



SOMMAIRE

Un état des lieux inédit sur la présence d'insectes ravageurs au silo fermier : le risque est avéré pour certaines espèces largement installées sur le territoire français.....Pages 1 - 4

Quel a été l'impact du réchauffement climatique sur la ventilation du grain au cours des quarante dernières années ?.....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 :

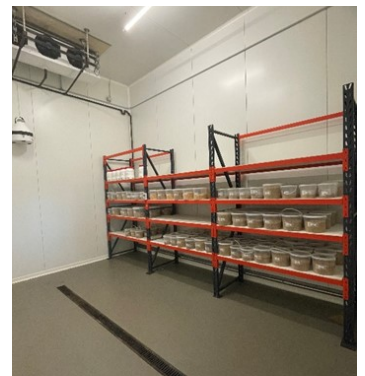
<https://www.arvalis.fr/contacter-arvalis>

UN ÉTAT DES LIEUX INÉDIT SUR LA PRÉSENCE D'INSECTES RAVAGEURS AU SILO FERMIER : LE RISQUE EST AVÉRÉ POUR CERTAINES ESPÈCES LARGEMENT INSTALLÉES SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS

A RVALIS a entamé en 2022 un travail d'enquête sur 3 années consécutives afin de caractériser le risque d'infestations dans les stockages fermiers de céréales et identifier les espèces prédominantes. Cette étude met en évidence une forte présence de quelques espèces dans toutes les régions et démontre que l'attention portée au refroidissement des grains est primordiale dans la gestion du risque de prolifération.

▶ Des échantillons issus de 148 stockages fermiers ont contribué à construire l'image des infestations en France

Les sites enquêtés ont été mobilisés sur la base du volontariat, le seul prérequis étant de stocker du blé et/ou de l'orge pour en expédier un échantillon à l'automne, entre octobre et décembre. ARVALIS a pu collecter 207 échantillons de blé tendre ainsi que 71 échantillons d'orge, provenant de 148 stockages différents, issus des récoltes 2022 à 2024 et représentatifs des différentes régions françaises (figure 1). L'enquête ne portait que sur le blé la première année. La moitié des échantillons provenait de stocks à plat et l'autre moitié de cellules verticales.



Le protocole de prélèvement demandait aux volontaires d'échantillonner une partie du stock considérée à risque pour les infestations (moins ventilée, pointe de tas ou partie exposée au sud par exemple), et d'en expédier 3 kilogrammes à ARVALIS. Un questionnaire visant à caractériser les conditions de stockage associées à l'échantillon était également renseigné et retourné par l'agriculteur. L'objectif était de mettre en évidence les pratiques (ventilation, nettoyage, surveillance, traitement des locaux/grains) discriminantes pour le développement des insectes observés dans les échantillons.

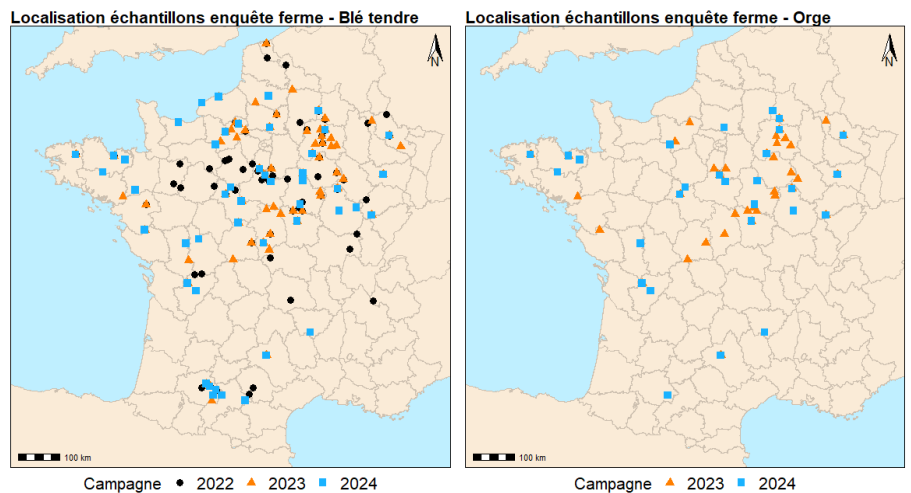


Figure 1 : Localisation des échantillons

A réception de chaque échantillon, ARVALIS a procédé à une première recherche d'insectes via 2 tamisages successifs de 3 minutes chacun, un premier dans un tamis simple en bois (2 x 2 mm), puis un second sur un double tamis métallique (1,7 x 1,7 et 0,5 x 0,5 mm). Les insectes extraits étaient identifiés et dénombrés puis l'échantillon était placé durant 42 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.

▶ Les détections d'insectes réalisées révèlent que 3 stocks fermiers sur 4 hébergent des insectes

Sur les 278 échantillons de blé et d'orge analysés, en cumulant les deux dates d'observation, seuls 27 % ne comportaient aucun insecte, mort ou vivant (acariens et psoques exclus ici mais présents dans 68 % des échantillons). La part d'échantillons « sains » atteint 37 % si les échantillons qui comportaient uniquement des insectes morts sont considérés comme non infestés (figure 2). L'incubation des échantillons est inévitable pour éviter les faux négatifs, c'est-à-dire des échantillons qualifiés comme indemnes d'insectes alors qu'ils comportaient des formes cachées à réception. En effet, 10 % des infestations ont été découvertes après incubation seulement. Enfin, d'après les réponses données dans les questionnaires, les agriculteurs participants ignoraient la présence d'infestations sur leur site (révélée par cette enquête) pour 47 % des échantillons analysés.

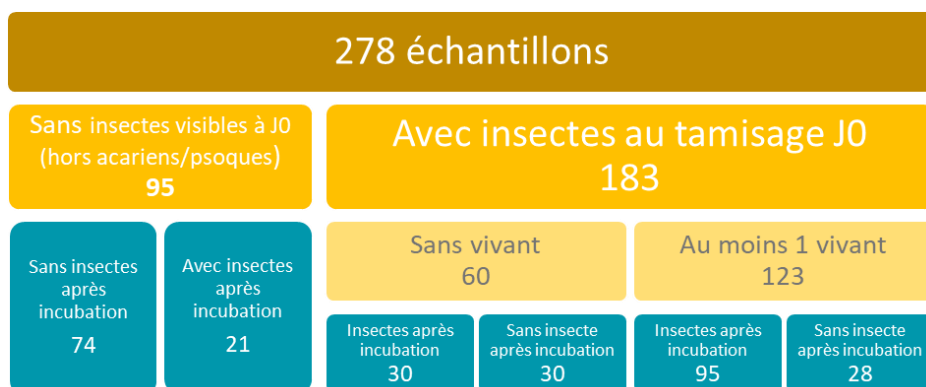
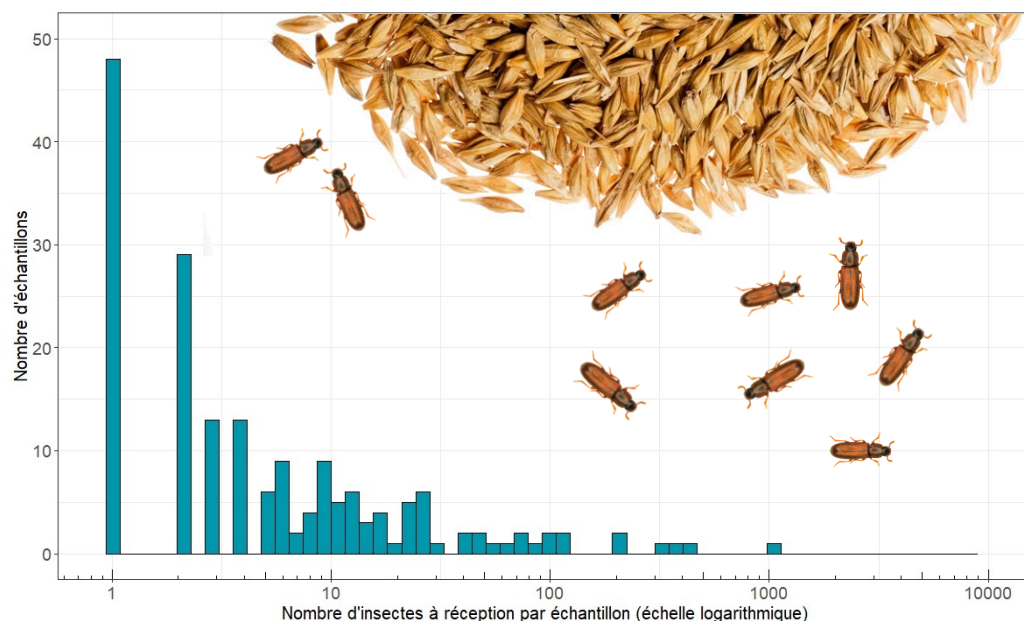


Figure 2 : Détections faites sur les échantillons de blé et d'orge collectés (enquête ferme ARVALIS 2022-2024)



Si la part d'échantillons infestés est majoritaire, le nombre d'insectes observés dans les échantillons à réception reste modéré : 50 % des échantillons infestés comportaient moins de 4 insectes (figure 3). Les densités moyennes d'insectes par échantillon n'étaient pas significativement différentes entre les trois campagnes d'enquête.

Figure 3 : Niveau d'infestation à réception des échantillons

▶ L'orge est plus sujette aux infestations, en particulier en insectes à formes cachées

Parmi les blés infestés avec une espèce déprédatrice (72 % des échantillons de blés collectés sur 3 années), environ la moitié comportait uniquement des insectes à formes libres et l'autre moitié au moins une espèce à formes cachées (figure 4). Cependant, le constat est différent pour les orges. Parmi les orges infestées (76 % des échantillons d'orges collectés), plus de 80 % présentaient au moins un insecte à formes cachées (figure 5).

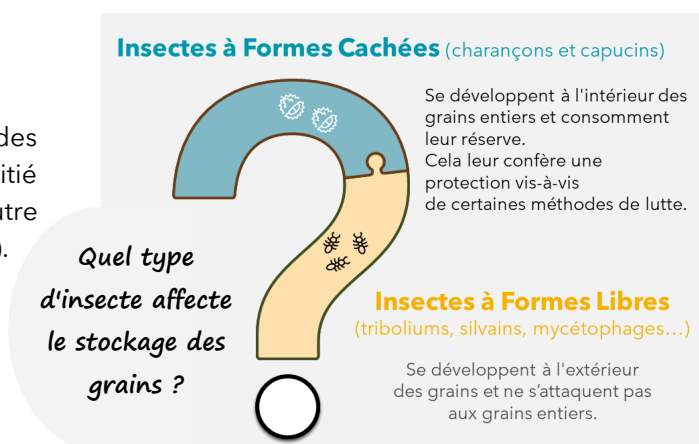


Figure 4 : Répartition des échantillons de blé tendre selon leur infestation (ARVALIS, enquêtes ferme 2022-2024, cumul des observations à réception et après incubation)

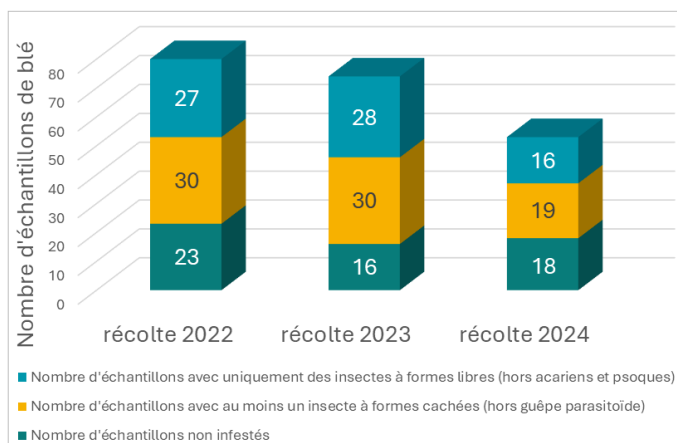
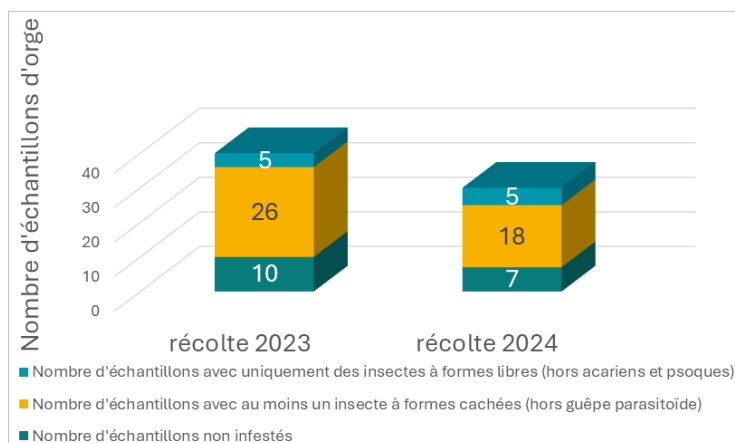


Figure 5 : Répartition des échantillons d'orge selon leur infestation (ARVALIS, enquêtes ferme 2022-2024, cumul des observations à réception et après incubation)



► *Certaines espèces d'insectes prédominent dans les stockages fermiers français : charançons du riz et silvains dentelés sont particulièrement observés sur blé et orge*

En moyenne, un échantillon observé comportait entre 2 et 3 espèces différentes (observations à réception et après incubation cumulées). La proportion d'échantillons présentant une espèce donnée a été établie pour chaque espèce végétale stockée afin d'établir les fréquences de présence des principales espèces de ravageurs. Le blé est principalement infesté par des charançons du riz *S. oryzae* et des silvains dentelés *O. surinamensis* (1 échantillon sur 4 environ) (figure 6). Le tribolium roux *T. castaneum* a lui aussi été fréquemment observé, dans 18 % des échantillons au global des 3 années d'enquête, et plus particulièrement en 2022 dans 23 % des échantillons. Les 2 années suivantes ont été plus propices au développement

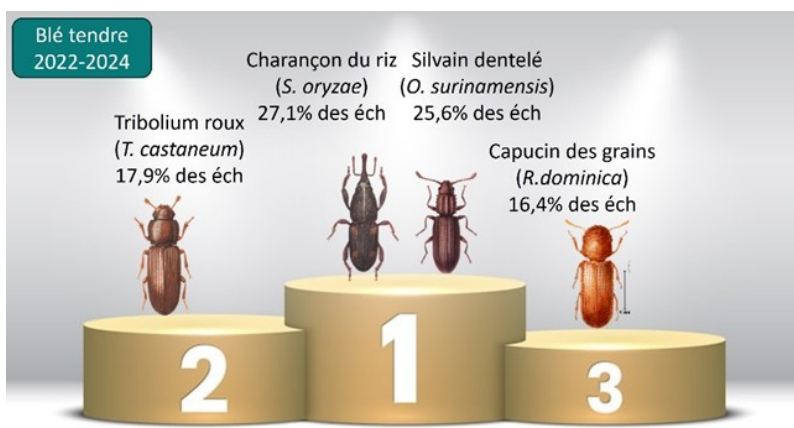


Figure 6 : Fréquences de présence des principaux ravageurs dans le blé issu de stockages fermiers

d'insectes mycétophages (*Latridiidae*), détectés dans 16 % des échantillons en cumulant les 3 années d'enquête. La teneur en eau plus élevée (jusqu'à 1,2 % en moyenne en 2024 par rapport à 2022) des échantillons de blé collectés est peut-être un facteur expliquant cette différence interannuelle. La fréquence de présence de ces mycétophages est équivalente à celle des capucins des grains *R. dominica* (un insecte à formes cachées comme le charançon).

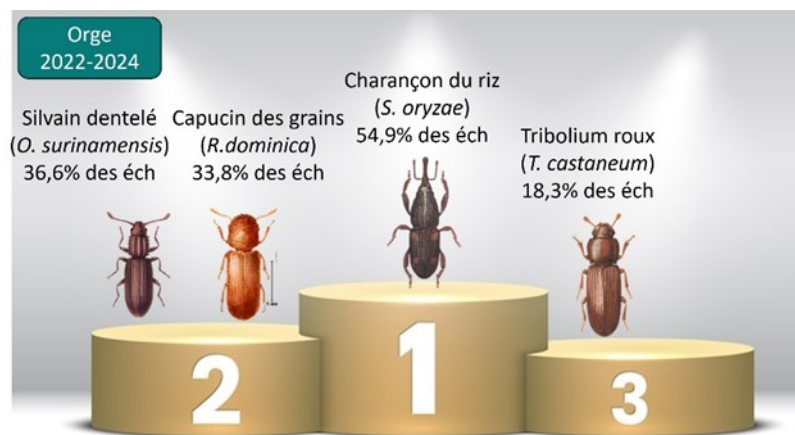


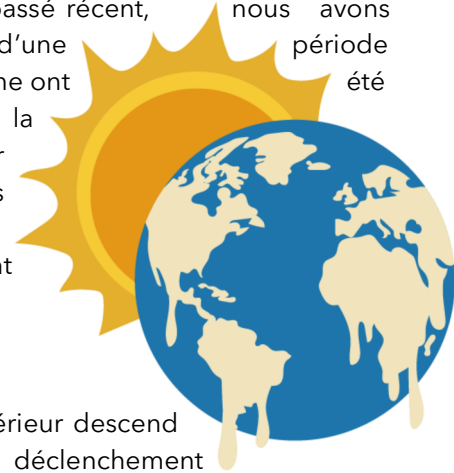
Figure 7 : Fréquences de présence des principaux ravageurs dans l'orge issue de stockages fermiers

Dans l'orge, les insectes à formes cachées étaient davantage observés : 55 % des orges comportaient au moins un charançon du riz et 34 % un capucin des grains. Le silvain dentelé était aussi prédominant comme sur le blé : il a été observé dans 37 % des échantillons d'orge (figure 7).

Ces espèces prédominantes sont largement présentes sur le territoire, dans toutes les régions de provenance des échantillons (sauf le capucin qui n'a pas été trouvé dans les échantillons issus des Hauts-de-France et des Pays de la Loire, régions ayant néanmoins fourni un faible nombre d'échantillons pour cette étude).

QUEL A ÉTÉ L'IMPACT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LA VENTILATION DU GRAIN AU COURS DES QUARANTE DERNIÈRES ANNÉES ?

A lors que la présence d'insectes dans les grains est un motif de réfaction voire de refus des lots, le changement climatique rend de plus en plus difficile la prévention des infestations par le refroidissement. Le refroidissement par la ventilation à l'air ambiant repose en effet sur la fraîcheur des températures nocturnes. Pour savoir comment les installations de stockage ont été impactées par le changement climatique dans le passé récent, nous avons commencé par faire un bilan des fenêtres disponibles pour la ventilation, tout au long d'une période de 40 ans. Les données de température de 191 stations météo de France métropolitaine ont été utilisées pour calculer l'offre climatique, c'est-à-dire les heures pendant lesquelles la ventilation du grain est possible. La méthode de calcul est détaillée dans le premier paragraphe. Entre la période 1980/1999 et la période 2000/2019, les offres climatiques médianes ont baissé de 11 à 31 %. On observe également des différences importantes entre régions, les régions du sud de la France étant généralement les moins favorables à la ventilation.



▶ Refroidir progressivement les cellules de grain avec la ventilation à l'air ambiant

Dans les stocks destinés à une conservation de plusieurs mois, le refroidissement des grains crée un environnement défavorable aux insectes, ce qui en fait une technique de prévention incontournable. Le refroidissement se fait de manière progressive, en suivant l'évolution saisonnière des températures. Au moment de l'ensilage, un premier palier a pour objectif de refroidir le grain à 20 °C. Cette température est inférieure aux températures optimales pour le développement des insectes, l'atteindre permet donc de ralentir les proliférations éventuelles. L'objectif du deuxième palier, 12 °C, correspond au seuil en-dessous duquel les insectes cessent de se reproduire, pour les espèces les plus résistantes au froid. Ce palier est donc crucial pour contrôler les populations d'insectes. Un troisième palier, avec un objectif de 5 °C, permet de retarder la montée en température du grain au printemps. A 5 °C, la mortalité des insectes augmente sans qu'il y ait de natalité. Les populations diminuent mais cela ne suffit pas à éradiquer complètement d'éventuelles infestations (cf. [Lettre Stock@ge n°8 - Mai 2018](#)).

Pour chacun de ces paliers, on définit **l'offre climatique** comme le nombre d'heures pendant lesquelles la

température de l'air extérieur descend en-dessous du seuil de déclenchement des ventilateurs. Pour calculer les offres climatiques, on doit définir les dates de début et de fin souhaitées pour les paliers de ventilation des grains. Dans notre cas, nous avons décidé de faire débuter les calculs au 15/07 pour le premier palier, car cette date correspond au moment où une grande partie des blés ont été récoltés et ensilés. A la suite de cela, chaque palier dure deux mois et les paliers se succèdent sans interruption (tableau 1). Les offres climatiques sont calculées à partir des températures horaires. Pour l'ensemble de la période 1980/2019, nous avons utilisé les données de 191 stations météo du territoire métropolitain.

En pratique, la température de l'air en sortie de ventilateur est plus élevée de quelques degrés par rapport à celle de l'air ambiant, car l'air subit une compression dans le ventilateur. Pour prendre en compte cette élévation de température, les thermostats doivent être réglés de manière à déclencher la ventilation lorsque que la température extérieure descend en dessous de l'objectif moins cette élévation de température. Dans cet article, pour l'exemple, on suppose que l'élévation de température est de 4 °C¹, et les seuils de déclenchement de la ventilation sont adaptés à cette valeur de réchauffage.

Tableau 1 : Caractéristiques des paliers de refroidissement définies dans le cadre de l'étude

Palier	Date de début	Date de fin	Température à atteindre dans le grain (°C)	Seuils de déclenchement pour la ventilation (°C)
1	15/07	14/09	20	16
2	15/09	14/11	12	8
3	15/11	14/01	5	1

¹ Cette valeur de 4 °C a été mesurée sur un silo béton, où deux cellules de blé de 5 m de diamètre par 25 m de hauteur de grain étaient ventilées simultanément. De manière générale, le réchauffage peut varier de 0 à 12 °C, et ces variations dépendent de nombreux paramètres, comme le type de grain stocké, la hauteur de grain, le ventilateur et les caractéristiques du réseau de distribution d'air.

► Des offres climatiques en baisse de 11 à 31 % par rapport à la période 1980/1999

Entre 1980 et 2019, l'offre climatique a connu une très légère baisse pour les trois paliers, comme le montre la figure 1. Si cette tendance baissière est peu perceptible d'une année sur l'autre, cachée par une importante variabilité interannuelle, en comparant les données de la période 2000/2019 à celles des 20 années précédentes, on constate que les offres climatiques médianes ont baissé de 11 à 31 %. Le palier 3, qui est celui pour lequel les offres climatiques étaient les plus basses, est aussi celui pour lequel les offres climatiques ont le plus baissé.

Les écart-types reflètent la variabilité des données. Pour le premier palier, ils étaient de 188 h et 154 h, pour les périodes 1980/1999 et 2000/2019 respectivement. Ces valeurs représentaient environ 40 % de la valeur moyenne de chaque période. Pour le deuxième palier, les écart-types de 145 et 131 heures représentaient respectivement 53 % et 56 % des offres climatiques moyennes des périodes 1980/1999 et 2000/2019. Pour le troisième palier, on observe sur la partie gauche de la figure 1 que la variabilité interannuelle était particulièrement importante entre 1995 et 2011. Cela se reflète dans les écart-types : la période 1980/1999 était caractérisée par un écart-type de 180 heures, qui représentait 61 % de l'offre climatique moyenne. Au cours de la période suivante, l'écart-type était de 192 heures, ce qui paraît une augmentation assez légère, mais compte tenu de la baisse de l'offre climatique, il représentait alors 80 % de la valeur moyenne. Pour résumer, la variabilité de l'offre climatique est restée assez stable pour les paliers 1 et 2, mais a nettement augmenté pour le troisième palier.

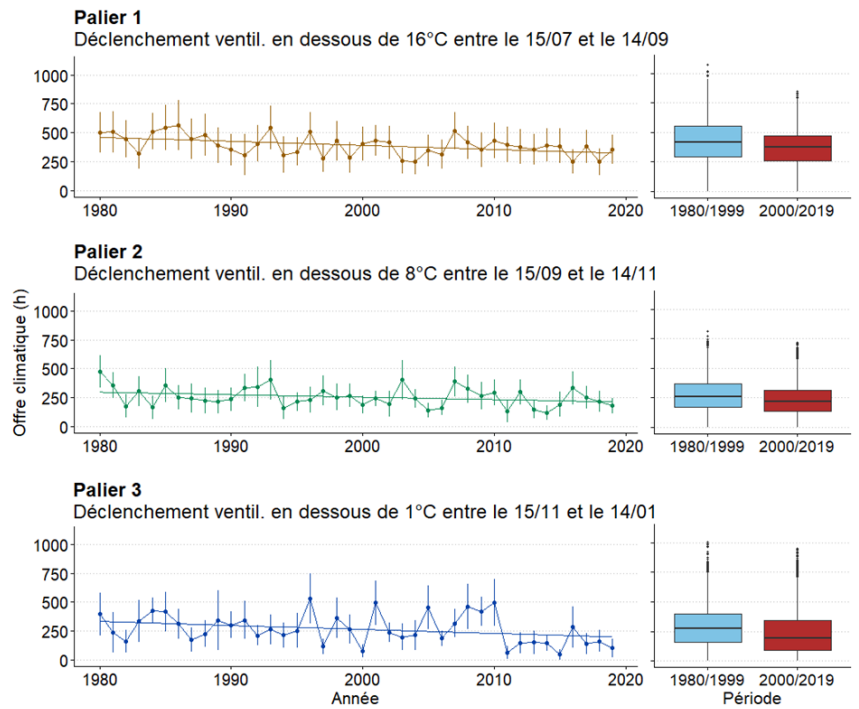
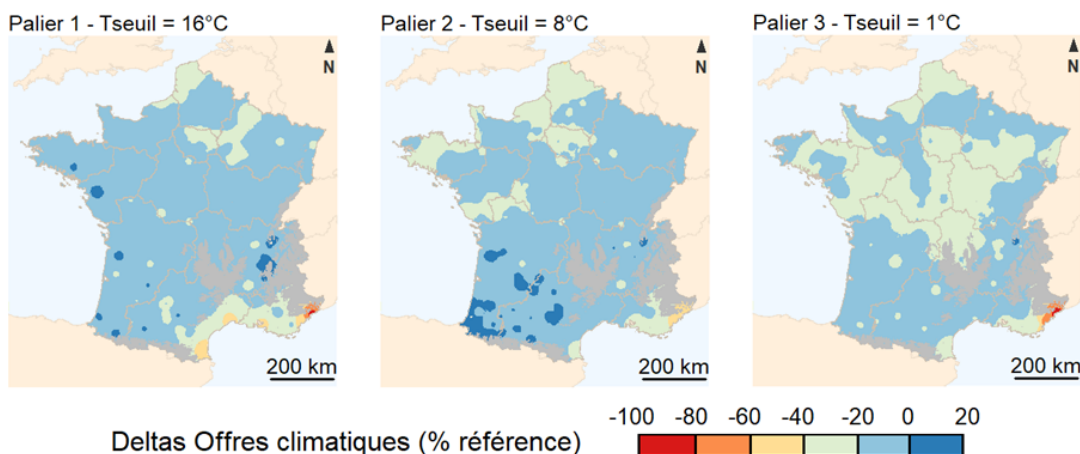


Figure 1 : Evolution des moyennes nationales des offres climatiques au cours de la période 1980-2019 (les barres verticales représentent les écart-types) et comparaison des offres climatiques des périodes 1980/1999 et 2000/2019

► Des différences d'offre climatique significatives entre régions océaniques, continentales et méditerranéennes

La figure 2 cartographie les différences d'offre climatique moyenne entre les deux périodes de 20 ans étudiées. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la moyenne 1980/1999. Entre les deux périodes, l'offre climatique moyenne a pu varier de -90 à +22 % selon les stations météo. Les variations très importantes ne concernent qu'un nombre limité de stations : la plupart des données se trouvent entre -30 et 0 % de variation pour les trois paliers respectifs. Les cinq stations concernées par des baisses de plus de 50 % de l'offre climatique moyenne se trouvaient sur le littoral méditerranéen. Quelques stations ont vu leurs offres climatiques moyennes augmenter par rapport à la période 1980/1999, notamment dans le sud-ouest de la France, pour le deuxième palier.



Quelques stations ont vu leurs offres climatiques moyennes augmenter par rapport à la période 1980/1999, notamment dans le sud-ouest de la France, pour le deuxième palier.

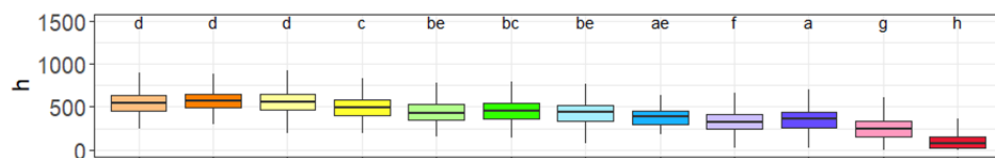
Figure 2 : Variations des offres climatiques des trois paliers entre la période 1980/1999 (référence) et la période 2000/2019

Ces cartes montrent que pour les deux premiers paliers de refroidissement, les variations d'offre climatiques entre les deux périodes sont assez homogènes sur l'ensemble du territoire métropolitain. C'est pourquoi, dans la suite de ce paragraphe, nous nous sommes concentrés sur la période 2000/2019.

La figure 3 présente, pour la période 2000/2019, les distributions des offres climatiques des trois paliers par région administrative. Pour le premier palier, les offres climatiques les plus élevées se trouvaient en Bretagne, en Normandie ou dans le nord de la France (groupe « d »), avec en médiane 500 heures en dessous de 16 °C entre le 15/07 et le 14/09. La région la moins favorable à la ventilation était la Provence-Alpes-Côte d'Azur, où il était rare de cumuler plus

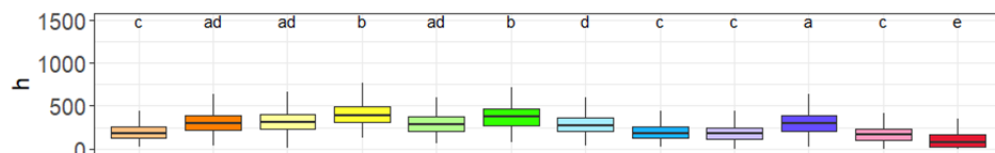
de 250 heures en dessous de 16 °C.

Déclenchement ventilation en dessous de 16°C entre le 15/07 et le 14/09 - Période 2000/2019



Pour le deuxième palier, les régions les plus favorables, Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté, bénéficiaient en médiane d'environ 500 heures en dessous de 16 °C. La région la moins favorable restait la Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Déclenchement ventilation en dessous de 8°C entre le 15/09 et le 14/11 - Période 2000/2019



Pour le troisième palier, c'est dans les régions au climat continental qu'on trouvait le plus d'heures favorables à la ventilation, avec des médianes allant de 290 à 340 heures, là où la médiane nationale était de 190 heures. La Bretagne et la Provence-Alpes-Côte d'Azur étaient les deux régions les moins favorables pour ce palier, avec en médiane un peu moins de 75 heures en-dessous de 1 °C.

Déclenchement ventilation en dessous de 1°C entre le 15/11 et le 14/01 - Période 2000/2019

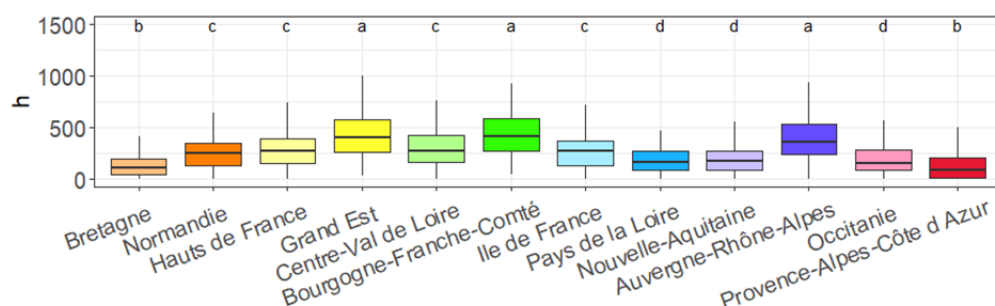


Figure 3 : Offres climatiques par région - les lettres correspondent aux groupes de données non significativement différentes selon des tests de Wilcoxon deux-à-deux

▶ Que retenir de cette étude ?

Pour la période 2000/2019, les fenêtres favorables à la ventilation étaient en baisse par rapport à la période 1980/1999. Le troisième palier était le plus impacté par la baisse des offres climatiques. Après une période de forte variabilité entre 1995 et 2011, les offres climatiques de ce palier se sont stabilisées sur des valeurs nettement plus basses qu'avant. A noter que la valeur de réchauffage choisie ici, 4 °C, conduit non seulement à limiter fortement les offres climatiques d'une période donnée, par rapport à une situation sans réchauffage, mais aussi à creuser l'écart entre les deux périodes.

Les régions océaniques de la moitié nord de la France disposent de nombreuses fenêtres pour la ventilation en été (palier 1), mais les offres climatiques des paliers 2 et 3 y sont plutôt basses. Les régions au climat continental de la moitié nord de la France bénéficient d'offres climatiques élevées pour les trois paliers. Celles de la moitié sud de la France (Auvergne-Rhône-Alpes) ont peu d'offre climatique au palier 1 mais font partie des régions les plus favorables pour les paliers 2 et 3. Les régions méditerranéennes et de la côte Atlantique (Occitanie, Nouvelle-Aquitaine et surtout Provence-Alpes-Côte d'Azur) sont les moins favorables à la ventilation, et ce quel que soit le palier.

Une campagne 2024/2025 légèrement plus favorable que les précédentes

Pour la campagne 2024/2025, on dispose de données de température pour 708 stations de France métropolitaine. Les offres climatiques ont été calculées pour des seuils de 16 °C entre le 15/07 et le 14/09, 8 °C entre le 15/09 et le 14/11 et 1 °C entre le 15/11 et le 14/01. En moyenne, les offres climatiques s'élevaient à 328 heures pour le premier palier, 138 heures pour le deuxième palier et 194 heures pour le troisième palier (tableau 1). Ces valeurs sont légèrement supérieures à celles de la campagne précédente, pour les paliers 1 et 2. Elles restent toutefois en deçà des valeurs moyennes de la période 2000/2019. L'écart-type du palier 3 était plus élevé que celui de la campagne 2023/2024.

