



SOMMAIRE

Quel est l'impact du pilotage de la ventilation sur ses performances ?Pages 1 - 3

Les populations d'insectes spécifiques du stockage de céréales sont-elles capables de se déplacer et de s'établir au champ ?Pages 4 - 7



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>

| QUEL EST L'IMPACT DU PILOTAGE DE LA VENTILATION SUR SES PERFORMANCES ?

Sur sa plateforme pilote de Boigneville (91), ARVALIS compare depuis plusieurs années des itinéraires de stockage appliqués à des lots de blés tendres récoltés sur la ferme de la station expérimentale d'ARVALIS. L'objectif est de comprendre l'impact de ces différents itinéraires sur la qualité des grains, le niveau des infestations et les performances de refroidissement.

▶ *Quelle méthodologie avons-nous appliquée ?*

Parmi les critères de comparaison, figure le mode de pilotage de la ventilation. Trois modes de pilotage sont observés :

1. Un pilotage dit « horaire » qui consiste à ne mettre en route la ventilation que si les températures prévues restent inférieures à une température « seuil » sur toute la plage 22 h 00 - 6 h 00. La décision est prise tous les jours à 17 h 00 en se basant sur les prévisions horaires du site « MétéoCiel » (modèle Arôme, prévisions par heure). Chaque plage de ventilation dure 8 h 00.
2. Un pilotage automatique à l'aide d'un thermostat (Sec-LIS[®]) qui consiste à programmer un seuil de déclenchement automatique de la ventilation. Les plages de ventilation débutent dès que la température extérieure est inférieure au seuil fixé et s'arrête dès qu'elle redevient supérieure au seuil. Leur durée est variable.



Ces deux premiers modes de pilotage sont conduits en paliers successifs. Le premier palier vise à atteindre 20 °C dans le grain, le second à atteindre 12 °C. Le réchauffage du grain est pris en compte pour définir les seuils de déclenchement. Dans le cas présent, il a été mesuré à 1 °C. Les seuils de déclenchement considérés sont donc de 19° C et 11 °C.

3. Un pilotage automatique qui tient compte à la fois de la température de l'air extérieur et de celle du grain stocké, se basant sur la différence de température entre le point le plus chaud dans le grain et la température extérieure (mode dit « automatique » du système Javelot).

Ce troisième mode de pilotage n'est pas conduit par paliers mais en continu. La consigne de déclenchement du ventilateur évolue en permanence en fonction de la température extérieure et de la température du grain. Les consignes par défaut ont été utilisées lors de la première année de test, à savoir une ventilation avec de l'air ayant une température inférieure de 7° à 10 °C au point le plus chaud du grain. La deuxième année, la consigne a été modifiée pour élargir les possibilités de ventilation à de l'air compris entre 8° et 20 °C en dessous de la température du point le plus chaud du grain. Chaque plage de ventilation dure au minimum 1 h en première année et 3 h en deuxième année.

Les trois cellules, conduites avec des stratégies de ventilation différentes, sont toutes remplies de 40 à 45 tonnes de blé tendre, et refroidies avec des ventilateurs identiques. Pour le suivi des températures, les cellules sont équipées de lignes de thermométrie qui relèvent la température du grain sur toute la hauteur, avec des capteurs espacés de 80 cm. Pour la comparaison entre les trois modes de pilotage, on considèrera le refroidissement d'une cellule comme achevé lorsque l'ensemble des relevés de température à un même moment sont inférieurs ou égaux à 12 °C, température en-deçà de laquelle les insectes ne se reproduisent plus. Pour mesurer la sensibilité des performances des différents modes de pilotage à cet objectif, le calcul du nombre d'heures nécessaires pour que tous les points soient inférieurs à 12,5 °C a également été effectué.



▶ Quelle incidence sur les performances de la ventilation ?

Deux indicateurs peuvent être utilisés pour apprécier la performance d'une ventilation : le nombre d'heures nécessaires pour obtenir la température souhaitée, et la date d'achèvement du refroidissement.

Le tableau 1 présente le nombre d'heures de ventilation qu'il a fallu effectuer pour atteindre 12 °C ou 12,5 °C avec chacun des trois modes de pilotage considérés. On remarque en première intention qu'il existe un effet lié à la campagne très important, quel que soit le mode de pilotage, tant sur le nombre d'heures que sur la date de réalisation. Autre observation : le fait de vouloir à tout prix descendre l'ensemble du grain à 12 °C plutôt que 12,5 °C, y compris sur la pointe du tas, peut engendrer un nombre d'heures supplémentaires considérable. Ceci est particulièrement vrai en 2022/2023 pour le mode 2.

Cependant, quels que soient la campagne et l'objectif, le nombre d'heures nécessaire le plus faible est obtenu avec le pilotage automatique par différence (mode 3), et le plus élevé avec le thermostat avec seuil (mode 2). L'écart entre les deux pilotages est important : entre + 60 % et + 90 % d'heures en plus pour le mode 2. A l'inverse, le pilotage par seuil permet dans toutes les situations observées d'achever au plus tôt le refroidissement des grains. La différence, lorsqu'il y en a une, n'est toutefois que de 7 jours.

Tableau 1: Nombre d'heures de ventilation réalisées pour atteindre l'objectif de température et date de réalisation de cet objectif

Objectif de température (°C)	Mode de pilotage du ventilateur					
	Manuel avec horloge (mode 1)		Thermostat (Sec-LIS [®]) avec seuils fixes par palier (mode 2)		Automatique Javelot (mode 3)	
	Durée (h)	Date réalisation	Durée (h)	Date réalisation	Durée (h)	Date réalisation
Année 2022-2023						
12	272	20/11/2022	407	15/11/2022	248	21/11/2022
12.5	272	20/11/2022	306	06/11/2022	246	21/11/2022
Année 2023-2024						
12	304	27/11/2023	412	17/10/2023	142	17/10/2023
12.5	296	26/11/2023	412	17/10/2023	142	17/10/2023

LES POPULATIONS D'INSECTES SPÉCIFIQUES DU STOCKAGE DE CÉRÉALES SONT-ELLES CAPABLES DE SE DÉPLACER ET DE S'ÉTABLIR AU CHAMP ?

Ces derniers débuts de campagnes ont été marqués par une détection précoce d'insectes dans les silos français. Ce constat a amené de nombreux stockeurs à se questionner sur la possibilité d'une infestation des céréales en culture, avant d'être moissonnées. Au regard de la biologie des espèces inféodées au stockage, notamment les conditions dans lesquelles leur développement est possible ou bien leur mobilité favorisée, cette hypothèse semble peu plausible. Plusieurs études se sont intéressées à la surveillance de ces espèces à l'intérieur mais aussi aux abords d'un site de stockage. Des dispositifs expérimentaux ont également été conçus afin d'évaluer les distances que ces insectes étaient capables de parcourir en milieu extérieur selon la proximité avec des silos ou le type de végétation en place (forêt, grandes cultures...). Les enseignements tirés de ces recherches montrent qu'une dissémination par envol des insectes au champ, voire d'un site de stockage à un autre, est peu probable.

► *Les caractéristiques biologiques des principales espèces du stockage de céréales montrent que le silo constitue un biotope idéal pour leur développement*

On considère deux catégories d'insectes distinctes au stockage des céréales : les insectes primaires (charançons, capucins) et les insectes secondaires (silvains dentelés, triboliums ...). Les premiers ont besoin de grains de céréales entiers et mûrs pour se nourrir et se développer. Les femelles adultes déposent directement leurs œufs à l'intérieur des grains chez certaines espèces primaires (charançons), ou bien c'est le stade larvaire qui migre à l'intérieur d'un grain pour finir son développement jusqu'au stade adulte, chez d'autres primaires (capucins). C'est pourquoi on parle aussi d'insectes à formes cachées. À l'inverse, les insectes secondaires présentent des pièces buccales dont la force limitée ne leur permet pas de s'attaquer à des grains entiers, plutôt à des brisures, farines et poussières végétales. Une espèce primaire est par conséquent plus difficile à détecter et parfois à éliminer du fait de la protection conférée par les grains.

Les espèces primaires requièrent la présence de céréales pour se développer, néanmoins plusieurs espèces secondaires peuvent également coloniser un stock de graines oléagineuses et se nourrir de graines brisées ou de poussières. Par ailleurs, des études américaines ont été menées au laboratoire par Wright et al. (1990) et Jia et al. (2008) afin de déterminer si des espèces d'insectes du stockage étaient capables de survivre en présence d'autres espèces végétales que les céréales cultivées. La survie des adultes et l'établissement d'une progéniture de *Rhyzopertha dominica* (capucin des grains) s'est avérée possible sur une espèce de glands partiellement brisés, provenant de chênes *Quercus muehlenbergii* implantés en Amérique du Nord. Les glands provenant d'autres espèces de chênes testés n'ont pas conduit aux mêmes résultats.



La longévité des adultes est relativement courte, de quelques mois à deux ans selon les espèces (tableau 1). Cette durée est généralement insuffisante pour leur conférer la possibilité d'attendre la maturité de nouveaux grains d'une année à l'autre au champ, afin de se nourrir et d'installer de nouvelles pontes. De plus, ces espèces n'ont pas la possibilité d'entrer en diapause comme d'autres espèces du champ (exemple des bruches sur graines protéagineuses) afin de préserver leur énergie durant l'hiver en attendant de nouvelles conditions favorables à leur activité.

Tableau 1 : Durée de vie du stade adulte chez différentes espèces déprédatrices des grains stockés (Grain Research & development corporation, Australia, 2024)

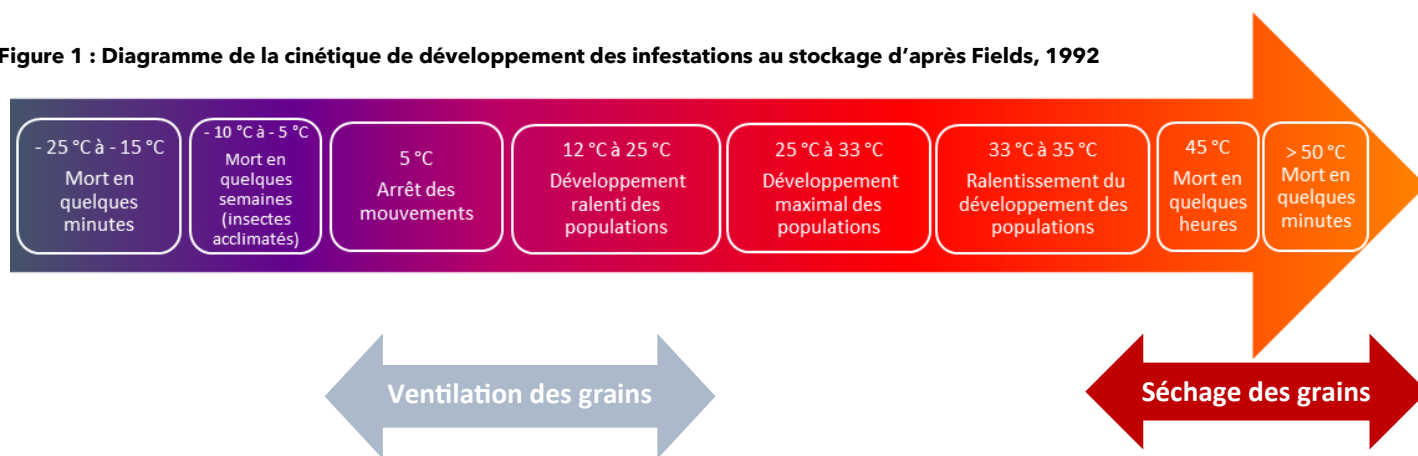
Espèce	Durée de vie moyenne de l'adulte
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	6-9 mois
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	6-10 mois
<i>Rhyzopertha dominica</i>	2-3 mois
<i>Sitophilus granarius</i>	Jusqu'à 1 an
<i>Sitophilus oryzae</i>	3-6 mois
<i>Sitophilus zeamais</i>	3-6 mois
<i>Tribolium castaneum</i>	Jusqu'à 2 ans
<i>Tribolium confusum</i>	Jusqu'à 2 ans
<i>Plodia interpunctella</i>	10-14 jours

Pour assurer le développement des individus et *in fine* la croissance d'une population, le seuil minimal de température est de 14 °C pour les espèces les plus tolérantes au froid et de 20 °C pour les plus sensibles (Stejskal et al., 2019). La plage de températures optimales est située entre 25 et 33 °C (figure 1, d'après Fields, 1992). Etant donné les caractéristiques climatiques sur le territoire français, la fenêtre temporelle durant laquelle la prolifération de ces espèces serait possible hors du silo est donc relativement restreinte.

Les bâtiments de stockage de grains présentent généralement des températures stables, plus clémentes, ainsi que des mouvements d'air plus restreints que le milieu extérieur, ce qui offre des conditions favorables à la survie de ces insectes (Jian, 2019). C'est la recherche de nouvelles sources de nourriture ou bien de partenaires

sexués qui peut motiver la mobilité des insectes du stockage, en réponse à des stimulations olfactives (phéromones ou kairomones). Parcourir de longues distances par le vol est très consommateur en énergie. C'est pourquoi les espèces d'insectes rampants (charançons, silvains...), bien que pourvus d'ailes (excepté le charançon des grains *S. granarius*), ne volent jamais en-dessous de 20 °C voire 27,5 °C pour le charançon du riz *S. oryzae* (Stejskal et al. 2019). Quant aux lépidoptères (teignes ou mites alimentaires comme *Plodia interpunctella*), ils volent préférentiellement mais de manière saccadée sur de courtes distances (quelques mètres). Les premiers vols de lépidoptères apparaissent en général autour du mois d'avril au silo, lorsque la température ambiante atteint 15 °C.

Figure 1 : Diagramme de la cinétique de développement des infestations au stockage d'après Fields, 1992



Des études de surveillance par piégeage invalident l'hypothèse d'une migration des insectes du stockage au champ dans les conditions climatiques françaises



Plusieurs études montrent que les espèces déprédatrices des denrées stockées ont une répartition spatiale et temporelle à l'intérieur des silos (Arbogast et al., 2000). Une bonne connaissance de la cartographie des infestations à l'intérieur d'installations de stockage est d'ailleurs d'une aide précieuse pour réussir sa stratégie de lutte intégrée et pouvoir cibler les populations présentes (Campbell et al., 2006).

Pourtant, bien que ces espèces soient majoritairement piégées à l'intérieur des bâtiments, plusieurs études mentionnent également leur présence à faibles distances (généralement moins de 100m) de certains sites infestés. La présence de grains résiduels aux

abords d'un site de stockage (y compris le stockage d'échantillons ou les bennes de déchets) constitue un refuge pour ces espèces et un risque d'infestation pour le stock de grains à venir. Les stockeurs doivent donc être attentifs et vigilants vis-à-vis de ces zones qui entourent un bâtiment de stockage.

Parmi les différentes espèces d'insectes du stockage, le capucin des grains est réputé comme celui capable de voler sur les plus longues distances : une étude américaine montre en effet qu'en lâchant des individus marqués en milieu extérieur, certains pouvaient être piégés à 375 m en moyenne et parfois jusqu'à plus de 1000 m du point de lâcher (Campbell et al. 2006 ; Mahroof et al., 2010). Ils se dirigeraient préférentiellement vers des surfaces boisées et non vers les cultures de plein champ. Le tribolium est aussi une espèce capable de parcourir une centaine de mètres aux abords des silos lorsque la saison est propice à son envol. Les pics de captures de cette espèce aux abords de silos indiens sont apparus lorsque les températures moyennes minimales enregistrées sur les 3 sites étudiés dépassaient 27 °C (Rajan et al, 2018). En Australie, des vols de triboliums ont également été détectés sur des parcelles à proximité de

silos dans des conditions de température supérieures à 26 °C (Sinclair et Haddrell, 1985). Kučerová et al. (2005) ont observé des captures de certains ravageurs fréquents au stockage comme des triboliums, silvains dentelés ou petits silvains plats aux abords de stockages fermiers tchèques, en particulier en présence de grains résiduels, dans des conditions printanières et estivales. Les espèces mycétophages également, capables de s'alimenter grâce à des moisissures et poussières végétales, sont parfois observées aux abords des silos et moulins (Dowdy et McGaughey 1994 ; Semaio et al., 2013).

Dans les études avec une mise en place d'un suivi long (a minima une année) les pics de captures observées à l'intérieur et aux abords des silos sont synchrones (figure 2, d'après Ridley et al., 2016). Il n'y a pas de décalage temporel laissant présager des migrations saisonnières depuis le silo vers le champ en amont de la moisson.

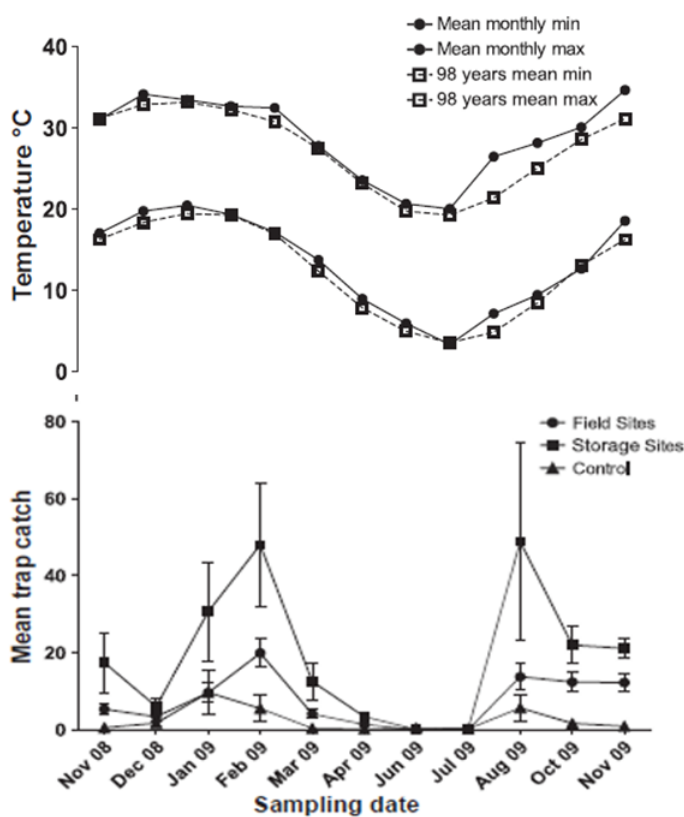
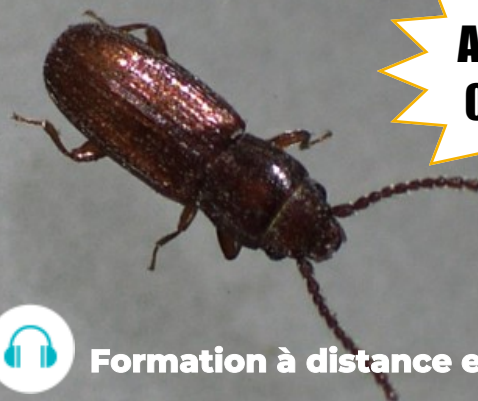


Figure 2 : Evolution du nombre moyen de captures de *Tribolium castaneum* sur 15 sites australiens (région de Queensland au climat sub-tropical), selon que les pièges sont au champ à distance d'un kilomètre de tout silo (« field sites ») ou sur un site de stockage avec ou sans appât (respectivement « storage sites » ou « control »). Les températures ambiantes moyennes mensuelles uniquement durant l'étude ou moyennées sur 98 ans sont affichées sur le graphique du haut - Ridley et al., 2016



En revanche, ces études mentionnent un piégeage faible ou inexistant de charançons en dehors des bâtiments de stockage. Seule une étude au Kenya a noté la présence de charançons (*S. zeamais* principalement mais aussi *S. oryzae*), capturés dans des pièges à phéromones disposés au sol et des pièges suspendus sous un hangar ouvert d'une parcelle agricole. Ce hangar comportait des épis de maïs en cribs (Likhayo et Hodges, 2000), qui ont probablement joué le rôle de foyer d'infestation expliquant les captures à proximité. De plus la température ambiante durant la phase de piégeage était en moyenne, de 26 °C, c'est-à-dire favorable au développement et à la mobilité des insectes. En France, la récolte du maïs étant plus tardive que celle du blé ou de l'orge, nous pouvons imaginer que cette culture pourrait faire l'objet d'une colonisation par les insectes primaires dans certains cas exceptionnels : proximité immédiate de la parcelle avec un silo infesté dont les insectes seraient en compétition pour les ressources alimentaires, culture dans son dernier stade de développement avant la moisson, conditions favorables au vol des insectes... Quelques observations d'adultes charançons sur des parcelles ont été faites dans le Sud de la France, néanmoins aucune étude scientifique ne permet d'avancer une infestation significative des grains de maïs avant moisson. En aucun cas ces insectes ne pourraient survivre toute une campagne agricole au champ.

Approfondissez vos connaissances sur les insectes ravageurs au stockage, de leur biologie aux différentes stratégies de lutte, formez-vous avec nos experts à distance !



A partir du
04/03/25

[Plus d'infos](#)



Formation à distance en 5 séquences

1 Les principaux insectes au stockage des céréales : leur biologie, leurs caractéristiques (2h30)

- Morphologie et cycles de développement des principaux ravageurs des céréales stockées
- Guide pour la reconnaissance des espèces
- Comportements et mécanismes biologiques caractéristiques de ces insectes

2 Les différents outils et méthodes existants pour surveiller en continu un stock de grains (1h45)

- Présentation des étapes de la lutte intégrée
- Intérêts de la mise en place d'une surveillance du risque insectes
- Présentation des différents niveaux de surveillance et des outils/méthodes qu'ils comportent

3 Quelle stratégie de piégeage adopter ? Comment interpréter des données de captures ? (1h45)

- Aide à la décision pour le positionnement des pièges dans un lot de céréales
- Efficacité des médiateurs chimiques pour améliorer les performances de piégeage
- Méthode pour évaluer le risque insectes à partir de données de piégeage et construction d'un arbre de décision

4 La mise en place d'une lutte intégrée au stockage des céréales (partie 1 - 2h30)

- Les méthodes constituant le socle d'une stratégie de lutte intégrée contre les insectes
- Les méthodes opérationnelles pour compléter un itinéraire technique de protection des grains stockés
- Présentation des activités expérimentales d'ARVALIS autour de la lutte intégrée contre les insectes au pôle stockage des grains

5 La mise en place d'une lutte intégrée au stockage des céréales (partie 2 - 2h30)

- Les méthodes opérationnelles pour compléter un itinéraire technique de protection des grains stockés (suite)
- Découverte de quelques méthodes de lutte plus prospectives



Chaque séquence est animée en direct par Marine CABACOS de la Plate Forme Métiers du Grain (Boigneville-91)