
	2022/2023	561	205	
2	1997/2017	652	165	-40
	2022/2023	410	169	
3	1997/2017	650	184	-36
	2022/2023	421	139	

**Tableau 2 : Comparaison des offres climatiques de la campagne 2022/2023 à celles de la moyenne 1997/2017 (302 stations)**

L'offre climatique a été particulièrement faible cette année. Pour les trois paliers, les offres climatiques moyennes de la campagne sont inférieures de 36 à 40 % aux moyennes de la période 1997/2017. Les écart-types des paliers 1 et 2 sont comparables à ceux de la période 1997/2017. L'écart-type du palier 3 est moins élevé que celui de la période 1997/2017, ce qui signifie qu'il y a eu moins de différences entre régions cet hiver.

Toutes les régions n'ont pas été affectées de la même manière (Figure 1). Au premier palier, c'est dans le Sud de la France que l'offre climatique a le plus baissé par rapport à la période 1997/2017 (40 à 64 % d'offre climatique en moins). Les régions situées dans la moitié Nord de la France ont perdu 27 à 33 % d'offre climatique. Au second palier, les régions du Sud et de l'Ouest sont concernées par des baisses d'offre climatique de 40 à 60 %. Les autres régions ont vu leur offre climatique baisser d'environ 30 %. Au troisième palier, l'offre climatique est restée plutôt stable en Bretagne, Pays de la Loire et Normandie. Dans ces régions, l'offre climatique du troisième palier est généralement basse (en moyenne 400 à 600 h). À l'inverse, les régions du Sud et de l'Est de la France ont connu une baisse importante de l'offre climatique (40 à 60 % d'heures en moins). Cette baisse n'a pas le même impact dans le Sud et dans l'Est, puisqu'habituellement, les offres climatiques sont déjà basses dans le Sud (autour de 500 heures pour les régions Nouvelle-Aquitaine, Occitanie et PACA), et que c'est dans l'Est qu'elles sont les plus élevées (850 à 900 heures en moyenne pour les régions Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté).



**Figure 1 : Ecart de l'offre climatique par rapport à la période 1997/2017**

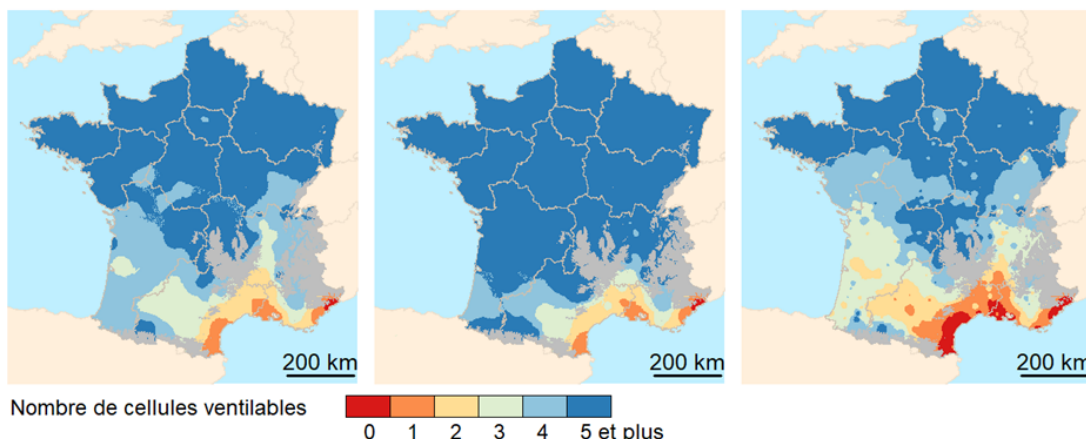
▶ *Au premier palier, le Sud-Ouest particulièrement touché par la baisse de l'offre climatique*

**2020/2021**

**2021/2022**

**2022/2023**

**Figure 2 : Potentiels de refroidissement au premier palier pour un débit spécifique de 8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>**



Par rapport aux deux années précédentes, ce sont les régions Pays de la Loire, Nouvelle-Aquitaine et Occitanie qui ont connu une diminution de leurs potentiels de refroidissement (Figure 2). Par exemple, en Nouvelle-

Aquitaine, 4 cellules pouvaient être refroidies à 20 °C pour la campagne 2020/2021, 5 cellules ou plus pour la campagne 2021/2022, et seulement 3 cellules pour la campagne 2022/2023.

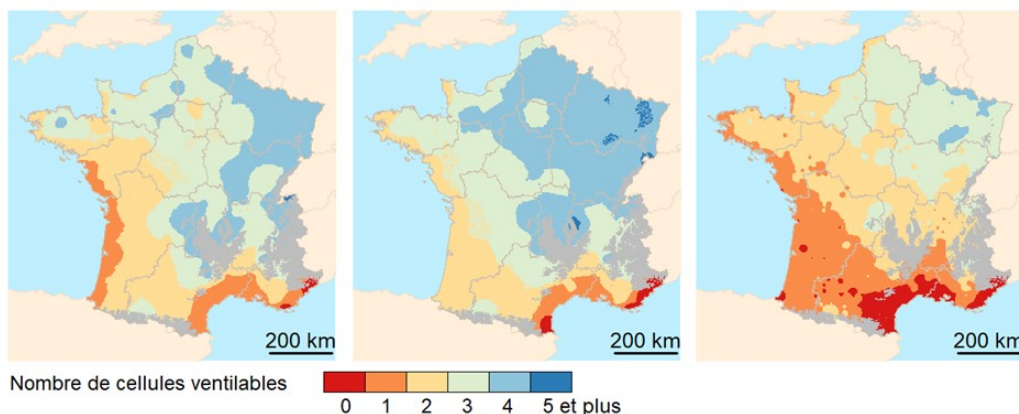
▶ *Peu de fenêtres météo pour atteindre le deuxième palier*

Tout comme les années précédentes, le potentiel de refroidissement du palier 2 présente un gradient Nord-Ouest/Sud-Est (à l'exception de la campagne 2020/2021, où le gradient était orienté Est/Ouest). Dans tout l'hexagone, les valeurs du potentiel de refroidissement sont inférieures à celles observées au cours des trois dernières années (Figure 3). Dans le Sud de la France et sur le littoral de l'Atlantique, un débit de 8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup> ne permettait de refroidir qu'une seule cellule à 12 °C. Même en augmentant le débit à 12 ou 16 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>, seules 1 ou 2 cellules pouvaient être refroidies dans ces régions.

**2020/2021**

**2021/2022**

**2022/2023**

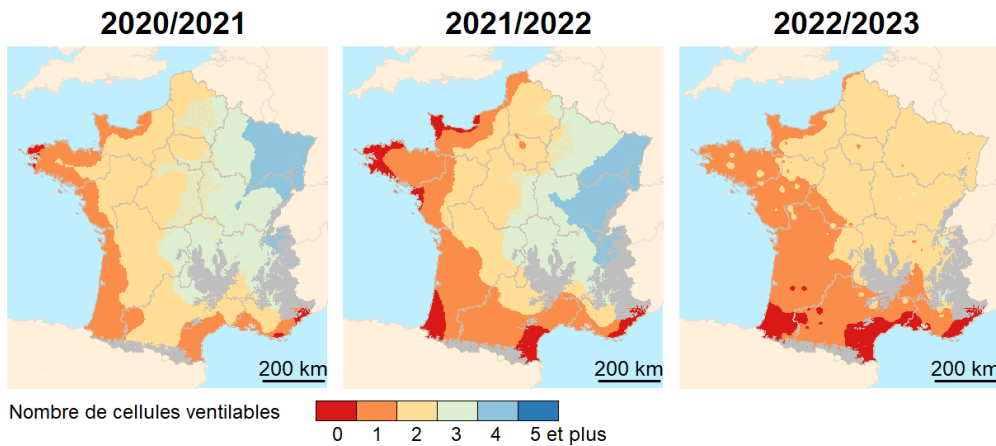


**Figure 3 : Potentiels de refroidissement au deuxième palier pour un débit spécifique de 8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>**



## ▶ Pas plus de 4 cellules ventilées successivement pour le troisième palier

Cet hiver, les potentiels de refroidissement présentaient un gradient Nord-Ouest/Sud-Est, comme au second palier. C'est surtout dans l'Est de la France que le manque de froid s'est fait sentir (Figure 4). Habituellement, en Alsace, en Lorraine et dans les départements voisins, il est possible de refroidir 3 ou 4 cellules successivement, avec un débit spécifique de  $8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ . Mais cet hiver, les potentiels de refroidissement de cette zone ne dépassaient pas 2 cellules.



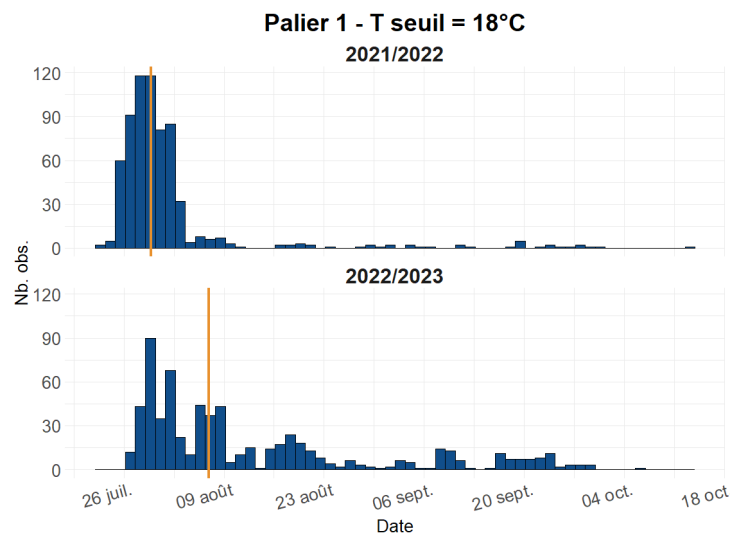
**Figure 4 : Potentiels de refroidissement au troisième palier pour un débit spécifique de  $8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$**

## ▶ Que retenir de cette campagne ?

L'année 2022 et le début de l'année 2023 ont été remarquablement chauds, ce qui a eu pour conséquence une baisse de près de 40 % des offres climatiques des trois paliers de refroidissement. Les OS ont donc eu moins de possibilités que d'habitude pour refroidir le grain. Dans plusieurs régions de France (Nouvelle-Aquitaine et Occitanie notamment), un débit spécifique de  $8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$  ne permettait de refroidir qu'une seule cellule à  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Plusieurs OS ont observé des infestations précoces dans les silos. En effet, lorsque les fenêtres pour ventiler le grain se réduisent, cela allonge la durée de conservation à des températures favorables aux insectes. Une simulation des dates de réalisation du palier 1 a été faite pour 660 stations disposant de données pour les 2 dernières campagnes (Figure 5). Ces calculs ont été faits en supposant un réchauffage de  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  et un débit spécifique de  $8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$  (soit une durée de ventilation de 125 heures pour refroidir le grain à  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), pour une date de début de stockage fixée au 15/07. La différence entre les 2 campagnes est importante : la date médiane de réalisation du palier 1 est décalée de 8 jours en 2022/2023. Par ailleurs, en 2022/2023, les dates de réalisation du palier 1 sont beaucoup plus étalées que l'année précédente : l'écart-type est de 17 jours au lieu de 11. Les écarts interquartiles sont de 19 jours pour la campagne 2022/2023, et 4 jours pour la campagne 2021/2022. Ce décalage expliquerait les infestations précoces observées cette année.

**Figure 5 : Dates de réalisation du palier 1 avec un réchauffage de  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  et un débit spécifique de  $8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$**   
(la ligne jaune représente la médiane)



Amélie TANGUY [a.tanguy@arvalis.fr](mailto:a.tanguy@arvalis.fr)

# UN ÉTAT DES LIEUX DES INFESTATIONS DANS LES SILOS FERMERS EN FRANCE : FAISONS LE POINT SUR LES ESPÈCES PRÉDOMINANTES !

Le stockage à la ferme représente une part importante des capacités de stockage françaises, puisque plus d'un producteur de céréales sur deux possède une installation de stockage. Cette campagne 2022-2023, marquée par une offre climatique en baisse par rapport à la période 1997-2017, constituait un bon cas d'étude pour qu'ARVALIS lance une nouvelle enquête sur les infestations présentes dans les silos fermiers.

## ► Une étude participative

80 agriculteurs-stockeurs répartis sur tout le territoire français ont accepté de participer à cette enquête (Figure 1). Entre octobre et décembre 2022, il leur a été demandé de prélever un échantillon de blé tendre sur leur stock, selon un protocole défini, et d'en expédier un sous-échantillon de 3 kg environ, à ARVALIS. Le protocole visait à sonder différentes profondeurs superficielles du stock : 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm sous la surface des grains, dans une partie du stock considérée à risque pour les infestations, selon l'appréciation de l'agriculteur. Ainsi, l'échantillonnage réalisé devait permettre de détecter des formes d'insectes libres ou cachées.

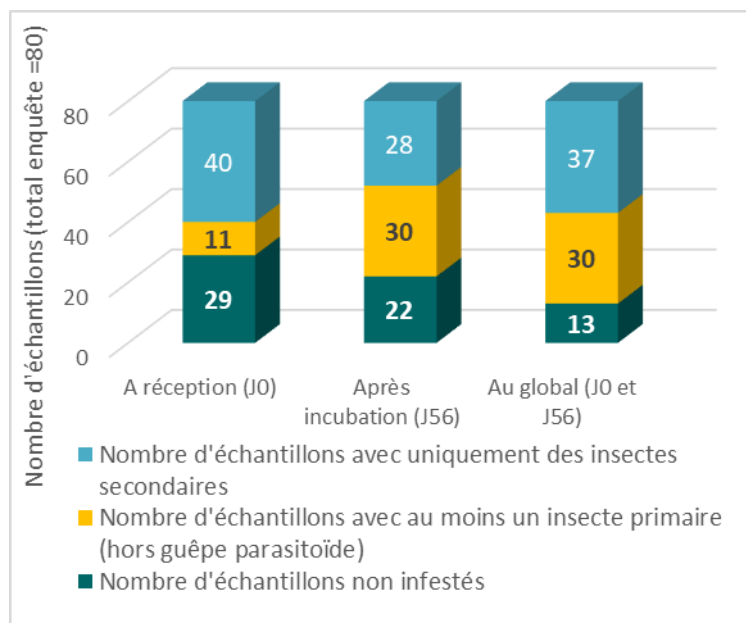
À réception de l'échantillon, ARVALIS a procédé à une première recherche d'insectes par tamisage (tamis 1,7x1,7 mm et 0,5x0,5 mm). L'échantillon était ensuite placé en incubation durant 56 jours à 25 °C et 70 % d'humidité relative, afin de permettre aux formes cachées d'émerger et d'être détectées lors d'une seconde recherche effectuée à l'issue de cette période d'incubation.

## ► De nombreuses détections d'insectes dans les échantillons collectés

Parmi les 80 échantillons reçus et observés, 29 échantillons étaient non infestés à réception, soit 36 %. En cumulant les observations à réception et après incubation, ils n'étaient plus que 13 dépourvus d'insectes (les guêpes parasitoïdes étant écartées dans cette analyse), soit 16 %.

Si seulement 11 échantillons ont révélé une présence d'insectes primaires à réception, l'incubation a permis de détecter une infestation de ce type dans 19 échantillons supplémentaires (Figure 2).

**Figure 2 : Répartition des échantillons selon leur type d'infestation**



**Figure 1 : Répartition géographique des échantillons de blé tendre analysés dans l'enquête**



## Insectes primaires ou secondaires, de quoi s'agit-il ?

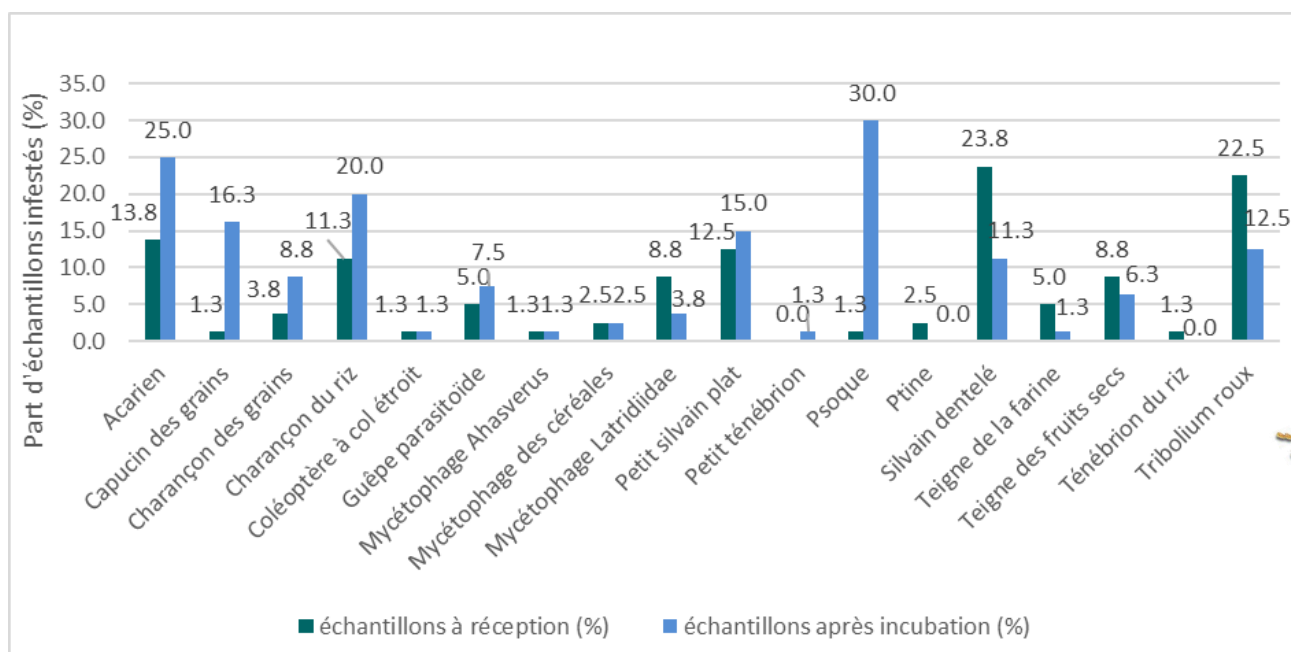
Si les contrats commerciaux n'exigent aucun insecte vivant dans les grains, la détection et le contrôle des populations d'insectes n'est pas similaire pour ces deux catégories. En effet, les insectes secondaires (triboliums, silvains, mycétophages...) effectuent tout leur cycle de développement à l'extérieur des grains et ne s'attaquent pas aux grains entiers. Les insectes primaires (charançons et capucins) en revanche effectuent leur développement à l'intérieur des grains entiers, et consomment leur réserve. Il est ainsi plus difficile de détecter ces formes cachées, abritées par certains grains.

► *Le silvain dentelé, le tribolium roux et le charançon du riz sont les espèces les plus répandues*

Les espèces les plus fréquemment détectées à réception sont le silvain dentelé et le tribolium roux (plus de 20 % des échantillons observés en comportaient) (Figure 3). Après incubation, ce sont les psoques et acariens (mesurant moins de 1 mm, donc plus difficiles à détecter que les autres espèces) qui sont observés dans une part importante des échantillons (25 à 30 %). Les formes cachées d'insectes primaires ayant émergé sont aussi plus fréquemment détectées après incubation : 20 % des échantillons incubés comportaient au moins un charançon du riz et 16 % des échantillons, au moins un capucin des grains. A l'inverse les formes larvaires d'insectes secondaires semblent être impactées par les tamisages et sont détectées moins fréquemment après incubation.



**Figure 3 : Fréquence de détection des espèces, à réception (J0) et après incubation (J56)**



### Les guêpes parasitoïdes, alliées naturelles des stockeurs



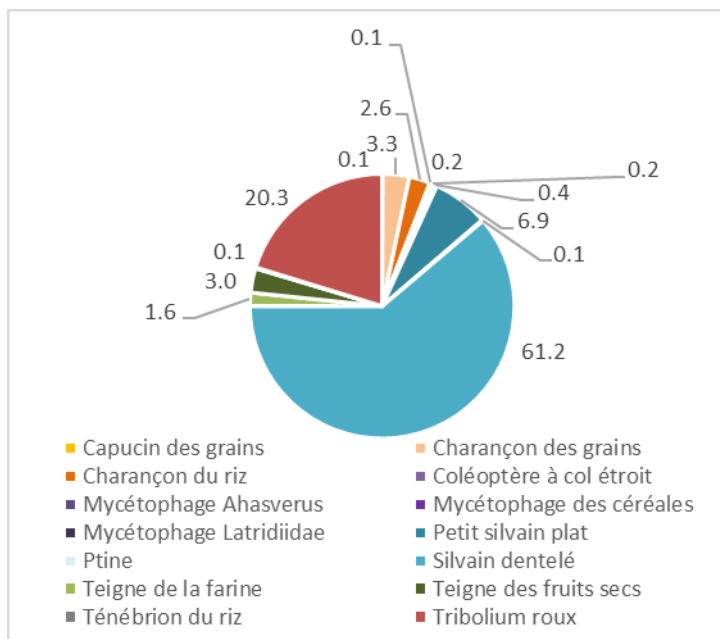
Les guêpes parasitoïdes, alliées naturelles des stockeurs pour réguler les populations de ravageurs, ont une biologie similaire à celle des insectes primaires, leurs larves étant logées à l'intérieur des grains. Ceci explique l'augmentation du nombre d'échantillons en présentant, entre la réception (4 échantillons) et la fin d'incubation (6 échantillons, avec un maximum de 500 guêpes).

Guêpe parasitoïde des charançons au stockage

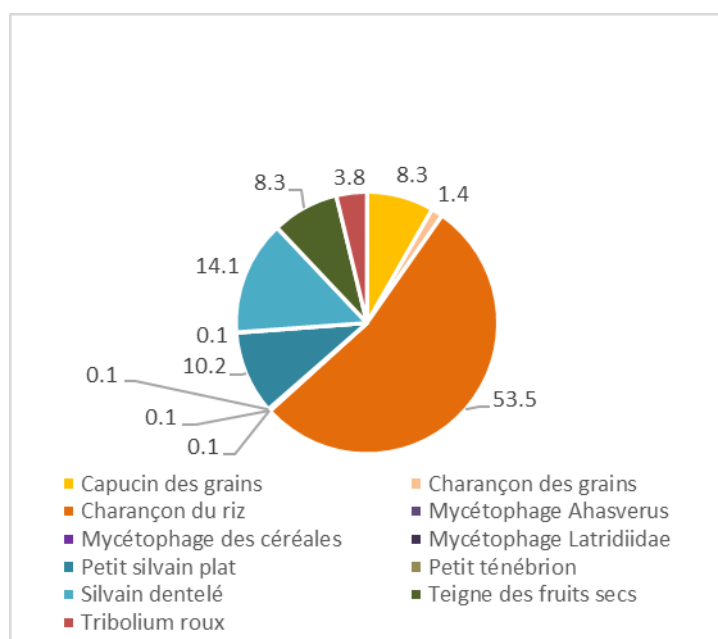
Bien que le silvain dentelé et le tribolium roux ressortaient en tête en matière de nombre d'échantillons infestés à réception, seul le silvain dentelé domine largement en termes de densité de population observée dans l'ensemble des échantillons (61,2 % des individus, contre 20,3 % pour le tribolium), à réception (Figure 4). Après incubation, c'est le charançon du riz qui prédomine avec plus de 50 % de l'effectif total d'individus observés, suivi des insectes secondaires silvain dentelé et petit silvain plat (14,1 et 10,2 % de l'effectif total d'insectes) (Figure 5).

Les acariens, psoques et guêpes n'ont pas été comptabilisés pour établir la répartition spécifique dans l'enquête, c'est-à-dire la part occupée par une espèce (abondance) sur le nombre total d'individus comptabilisés dans l'ensemble des échantillons.

**Figure 4 : Abondance des espèces à réception (J0), en pourcentage du nombre total d'insectes observés dans les échantillons**



**Figure 5 : Abondance des espèces après incubation (J56), en pourcentage du nombre total d'insectes observés dans les échantillons**



**Des densités d'infestation très variables selon les échantillons observés**

Les résultats correspondant aux répartitions spécifiques ci-dessus sont à relativiser du fait d'une forte variabilité inter-échantillons (Tableau 1).

**Tableau 1 : Statistiques sur le nombre d'insectes trouvés par échantillon pour 4 espèces prédominantes dans cette enquête**

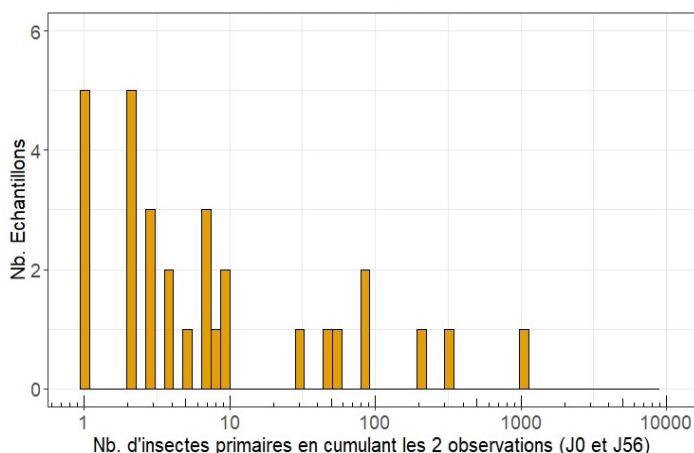
Seuls les échantillons infestés avec cette espèce sont pris en compte	A réception (J0)		Après incubation (J56)	
	Médiane	Effectif max	Médiane	Effectif max
<b>Silvain dentelé</b>	4	815	15	297
<b>Tribolium roux</b>	1.5	242	1.5	89
<b>Petit silvain plat</b>	2	81	3	204
<b>Charançon du riz</b>	4	23	4	1079

De plus, les densités d'infestation au global (en cumulant les recherches à réception et après incubation), toutes espèces d'une catégorie confondues (primaires versus secondaires, hors guêpes parasitoïdes, psoques et acarins), sont réparties de manière hétérogène. En effet, sur les 30 échantillons contenant une infestation primaire, 73 % comportaient entre 1 et 10 individus, mais nous pouvons noter certains extrêmes avec 2 échantillons comportant plus de 100 insectes et 1 échantillon totalisant plus de 1000 insectes primaires, après les 2 séries de tamisages effectués (Figure 6).

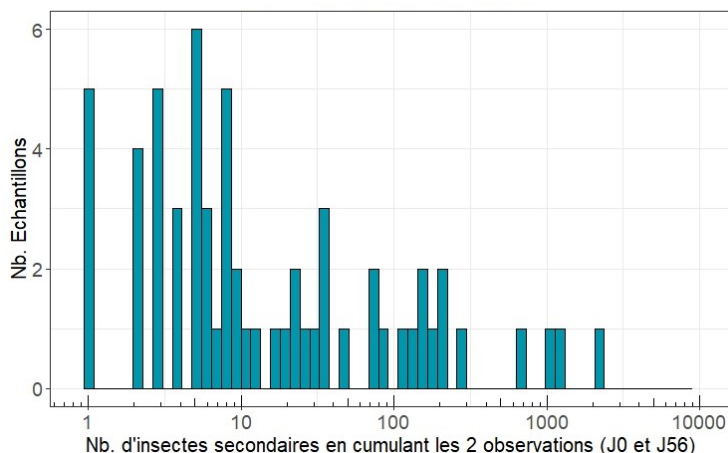




**Figure 6 : Répartition des échantillons contaminés en insectes primaires selon la densité d'infestation observée**



**Figure 7 : Répartition des échantillons contaminés en insectes secondaires selon la densité d'infestation observée**



Sur les 61 échantillons contenant une infestation secondaire, 55 % comportaient entre 1 et 10 individus, mais nous pouvons noter certains extrêmes avec 3 échantillons comportant plus de 1000 insectes secondaires, après les 2 séries de tamisages effectués (Figure 7).

**Conclusion** : cette première campagne d'enquête sur les infestations au stockage à la ferme nous apporte déjà des enseignements sur l'occurrence des espèces. En matière d'occurrence dans les échantillons, le charançon du riz, le silvain dentelé et le tribolium roux sont les espèces les plus détectées. En nombre d'individus en revanche, le tribolium est en deçà des deux autres espèces. Ces résultats sont cohérents avec les observations réalisées sur des échantillons prélevés en organismes stockeurs dans les années 2010, bien que la méthodologie et la période de prélèvement diffèrent (FranceAgriMer, 2012). Ces résultats démontrent aussi une nouvelle fois l'importance de la phase d'incubation pour détecter les espèces primaires et éviter les faux négatifs à réception.

La répétition de cette enquête sur d'autres campagnes, ayant chacune leurs spécificités en matière d'offre climatique (ce qui a une conséquence directe sur le refroidissement des grains), sera intéressante pour déterminer les dynamiques d'infestations dans les silos fermiers français.

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