

La flore adventice du blé, de l'orge et du colza avec un usage réduit d'herbicides

Judith Wirth¹, Jérôme Wassef¹, Adrien Delavallade¹, Selma Cadot², Sandie Masson¹, Philippe Jeanneret²

¹Agroscope, Systèmes de production Plantes, Malherbologie Grandes Cultures, 1260 Nyon, Suisse

²Agroscope, Agroécologie et environnement, Paysage agricole et biodiversité, 8046 Zürich, Suisse

Renseignements: Judith Wirth, e-mail: judith.wirth@agroscope.admin.ch

DOI: <https://doi.org/10.34776/afs15-330> Date de publication: 5. Décembre 2024



Champ de blé du projet PestiRed. (Photo: Adrien Delavallade, Agroscope)

Resumé

Dans le cadre du projet PestiRed, 68 agriculteurs de trois cantons (VD, GE et SO) ont pour objectif de réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques de synthèse (PPH) de 75 % sans perdre plus de 10 % de rendement dans différentes grandes cultures au sein de rotations diversifiées de six ans. Les agriculteurs mettent en œuvre des combinaisons de mesures agroécologiques préventives et curatives sur une parcelle innovante, tandis qu'ils continuent leurs pratiques usuelles sur une parcelle témoin. Chaque année, Agroscope réalise des relevés de flore adventice trois fois par culture (après désherbage en automne, après désherbage au printemps et avant récolte) sur les deux parcelles chez une partie des agriculteurs (32). Pour caractériser la flore adventice et pour évaluer l'efficacité du désherbage, quatre indicateurs ont été calculés pour les quatre premières années du projet (2020 à 2023): l'indicateur de fréquence de traitement herbicide (IFTH), la richesse spécifique (nombre d'espèces adventices), la fréquence et la densité moyenne des adventices. Les analyses

ont été effectuées pour les trois cultures principales du projet: le blé, l'orge et le colza. En moyenne, 23, 20 et 28 espèces adventices ont été identifiées dans les cultures de blé, orge et colza. La richesse spécifique diminue lorsque l'utilisation d'herbicides augmente, surtout dans le blé. Les espèces adventices les plus fréquentes, toutes parcelles et cultures confondues, sont la véronique de Perse (sur $\geq 70\%$ des parcelles), le mouron des oiseaux ($\geq 63\%$) et le pissenlit ($\geq 58\%$), suivies par deux graminées, le pâturin annuel ($\geq 56\%$) et le ray-grass d'Italie ($\geq 53\%$). Au cours de l'année dans les trois cultures et chez la majorité des agriculteurs, les stratégies sans herbicides avec mise en œuvre de mesures alternatives permettent d'atteindre le même niveau de contrôle d'adventices que les stratégies basées sur l'usage d'herbicides. Toutefois, une densité plus élevée d'adventices dans les parcelles sans herbicides a pu être observée avant la récolte dans le blé et après les désherbages de printemps dans l'orge et le colza. L'espèce adventice ayant la densité la plus élevée est le mouron des oiseaux, ceci dans les trois cultures et à chaque fois dans les parcelles sans herbicides (2,2 à 11,3 plantes/m²). La seconde espèce la plus abondante, elle, varie selon la culture et l'utilisation ou non d'herbicides: il s'agit du ray-grass d'Italie dans le blé sans herbicides (1,3 plantes/m²), du vulpin des champs dans l'orge avec herbicides (1,5 plantes/m²) et du laiteron rude dans le colza avec herbicides (2,1 plantes/m²). Les premiers résultats de quatre années de monitoring du projet PestiRed soulignent les perspectives intéressantes du contrôle sans herbicides des adventices dans le blé, l'orge et le colza. Des analyses détaillées préciseront l'évolution de la composition des communautés adventices, le rôle des différentes pratiques mises en œuvre ainsi que leurs effets sur les rendements sur la rotation de six ans.

Key words: integrated pest management, agroecology, non-chemical weed management, herbicide treatment frequency index, co-innovation, on-farm experimentation.

Introduction

Le projet PestiRed est un projet Ressources de l'Office fédéral de l'agriculture selon les articles 77 a et b de la loi sur l'agriculture (<https://pestired.ch>) porté par IP-Suisse, AgriGenève, Proconseil et les offices cantonaux de l'agriculture des cantons de Soleure, Vaud et Genève. Il a été mis en place en 2019 pour une durée de huit ans dans les cantons de Vaud, Genève et Soleure. 68 agriculteurs se sont engagés à réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques de synthèse (PPh) sans diminuer le rendement des cultures de plus de 10 %. Cinq groupes régionaux correspondant à des contextes pédoclimatiques et à des types de production spécifiques ont été constitués en début de projet. Les agriculteurs de chacun des groupes ont conjointement décidé d'une rotation de six ans qui tient compte des principes de la production intégrée et qui minimise les risques d'apparition de bioagresseurs. Cette succession culturale est mise en œuvre sur deux parcelles de chaque ferme. Sur la parcelle témoin l'agriculteur, met en œuvre les pratiques culturales habituelles de sa ferme. La parcelle innovante est conduite en production agroécologique et l'agriculteur met en œuvre une stratégie limitant le recours à l'usage des PPh grâce à une combinaison de mesures. Tous les agriculteurs du projet réalisent un monitoring simplifié des bioagresseurs (maladies, ravageurs, adventices) sur leurs deux parcelles et fournissent les données de leur carnet des champs (enregistrement des données exigé par les PER). Agroscope réalise un monitoring précis et détaillé des bioagresseurs sur 64 parcelles réparties sur les trois cantons (32 fermes) pour mener à bien l'évaluation scientifique du projet. Les centres de vulgarisation Proconseil, AgriGenève et le centre de formation Wallierhof assurent l'accompagnement technique des agriculteurs.

L'objectif de réduction des PPh de 75 % entre les parcelles innovantes et les parcelles témoin a été atteint, en moyenne des quatre premières années du projet (2020-2023), pour neuf des douze cultures. Pour le blé, l'orge et le colza la réduction des PPh était de 92 %, 83 % et 82 % respectivement. En revanche, la réduction des PPh en cultures de pomme de terre et de betterave a seulement atteint 25 % et 29 % respectivement. Pour l'épeautre, la diminution était seulement de 68 %, principalement en raison d'une utilisation faible des PPh dans les parcelles témoin. L'utilisation des fongicides, insecticides et régulateurs de croissance a été totalement arrêtée dans les parcelles innovantes (sauf pommes de terre). La réduction des herbicides a été la plus difficile à opérer. Néanmoins, près de 50 % des parcelles n'ont reçu aucun herbicide sur au moins une des quatre années.

Les adventices ont un impact considérable sur le rendement des cultures lorsqu'elles sont trop abondantes (tableau 1). Une gestion efficace est donc indispensable pour pérenniser la production. Afin d'éviter l'usage d'herbicides, une stratégie de gestion des adventices combinant des leviers cultureux et mécaniques est nécessaire. Les mesures préventives sont mises en œuvre en premier lieu (travail du sol, décalage de la date de semis, choix de variétés compétitives, association de cultures, etc.). Les actions curatives interviennent dans un second temps (désherbage mécanique). Lors des ateliers annuels de co-innovation, les agriculteurs ont exprimé leur crainte de voir augmenter la densité des adventices sur le long terme en stratégie sans herbicides. Une caractérisation de la flore adventice sur les parcelles cultivées avec ou sans herbicides a alors été réalisée. Les trois cultures principales (blé d'hiver – *Triticum aestivum*, orge d'hiver – *Hordeum vulgare* et colza d'hiver – *Brassica napus*) ont été étudiées. Cette caractérisation a pour objectif de répondre en particulier aux questions suivantes:

- Les adventices sont-elles aussi bien contrôlées avec une combinaison de mesures non-chimiques qu'avec une stratégie basée sur l'usage d'herbicides?
- Quelles sont les adventices les plus fréquentes et les plus abondantes sur les parcelles du projet PestiRed dans le blé, l'orge et le colza?
- Combien d'espèces d'adventices sont présentes en moyenne sur ces parcelles (richesse spécifique)?
- Y a-t-il une différence de densité ou de composition floristique en fonction de l'usage d'herbicides?

Avec cette première analyse, la composition de la flore adventice est détaillée et l'efficacité d'une combinaison de mesures non-chimiques est démontrée. Néanmoins, il est important de souligner que cette analyse ne tient pas compte de la complexité du désherbage non-chimique, des coûts et du nombre d'heures de travail élevés, etc.

Matériel et méthodes

Choix des parcelles étudiées

L'analyse se base sur 160 parcelles monitorées par Agroscope qui ont été cultivées en blé, orge ou colza entre 2020 et 2023 (voir détails dans la section «Relevés des adventices»). Une parcelle peut avoir été prise en compte une fois si elle a été cultivée avec une seule des trois cultures (une seule année sur les quatre) ou au maximum trois fois, si elle a été cultivée avec les trois cultures (trois

années différentes). Une culture n'est produite qu'une seule fois par parcelle au cours du projet. La moitié sont des parcelles témoins et l'autre moitié sont les parcelles innovantes correspondantes. Pour les analyses présentées ici, les parcelles innovantes et témoins n'ont pas été distinguées mais catégorisées comme traitées ou non avec des herbicides. Les parcelles témoin ont majoritairement reçu au moins un traitement herbicide et les parcelles innovantes n'ont majoritairement reçu aucun herbicide. Cependant, l'usage d'herbicides n'était pas toujours nécessaire sur la parcelle témoin et dans certaines situations, malgré la mise en œuvre de mesures préventives et curatives non chimiques sur la parcelle innovante, l'usage d'herbicides y a été nécessaire en dernier recours. Différentes combinaisons de méthodes préventives et curatives pour la gestion des adventices ont été utilisées, majoritairement sur les parcelles innovantes mais également pour certaines sur les parcelles témoins. Celles-ci incluent: rotation longue (six ans) et diversifiée, interculture, déchaumage mécanique, labour, semis tardif, densité et écartement de semis adaptés, faux-semis, mélange d'espèces, sous-semis et désherbage mécanique.

Indicateur de fréquence de traitements des herbicides (IFTH)

L'IFTH a été utilisé pour mesurer l'intensité de l'utilisation d'herbicides. Il comptabilise toutes les applications sur une parcelle en prenant en compte la dose appliquée en correspondance avec la dose maximale autorisée pour la culture et la cible (OSAV – Index des produits phytosanitaires) et la surface d'application. Il est calculé selon la formule:

Où n est le nombre d'herbicides (H) appliqués (minimum 1, maximum q). La valeur d'IFTH augmente en fonction du nombre et de la dose d'herbicides ainsi que de la surface d'application. Un produit appliqué à dose maximale sur toute la surface a un IFT de 1.

$$IFTH = \sum_{n=1}^q H \frac{(dose\ appliquée)}{(dose\ maximale)} \times \frac{(surface\ d'application)}{(surface\ totale\ de\ la\ parcelle)}$$

Relevés des adventices

Les données présentées sont issues de 396 relevés réalisés sur des parcelles semées en blé d'hiver (57 parcelles), en blé de printemps (3 parcelles), en orge d'hiver (52 parcelles) et en colza d'hiver (48 parcelles). Trois relevés de flore ont été effectués chaque année: après le désherbage d'automne, après le désherbage de printemps

et avant la récolte. Chaque parcelle a été parcourue en suivant un transect en W. Toutes les espèces adventices observées pendant le parcours ont été déterminées et classées selon les onze classes d'abondance de l'échelle Barralis (Barralis, 1976). Leur densité a ensuite été calculée en divisant la médiane de chaque classe par la surface de la parcelle. Cette méthodologie a permis de déterminer la quasi-totalité des espèces présentes tout au long de l'année. Trois indicateurs ont ensuite été calculés:

1. La richesse spécifique indique le nombre d'espèces adventices inventoriées sur chaque parcelle au cours de l'année, c'est un indice de diversité.
2. La fréquence indique le nombre de parcelles où une espèce adventice a été identifiée. Il suffit d'une plante par espèce dans un des trois relevés pour que l'espèce soit inventoriée.
3. La densité moyenne indique le nombre moyen de plantes adventices par m^2 , c'est un indice d'abondance.

Les densités moyennes et par culture présentées dans les résultats sont celles du relevé réalisé au moment de la période critique de sensibilité aux adventices des trois cultures. La période critique de sensibilité aux adventices pour le blé et l'orge d'hiver s'étend du stade tallage jusqu'à épi 1 cm (Masson *et al.*, 2021). La densité moyenne des adventices au printemps, après le désherbage, démontre donc l'efficacité de la gestion des adventices. Pour le colza, la période critique de sensibilité aux adventices est en automne entre 17 et 38 jours après l'émergence soit jusqu'au stade 4–6 feuilles (Masson *et al.*, 2021).

Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel libre R (Team, 2024). Les comparaisons des densités entre parcelles traitées et non-traitées pour chaque période dans les trois cultures ont été réalisées avec des tests U de Mann-Whitney sur les données brutes. Des corrélations de rang de Spearman (ρ) ont été calculées afin d'établir la relation entre la richesse spécifique et l'indice de fréquence de traitement des herbicides (IFTH).

Résultats et discussion

Les relevés portent sur la flore adventice résiduelle, c'est-à-dire observée après toutes les interventions de désherbage en automne, au printemps et avant récolte. Ces relevés ne sont donc pas suffisants pour indiquer l'efficacité des stratégies de désherbage, car ils ne sont

pas comparés à des relevés avant intervention. Une faible densité d'adventice, par exemple, peut être due à l'efficacité d'un traitement, mais aussi à une pression déjà faible avant l'intervention (Colbach *et al.*, 2020). L'analyse des relevés de flore résiduelle permet en revanche d'évaluer si la stratégie mise en œuvre a été pertinente pour gérer les adventices dans chaque contexte parcelle x année.

Faible corrélation entre l'indicateur de fréquence de traitement herbicide (IFTH) et la richesse spécifique des adventices

La richesse spécifique observée, c'est-à-dire le nombre d'espèces d'adventices par parcelle, varie fortement de 5 à 55 dans le blé (Fig. 1A), de 4 à 38 dans l'orge (Fig. 1B), et de 5 à 49 dans le colza (Fig. 1C), avec des moyennes respectives de 23, 20 et 28 espèces. Ces valeurs observées sont comparables à des données françaises avec une moyenne de 24 espèces dans 100 parcelles de blé en agriculture de conservation des sols (ACS) (Chauvel *et al.*, 2023). Dans un essai de réduction des herbicides à l'échelle du système de culture à Changins, une moyenne de 14 espèces a été observée dans le blé (Masson *et al.*, 2024). En revanche, dans une étude avec 232 champs de grandes cultures en Suisse suivis entre avril et septembre 2011 et 2012, seulement 8 espèces en moyenne ont été observées, alors que 23 avaient été inventoriées dans des parcelles historiques avant 1990 (Richner *et al.*, 2017). Richner *et al.* (2017) concluent que le nombre d'espèces adventices par champ a énormément diminué au cours des 90 dernières années, probablement à cause de l'intensification des pratiques agricoles (simplification des rotations, augmentation de la fumure chimique, augmentation de l'usage d'herbicides). Au contraire, dans les parcelles de PestiRed, avec un usage réduit et/ou sans herbicides une richesse spécifique élevée est observée. La richesse spécifique d'adventices est négativement corrélée avec l'IFTH. Cette corrélation est très faible dans le colza ($\rho = -0,08$, $p = 0,57$), mais plus visible dans l'orge ($\rho = -0,29$, $p < 0,05$) et surtout dans le blé ($\rho = -0,47$, $p < 0,001$) (Figure 1). Pour les trois cultures, les parcelles présentant les richesses spécifiques les plus élevées sont dans une stratégie sans herbicides. Le nombre d'espèces varie cependant énormément au sein de ces parcelles non traitées. Cela peut être dû à i) des stocks grainiers initiaux et des taux d'émergence d'adventices différents, ii) une variation dans l'efficacité des méthodes préventives et curatives non chimiques mises en œuvre, iii) des perceptions de la nuisibilité des adventices différentes entre agriculteurs entraînant plus ou moins de déclenchement d'interventions.

Bien que la richesse spécifique soit nettement plus haute dans les parcelles non traitées, on observe également de nombreuses espèces d'adventices dans les parcelles traitées. Cela pourrait s'expliquer de plusieurs manières: i) un usage d'herbicides faible dans les parcelles traitées et une combinaison des herbicides avec des mesures alternatives, ii) les adventices étaient présentes lors du relevé avant l'application d'herbicides (par exemple dans le relevé d'automne si l'herbicide était appliqué au printemps), iii) l'herbicide n'a pas été efficace, i.e. à cause des mauvaises conditions météo, application au mauvais stade des adventices, etc. iv) des herbicides spécifiques ont été utilisés et n'ont eu d'effet que contre les espèces ciblées (ex: graminicides), v) un usage raisonné d'herbicides sélectifs qui ne sont employés que pour traiter un réel problème et non pas pour «nettoyer» les parcelles de toute trace d'adventices.

Fréquence des espèces adventices

Sur l'ensemble des 160 parcelles, 214 espèces d'adventices ont été identifiées. Ces espèces appartiennent à 37 familles dont les plus représentées sont les Poacées (36 espèces), les Astéragées (35 espèces), les Fabacées (23 espèces), les Brassicacées (17 espèces) et les Plantaginacées (12 espèces). Toutes ces espèces sont parmi les adventices des cultures jugées les plus fréquentes, les plus nuisibles ou les plus préoccupantes (Mamarot & Rodriguez, 2018). Si le nombre d'espèces observées peut paraître important, environ la moitié d'entre elles (110) n'apparaissent que dans quatre parcelles ou moins et 46 % des espèces (98) étaient communes aux trois cultures.

20 espèces adventices, définies comme ayant été observées sur plus de 30 % des parcelles de chacune des trois cultures, sont considérées comme très répandues (Figure 2A). Les trois espèces les plus présentes toutes cultures confondues sont la véronique de Perse, le mouron des oiseaux et le pissenlit, suivies par deux graminées, le pâturin annuel et le ray-grass d'Italie. 14 espèces adventices ont été retrouvées sur au moins 30 % des parcelles dans une ou deux des trois cultures (Figure 2B), les trois plus fréquentes étant le chénopode blanc (65 % des parcelles en colza et 67 % dans le blé), la renouée persicaire (38 % dans le colza et 52 % dans le blé) et la laitue scarole (56 % dans le colza et 35 % dans le blé).

Dans les parcelles de blé

Dans l'ensemble des parcelles de blé, 166 espèces d'adventices provenant de 32 familles botaniques ont été observées, dont 28 espèces sont très répandues et se trouvaient sur plus de 30 % des parcelles (Figure 2). Les

cinq espèces adventices les plus fréquentes dans le blé d'hiver sont la véronique de Perse (sur 70 % des parcelles), le mouron des oiseaux (67 %), le chénopode blanc (67 %), le pissenlit (65 %) et le pâturin annuel (65 %). En comparaison, les cinq espèces adventices les plus fréquentes dans le blé d'hiver en France, dans 100 parcelles conduites en agriculture de conservation des sol (ACS), étaient le pissenlit (84 %), le vulpin des champs (78 %), le chénopode blanc (78 %), le liseron des champs (74 %) et le chardon des champs (68 %) (Chauvel *et al.*, 2023). En Allemagne, les espèces les plus fréquemment trouvées avant récolte dans 97 champs de blé étaient la pensée des champs (84 %), la renouée liseron (70 %), la renouée des oiseaux (59 %) et le pâturin annuel (38 %) (Andert *et al.*, 2022). Toutes ces espèces des pays voisins sont également très répandues dans nos relevés (>30 %). Une partie des principales adventices du blé d'hiver est similaire entre la Suisse, la France et l'Allemagne. Dans les relevés de PestiRed et en Allemagne, il y a peu d'espèces très nuisibles alors qu'en France, la fréquence d'espèces problématiques telles que le vulpin des champs, le liseron des champs et le chardon des champs est plus élevée. Également en France, la folle avoine (*Avena fatua*) et la picris fausse-épervière (*Picris hieracioides*) sont parmi les 25 principales espèces adventices dans les cultures

de blé (sur 30 % et 26 % des parcelles) (Chauvel *et al.*, 2023) alors qu'elles étaient absentes de nos relevés botaniques dans le blé. Il est à souligner que les observations françaises ont été faites dans un contexte de réduction du travail de sol alors qu'il est autorisé dans PestiRed.

Dans les parcelles d'orge

Dans l'ensemble des parcelles d'orge, 136 espèces adventices issues de 29 familles botaniques ont été observées, dont 22 espèces ont été observées dans au moins 30 % des parcelles (Figure 2). Les cinq espèces adventices les plus fréquentes dans l'orge sont la véronique de Perse (sur 77 % des parcelles), le mouron des oiseaux (63 %), l'agrostide jouet-du-vent (63 %), le ray-grass d'Italie (62 %) et le gaillet gratteron (65 %). Les deux dernières espèces sont des adventices très nuisibles.

Dans les parcelles de colza

Dans l'ensemble des parcelles de colza, 152 espèces adventices appartenant à 29 familles botaniques ont été observées, dont 30 espèces dans au moins 30 % des parcelles (Figure 2). Les sept espèces adventices les plus fréquentes dans le colza sont la véronique de Perse, le pissenlit et le lamier pourpre (tous sur 81 % des parcelles), ainsi que le ray-grass d'Italie, la capselle bourse-

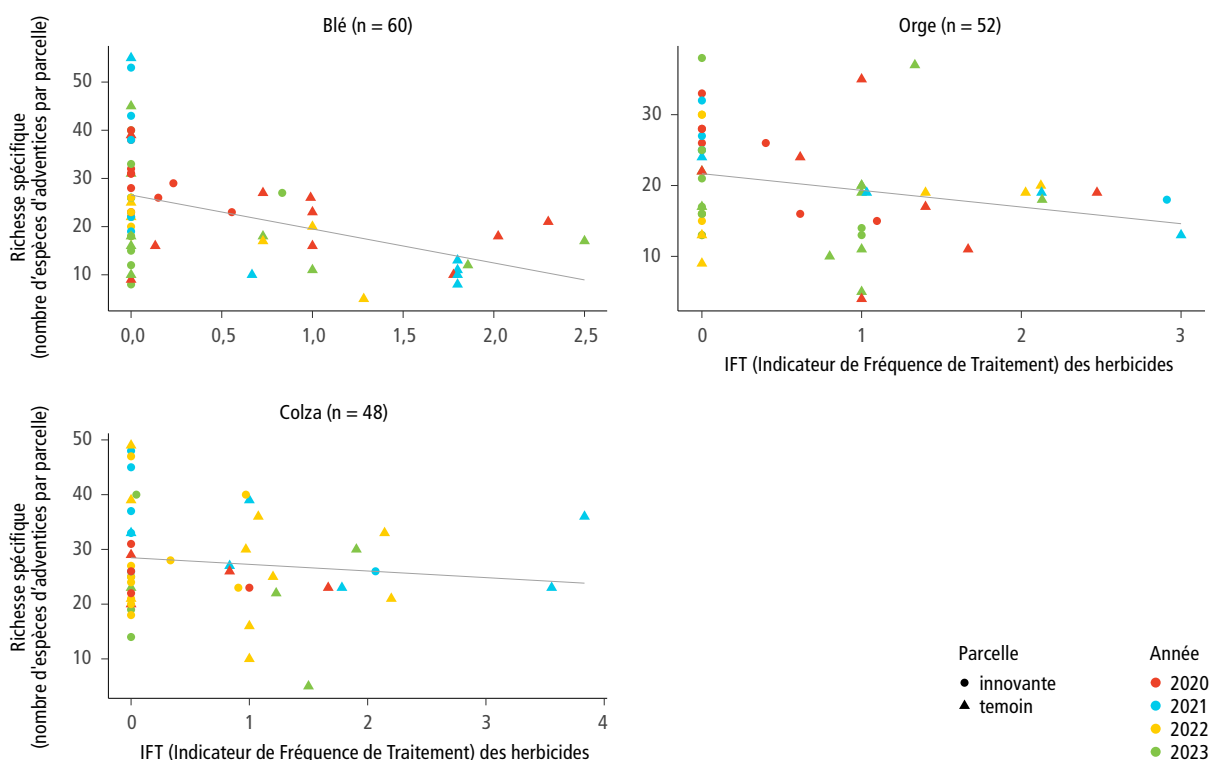


Figure 1 | Relation entre la richesse spécifique en espèces et l'indicateur de fréquence de traitement herbicide (IFTH).

Nombre d'espèces d'adventices par parcelle (richesse spécifique) en fonction de la quantité d'herbicides (IFT herbicides) utilisée dans les parcelles innovantes (●) et témoins (▲) de 2020 à 2023 en blé (A), orge (B) et colza (C). N = nombre de parcelles suivies.

à-pasteur, le laiteron rude et le myosotis des champs (tous sur 79 % des parcelles). En Allemagne, 161 espèces adventices provenant de 33 familles botaniques ont été inventoriées entre 2005 et 2007 dans des zones non traitées de 1463 champs de colza conduits en système conventionnel (Hanzlik & Gerowitt, 2012). Les espèces les plus fréquentes étaient la matricaire camomille (sur 79 % des sites), la pensée des champs (73 %), la capselle bourse-à-pasteur (72 %), le mouron des oiseaux (66 %) et le tabouret des champs (63 %). Cette dernière espèce n'a été observée que dans une parcelle de colza dans nos relevés. Les espèces observées en Suisse sont plus problématiques que les espèces observées en Allemagne. Cela pourrait être dû à l'utilisation d'herbicides différents entre les deux pays ou aux contextes pédoclimatiques différents.

Gestion efficace des adventices avec et sans herbicides

Aucune différence significative de la densité d'adventices entre les parcelles avec ou sans usage d'herbicides n'a été observée dans les trois cultures après les

interventions de désherbage d'automne (Figure 3). En revanche, lors des observations après les interventions de désherbage de printemps, la densité moyenne d'adventices dans l'orge (8.8 versus 7,6 plantes/m²) et le colza (13,5 versus 8,1 plantes/m²) était plus élevée sans usage d'herbicides. Dans les parcelles de blé, une densité plus élevée d'adventices avec la stratégie non-chimique (6,4 plantes/m²) qu'avec la stratégie basée sur les herbicides (2,2 plantes/m²) a été observée lors du relevé avant la récolte (Figure 3). La densité d'adventices de l'ensemble des relevés et des parcelles était assez faible avec des moyennes maximales de 12,4, 8,8 et 17,8 plantes/m² dans le blé au printemps, respectivement l'orge au printemps et le colza en automne (Figure 3). Néanmoins, dans chaque culture, quelques parcelles présentaient de fortes densités d'adventices (représentées par les valeurs extrêmes dans la Figure 3), avec ou sans utilisation d'herbicides.

Ces résultats indiquent que beaucoup d'agriculteurs ont réussi à adapter leur stratégie de désherbage à la flore présente et à contrôler les adventices avec une combinaison de mesures non-chimiques. Le nombre d'adventices

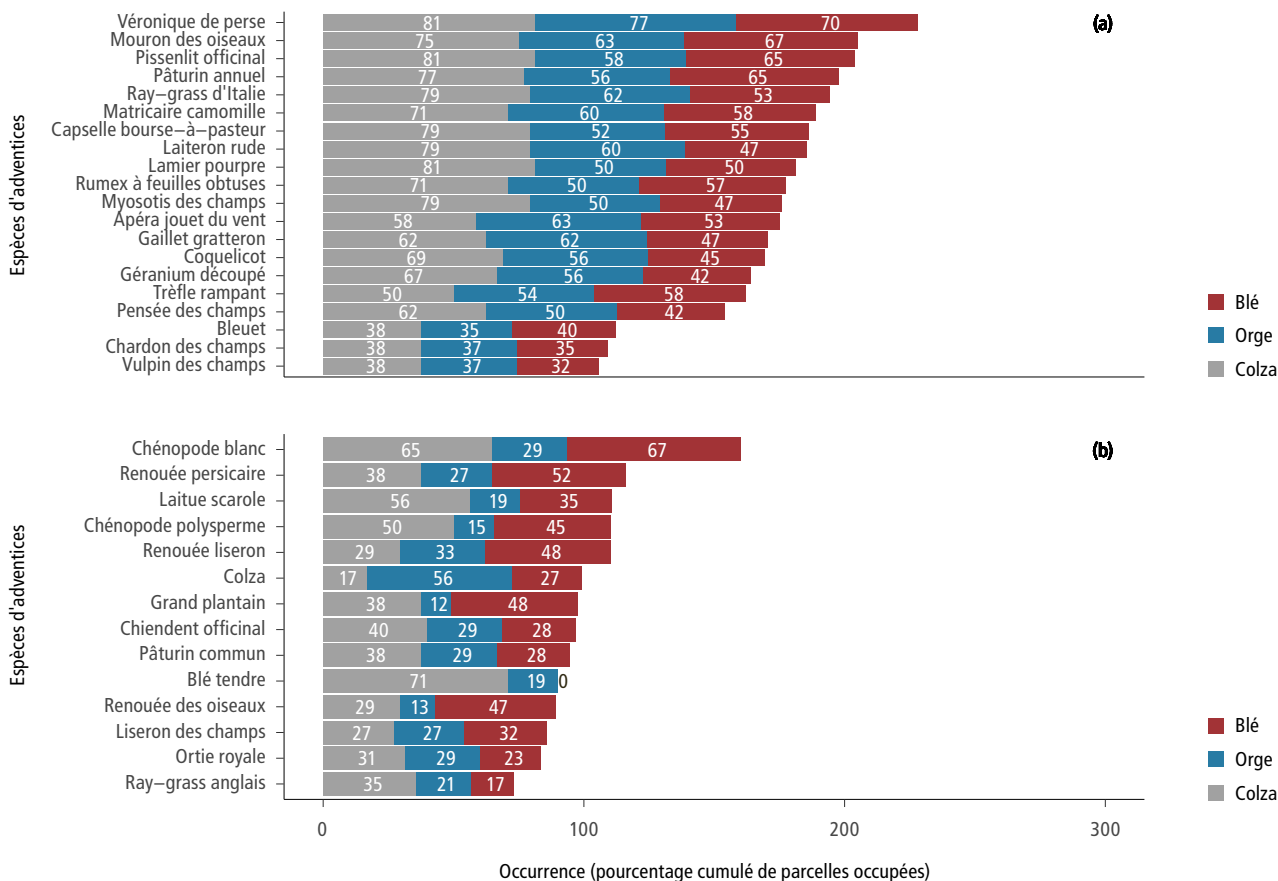


Figure 2 | Liste d'espèces adventices les plus fréquentes dans les trois cultures. 20 espèces ont été inventoriées sur au moins 30 % des parcelles des trois cultures (A), 6 sur au moins 30 % des parcelles de deux des trois cultures, et 8 sur au moins 30 % des parcelles d'une seule des trois cultures (B).

significativement plus élevé dans les parcelles en stratégie non chimique à certaines périodes de l'année de chaque culture peut être considéré comme acceptable dans le cadre du projet PestiRed car l'augmentation de la densité est relativement faible. En revanche, le risque d'augmentation du stock grainier et ses conséquences sur l'augmentation de la densité des adventices levées doivent être suivis jusqu'à la fin du projet. Ces résultats de la pratique confirment les observations d'un essai de comparaison de cinq stratégies de réduction des herbicides dans le blé d'hiver à la station expérimentale d'Agroscope à Changins, nommé Herbiscope. La réduction ou la suppression des herbicides combinée à la réduction du travail du sol n'a pas entraîné de perte de rendement due aux densités plus élevées d'adventices (Masson *et al.* 2024).

Biologie et nuisibilité des principales espèces d'adventices observées

Les densités moyennes (nombre de plante/m²) d'adventices analysées dans ce chapitre se réfèrent aux périodes critiques de sensibilité aux adventices des trois cultures et correspondent dans notre étude au relevé effectué après désherbage de printemps pour le blé (Figure 4) et l'orge (Figure 5) et après désherbage d'automne pour le

colza (Figure 6). Les valeurs indiquées entre parenthèse (\bar{x} , max x) indiquent la densité moyenne de l'espèce ainsi que la valeur de densité maximale trouvée (la valeur de densité minimale étant toujours 0). Des informations détaillées sur la biologie des adventices principales observées se trouvent dans le tableau 1 et sont issues des sources suivantes: (Bayer, 2022; Mamarot & Rodriguez, 2018; TerresInovia *et al.*, 2012). Le taux annuel de décroissance (TAD) mentionné dans notre analyse correspond à la longévité des graines dans le sol. Plus ce taux est élevé, plus les graines perdent rapidement leur viabilité dans le sol après enfouissement.

Monocotylédones

Le vulpin des champs, le ray-grass d'Italie, le pâturin annuel et l'agrostide jouet-du-vent sont les quatre graminées adventices les plus fréquentes et abondantes dans les trois cultures (Figures 4, 5 et 6).

Le **vulpin des champs** est une graminée annuelle majeure des cultures céréalières et très nuisible. Il germe en automne, hiver et au printemps avec une germination optimale dans les deux premiers cm du sol. Il se trouve principalement sur les sols mi-lourds à lourds. Il compte parmi les espèces les plus abondantes dans les parcelles

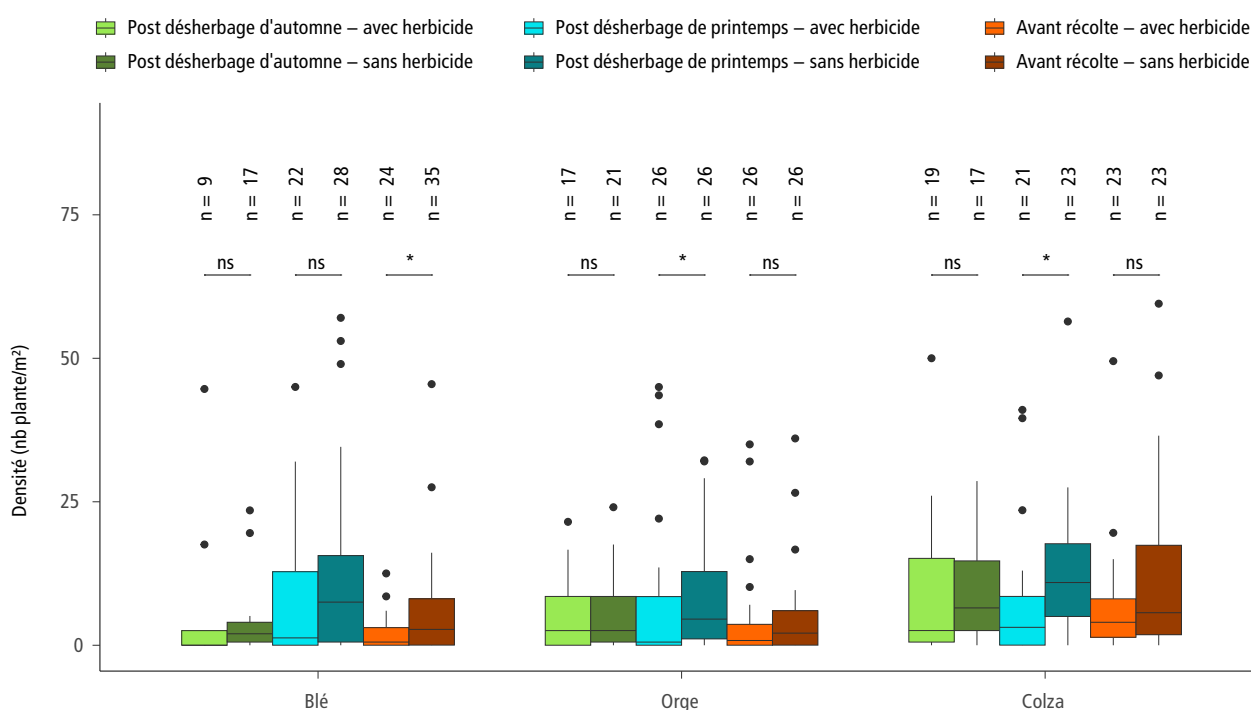


Figure 3 | Densité moyenne d'adventices par culture. Box-plots de la densité moyenne (nombre de plantes/m²) post désherbage d'automne, post désherbage de printemps et avant récolte, avec ou sans herbicides dans le blé, l'orge et le colza. N = nombre de relevés considérés, ns = différence non significative entre les parcelles avec et sans utilisation d'herbicides, * = différence significative (p < 0,05)

de blé ($\bar{0},86$, max 15), d'orge ($\bar{0},50$, max 15) et de colza ($\bar{0},13$, max 15) avec usage d'herbicides. Les densités plus faibles observées avec une stratégie non chimique dans le blé ($\bar{0},65$, max 15), l'orge ($\bar{0},43$, max 6,5) et le colza ($\bar{0},88$, max 15) pourraient être expliquées par la mise en œuvre de mesures préventives limitant les densités de vulpin, i.e. des dates de semis plus tardives pour les céréales, des labours et des faux-semis plus fréquents, et également des passages d'outils mécaniques à des stades précoces. La diversification des techniques de lutte en alternative aux herbicides engendre une différenciation de la flore adventice. Le nombre d'espèces total augmente et les espèces les plus nuisibles sont en plus faible quantité (Adeux *et al.*, 2019). Il est possible également que les densités de vulpin avant l'intervention de désherbage chimique étaient très élevées et que les stades de l'adventice étaient trop avancés pour assurer l'efficacité des herbicides. Enfin, des résistances aux herbicides confirmées en Suisse pour cette espèce (Fesselet *et al.*, 2022) pourraient expliquer que le vulpin n'a pas toujours pu être contrôlé avec l'usage d'herbicides.

Le **ray-grass d'Italie** est une graminée annuelle à pluriannuelle parmi les plus nuisibles des céréales et du colza. Il lève toute l'année avec une préférence d'août

à septembre. Sa dormance est très faible et la profondeur optimale de germination se situe entre 1 et 2 cm de profondeur. Le taux annuel de décroissance (TAD) du ray-grass et du vulpin se situant autour de 75 %, leurs graines font partie du stock transitoire de semences dans le sol, c'est-à-dire qu'il faut 3 à 5 ans pour que la quasi-totalité des graines enfouies meurent. Il est surtout présent dans le blé en stratégie sans herbicides ($\bar{0},25$, max 35) et moins abondant dans les stratégies chimiques dans le blé ($\bar{0},12$, max 2) et dans l'orge ($\bar{0},06$, max 0,55). Dans le colza, le ray-grass d'Italie est plus présent dans les stratégies chimiques ($\bar{0},88$, max 15) que dans les stratégies alternatives ($\bar{0},22$, max 2). Pour cette espèce, des résistances aux herbicides sont également connues en Suisse (Fesselet *et al.*, 2022).

Le **pâturin annuel** germe à une profondeur très superficielle. Il n'est pas sensible à l'alternance des dates de semis en raison de sa capacité à lever toute l'année. Le pâturin annuel est peu nuisible en grandes cultures. Il est le plus abondant dans le blé ($\bar{0},21$, max 15) et le colza ($\bar{0},98$, max 15) sans herbicides et les valeurs sont similaires dans les parcelles de blé et d'orge avec usage d'herbicides ($\bar{0},76$, max 15 respectivement $\bar{0},65$, max 15).

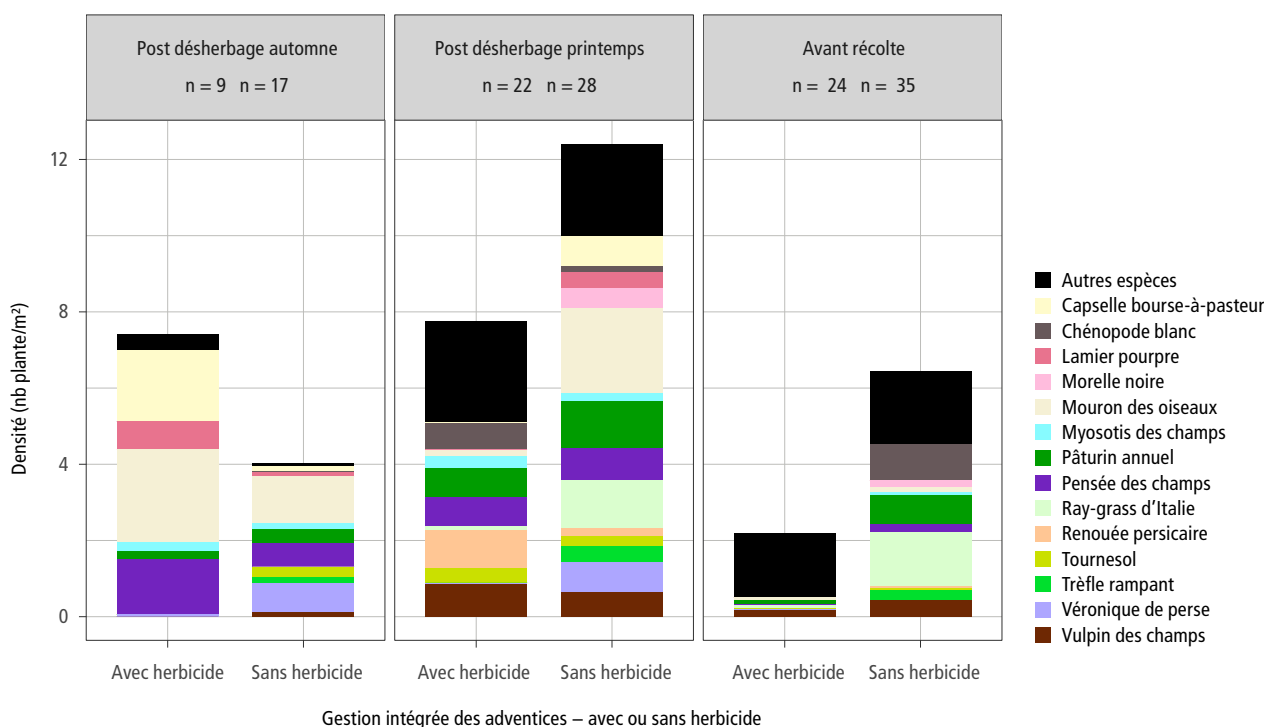


Figure 4 | Densité moyenne des adventices principales dans les parcelles de blé. Les 14 espèces adventices les plus abondantes (nombre moyen de plantes/m²) aux trois périodes de relevés floristiques (post désherbage automne, post désherbage printemps et avant récolte) avec ou sans traitement herbicide du blé. N = nombre de relevés floristiques par procédé.

Le **jouet-du-vent** est une graminée annuelle nuisible aux céréales, avec une germination hivernale. Elle est très fréquente dans les parcelles de blé (53 %), d'orge (63 %) et de colza (58 %), mais peu abondante à part dans l'orge ($\bar{0},60$, max 15) et le colza ($\bar{0},12$, max 2) sans usage d'herbicides. Cette espèce adventice a pu être contrôlée correctement dans la plupart des parcelles.

Dans le colza, les **repousses de blé** ($\leq 0,39$) comptent également parmi les espèces inventoriées les plus abondantes. Ceci devient problématique quand leur densité est élevée (> 5 individus/m²). La technique du faux-semis permet d'éliminer une bonne partie des repousses de céréales avant le semis du colza.

Dicotylédones

Le **mouron des oiseaux** (synonyme de **stellaire intermédiaire**) germe toute l'année. Il est très fréquent dans les trois cultures (63 % à 75 %) et l'adventice dicotylédone la plus abondante dans le blé ($\bar{0},22$, max 6,5), dans l'orge ($\bar{0},25$, max 15) et surtout dans le colza ($\bar{0},11,33$, max 150) en stratégie sans herbicides. Cette valeur moyenne très élevée pour une seule espèce est à prendre avec précaution car elle est due à une valeur extrêmement élevée sur une parcelle (Fig. 1). Le mouron des oiseaux est très concurrentiel, surtout en densité élevée. Un

désherbage mécanique est efficace, mais la lutte contre cette adventice est difficile car la production de graines est très importante. Sur une parcelle sans herbicides, le stock grainier peut rapidement augmenter. L'espèce a été mieux contrôlée avec les herbicides dans le blé ($\bar{0},18$, max 2) et l'orge ($\bar{0},33$, max 6,5) que dans le colza ($\bar{0},1,29$, max 15).

La **véronique de Perse**, qui germe également toute l'année, est l'espèce adventice la plus fréquente (70 % à 81 %) dans les parcelles suivies. Elle est plus abondante sans désherbage chimique ($\bar{0},79$, max 15 pour le blé, $\bar{0},58$, max 6,5 pour l'orge et $\bar{0},1,0$, max 15 pour le colza) qu'avec l'utilisation d'herbicides ($\bar{0},03$, max 0,6 pour le blé, $\bar{0},0,6$, max 6,5 pour l'orge et $\bar{0},0,11$, max 2 pour le colza) dans les trois cultures. Sa nuisibilité est importante en densité élevée dans les céréales.

Des fréquences et densités similaires ont été trouvées pour les trois adventices suivantes: la **pensée des champs** (entre $\bar{0},73$, max 15 et $\bar{0},95$, max 15), le **myosotis des champs** (entre $\bar{0},10$, max 2 et $\bar{0},30$, max 6,5) et le **lamier pourpre** (entre $\bar{0},03$, max 0,6 et $\bar{0},40$, max 6,5) dans les deux céréales avec et sans herbicides. Ces espèces, peu présentes dans le colza, sont considérées comme peu concurrentielles des cultures qu'elles colonisent, sauf lorsqu'elles sont très abondantes.

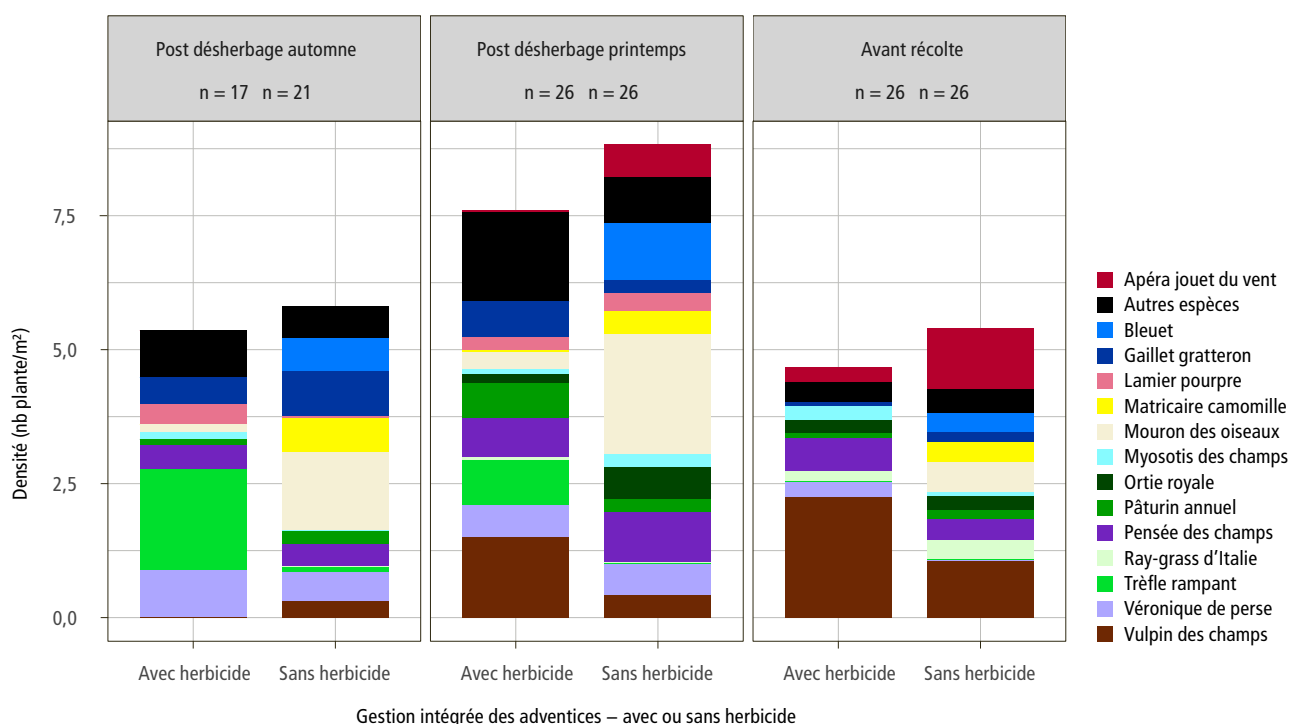


Figure 5 | Densité moyenne des adventices principales dans les parcelles d'orge. Les 14 espèces adventices les plus abondantes (nombre moyen de plantes/m²) aux trois périodes de relevés floristiques (post désherbage automne, post désherbage printemps et avant récolte) avec ou sans traitement herbicide de l'orge. N = nombre de relevés floristiques par procédé.

Dans le blé, la **renouée persicaire** et le **chénopode blanc** présentent une densité plus élevée avec un désherbage chimique ($\bar{0},98$, max 15 pour le blé et $\bar{0},68$, max 15 pour le chénopode) qu'avec un désherbage sans herbicides ($\bar{0},23$, max 6,5 pour le blé et $\bar{0},16$, max 2 pour le chénopode). Ce sont des espèces qui sont souvent concurrentielles dans les cultures d'été. Leur période de germination s'étend du printemps à l'été, ce qui pourrait expliquer leur densité élevée si la germination a eu lieu après le traitement herbicide de printemps. La densité faible en stratégie sans herbicides pourrait être dû au désherbage mécanique efficace contre les jeunes dicotylédones.

Une des espèces dicotylédones les plus concurrentielles dans les céréales est le **gaillet gratteron**, plus abondant dans les parcelles d'orge traité avec des herbicides ($\bar{0},68$, max 6,5) qu'en stratégie non chimique ($\bar{0},24$, max 2,0). Dans les parcelles de blé en revanche, le gaillet était assez fréquent (47%) mais peu abondant.

Le **bleuet** était seulement abondant dans l'orge sans herbicides ($\bar{1},08$, max 15). Cette espèce germe surtout en automne et en hiver et colonise principalement les

céréales d'hiver et le colza, et est considérée comme moyennement concurrentielle.

Dans le colza avec usage d'herbicides, l'espèce adventice la plus abondante était le **laiteron rude** ($\bar{2},08$, max 35). En stratégie alternative, l'espèce était très peu présente ($\bar{0} < 0,01$, max 0,01), ce qui peut indiquer un désherbage mécanique efficace. Cette plante germe toute l'année et peut devenir nuisible surtout dans le colza.

Dans le colza, la densité de la **matricaire camomille** était similaire avec ($\bar{0},89$, max 15) ou sans ($\bar{1},03$, max 15) traitement herbicide. Cette espèce est très nuisible dans le colza et les céréales d'hiver mais était peu abondante dans le blé et l'orge, bien que parmi les plus fréquentes.

Le **chardon des champs**, une adventice vivace qui est toujours très nuisible, le **géranium découpé**, qui est une des dicotylédones les plus nuisibles du colza, et le **rumex à feuilles obtuses**, une plante pluriannuelle très nuisible, sont très fréquents dans nos relevés (Figure 2A) bien que leurs densités respectives soient plutôt faibles. Il sera intéressant d'observer si, dans certaines conditions, ces adventices problématiques deviennent plus abondantes au fil des six ans de rotation.

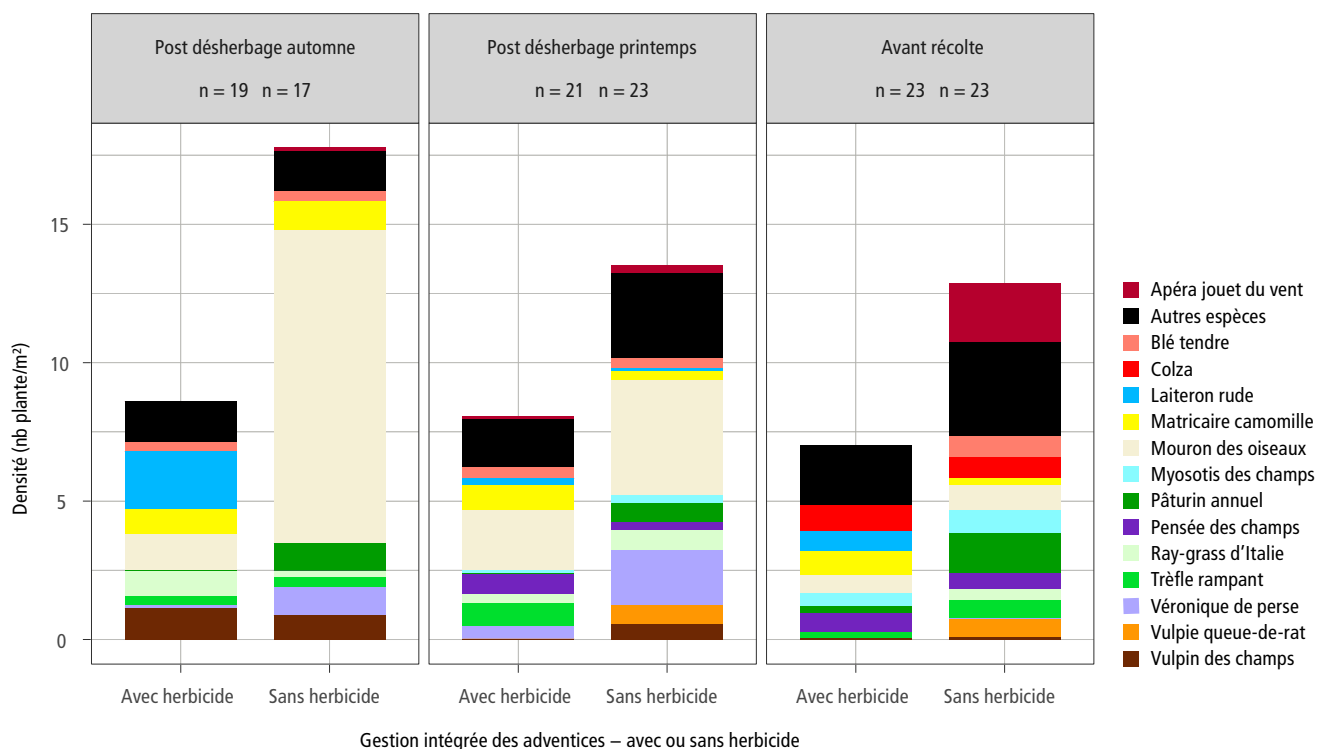


Figure 6 | Densité moyenne des adventices principales dans les parcelles de colza. Les 14 espèces adventices les plus abondantes (nombre moyen de plantes/m²) aux trois périodes de relevés floristiques (post désherbage automne, post désherbage printemps et avant récolte) avec ou sans traitement herbicide du colza. N = nombre de relevés floristiques par procédé.

Tableau 1 | Caractéristiques des 38 principales espèces adventices observées dans les trois cultures. Nom français, nom latin, famille botanique, période de levée: P = printanière, E = estivale, A = automnale, H = hivernale, IDF = indifférent selon Mamarot & Rodriguez (2018), cycle de vie: annuelle, bisannuelle, pluriannuelle et vivace, nuisibilité selon (Mamarot & Rodriguez, 2018), nuisibilité selon (Bayer, 2022), TAD (taux annuel de décroissance) si disponible, profondeur de germination si disponible selon Infloweb (TerresInovia et al., 2012).

	nom français	nom latin	famille	période de levée	cycle de vie	nuisibilité selon Mamarot et Rodriguez	nuisibilité selon Bayer	profondeur de germination	TAD
Dicotylédones	bleuet	<i>Centaurea cyanus</i>	Asteraceae	AH(P)	annuelle	colonise les céréales principalement d'hiver et le colza	6 à 8	3 premiers cm	
	capselle bourse-à-pasteur	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae	IDF	annuelle	colonise toutes les cultures	2 à 4	4 premiers cm	
	chénopode blanc	<i>Chenopodium album</i>	Amaranthaceae	PE	annuelle	abondante et nuisible dans les cultures de printemps et été	7 à 9	4 premiers cm	≈ 50 %
	chénopode polysperme	<i>Chenopodium polyspermum</i>	Amaranthaceae	PE	annuelle	très concurrentielle dans les cultures de printemps	5 à 7	5 premiers cm	≈ 50 %
	colza	<i>Brassica napus</i>	Brassicaceae	AHP	annuelle				
	coquelicot	<i>Papaver rhoeas</i>	Papaveraceae	AH(P)	annuelle	surtout nuisible dans les colzas et céréales d'hiver	7 à 9	premiers cm	≈ 50 %
	gaillet gratteron	<i>Galium aparine</i>	Rubiaceae	AH(P)	annuelle	très nuisible	7 à 9	5 premiers cm	≈ 75 %
	géranium découpé	<i>Geranium dissectum</i>	Geraniaceae	IDF	annuelle	si abondante nuisible dans le colza et les céréales	7 à 9	environ 1 cm	≈ 50 %
	laiteron rude	<i>Sonchus asper</i>	Asteraceae	IDF	annuelle	peut devenir nuisible dans le colza et les céréales	5 à 8	< 1 cm	
	lamier pourpre	<i>Lamium purpureum</i>	Lamiaceae	IDF	annuelle	peut devenir nuisible dans le colza et les céréales	4 à 6	2 premiers cm	
	matricaire camomille	<i>Matricaria chamomilla</i>	Asteraceae	IDF	annuelle	nuisible dans le colza et céréales d'hiver	7 à 9	< 1 cm	≈ 50 %
	morelle noire	<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae	E	annuelle	nuisible si abondante	8 à 9	2,5 premiers cm	≈ 35 %
	myosotis des champs	<i>Myosotis arvensis</i>	Boraginaceae	AH	annuelle	peu nuisible	3 à 6	2 premiers cm	
	ortie royale	<i>Galeopsis tetrahit</i>	Lamiaceae	P	annuelle	concurrentielle si abondante			
	pensée des champs	<i>Viola arvensis</i>	Violaceae	AH(P)	annuelle	si abondante nuisible dans les cultures d'hiver	2 à 5	5 premiers cm	≈ 50 %
	renouée des oiseaux	<i>Polygonum aviculare</i>	Polygonaceae	(H)PE	annuelle	souvent nuisible dans les cultures de printemps et été	6 à 8	5 premiers cm	≈ 50 %
	renouée liseron	<i>Fallopia convolvulus</i>	Polygonaceae	(H)P	annuelle	nuisible si abondante	6 à 9	4 premiers cm	≈ 50 %
	renouée persicaire	<i>Persicaria maculosa</i>	Polygonaceae	PE	annuelle	souvent concurrentielle dans les cultures d'été	6 à 8		≈ 50 %
	mouren des oiseaux	<i>Stellaria media</i>	Caryophyllaceae	IDF	annuelle	souvent très nuisible	6 à 9	2 premiers cm	≈ 50 %
	tournesol cultivé	<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	E	annuelle				
	véronique de Perse	<i>Veronica persica</i>	Plantaginaceae	IDF	annuelle	nuisible si abondante	7 à 9	> 5 cm	≈ 50 %
	laitue scarole	<i>Lactuca serriola</i>	Asteraceae	A(H)P	bisannuelle	la nuisibilité est mal connue			
	chardon des champs	<i>Cirsium arvense</i>	Asteraceae	PE	vivace de drageons	toujours nuisible	7 à 9	3 à 6 cm	
	grand plantain	<i>Plantago major</i>	Plantaginaceae	PE	vivace	peu nuisible			
	liseron des champs	<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	PE	vivace de drageons	nuisible par compétition et gêne pour les cultures	7 à 9	5 premiers cm	
	pissenlit	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	IDF	pluriannuelle	nuisibilité directe généralement faible à modérée			
rumex à feuilles obtuses	<i>Rumex obtusifolius</i>	Polygonaceae	IDF	pluriannuelle	très nuisible	8 à 9	2 premiers cm	≈ 10 %	
trèfle rampant	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae		vivace					
Monocotylédones	vulpin des champs	<i>Alopecurus myosuroides</i>	Poaceae	AHP	annuelle	très nuisible	8 à 9	10 premiers cm	≈ 75-80 %
	ray-grass d'Italie	<i>Lolium multiflorum</i>	Poaceae	IDF	annuelle à pluriannuelle	surtout concurrentielle dans les cultures de colza et céréales	8 à 9	5 premiers cm	≈ 60-75 %
	pâturin annuel	<i>Poa annua</i>	Poaceae	IDF	annuelle	peu nuisible en grandes cultures	6 à 8	très superficielle	≈ 50 %
	apéra jouet-du-vent	<i>Apera spica-venti</i>	Poaceae	H	annuelle	nuisible dans les céréales	6 à 8	5 premiers cm	70 à 85 %
	vulpie queue-de-rat	<i>Vulpia myuros</i>	Poaceae	AH	annuelle	peu concurrentielle	5 à 8	2 premiers cm	≈ 50 %
	blé tendre	<i>Triticum aestivum</i>	Poaceae		annuelle				
	panic pied-de-coq	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	E	annuelle	nuisibilité élevée dans les cultures estivales	8 à 9	3 premiers cm	≈ 75 %
	chiendent rampant	<i>Elytrigia repens</i>	Poaceae	IDF	vivace de rhizomes	fortement concurrentiel	8 à 9	5 premiers cm	
	pâturin commun	<i>Poa trivialis</i>	Poaceae	IDF	généralement annuelle	si abondante nuisibilité élevée dans les hivernales	4 à 6	superficielle	
	ray-grass anglais	<i>Lolium perenne</i>	Poaceae	IDF	pluriannuelle	surtout concurrentielle dans les cultures de colza et céréales	8 à 9	superficielle	

TAD = taux annuel de décroissance (la durée de vie d'une graine dans le sol, 10 % = persistant, 100 % = éphémère)

Nuisibilité selon Bayer: 1 = peu nuisible, 9 = très nuisible

Perspectives

Cette caractérisation de la flore adventice dans les parcelles de blé, d'orge et de colza du projet PestiRed a permis d'identifier les espèces adventices les plus fréquentes et les plus abondantes. La densité totale des adventices est plus élevée dans certaines parcelles en stratégie sans herbicides qu'en stratégie avec herbicides. Néanmoins, ce n'est pas une plus grande densité des espèces les plus nuisibles qui en est la cause mais une augmentation du nombre total d'espèces. Une analyse plus approfondie des effets de stratégies différenciées de gestion des adventices (définies par un ensemble d'indicateurs techniques, e.g. nombre de passages mécaniques et labour, part des cultures de printemps, etc.) sur la densité et la composition de la flore ainsi que l'analyse des pertes de

rendement dues aux adventices dans la culture de blé est en cours et fera l'objet d'un prochain article. L'étude de l'évolution des communautés adventices au sein des parcelles PestiRed est également prévue. Elle permettra de mieux comprendre les différenciations de flore en fonction des stratégies de gestion et notamment de l'usage d'herbicides et d'anticiper les problématiques de concurrence adventice qui pourraient apparaître en situation de réduction de l'utilisation d'herbicides sur le long terme. L'objectif de réduire l'usage des herbicides tout en minimisant les pertes de rendement devra être discuté dans un contexte de reconception des systèmes de cultures. ■

Bibliographie

- Adeux, G., Munier-Jolain, N., Meunier, D., Farcy, P., Carlesi, S., Barberi, P., & Cordeau, S. (2019). Diversified grain-based cropping systems provide long-term weed control while limiting herbicide use and yield losses [Article]. *Agronomy for Sustainable Development*, **39**(4), Article 42. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0587-x>
- Andert, S., de Mol, F., Koning, L., & Gerowitt, B. (2022). Weed response in winter wheat fields on a gradient of glyphosate use in the recent past [Article]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **333**, Article 107977. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107977>
- Barralis, G. (1976). *Méthode d'étude des groupements adventices des cultures annuelles: application à la Côte d'Or*. V^e Colloque International sur l'Ecologie et la Biologie des Mauvaises herbes, Dijon (France).
- Bayer. (2022). Guide mini-flore adventices. In B. D. C. S. C. Protection (Ed.), https://www.bayer-agri.fr/fileadmin/user_upload/Bayer-Guide-Mini-Flore-2022-interactif.pdf. Lyon, France: Bayer S.A.S.
- Chauvel, B., Dessaint, F., & Derrouch, D. (2023). Quelles adventices en agriculture de conservation des sols? *Phytoma*, **761**(Février 2023), 6.
- Colbach, N., Petit, S., Chauvel, B., Deytieux, V., Lechenet, M., Munier-Jolain, N., & Cordeau, S. (2020). The Pitfalls of Relating Weeds, Herbicide Use, and Crop Yield: Don't Fall Into the Trap! A Critical Review [Review]. *Frontiers in Agronomy*, **2**, Article 615470. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.615470>
- Hanzlik, K., & Gerowitt, B. (2012). Occurrence and distribution of important weed species in German winter oilseed rape fields. *Journal of Plant Diseases and Protection*, **119**(3), 107-120.
- Mamarot, J., & Rodriguez, A. (2018). *Mauvaises herbes des cultures*. Acta, les Instituts Techniques Agricoles
- Masson, S., Chauvel, B., Carlen, C., & Wirth, J. (2021). De nouveaux outils de décision pour une gestion durable des adventices. *Recherche Agronomique Suisse*, **12**, 78-89.
- Masson, S., Rueda-Ayala, V., Bragazza, L., Cordeau, S., Munier-Jolain, N., & Wirth, J. (2024). Reducing tillage and herbicide use intensity while limiting weed-related wheat yield loss [Article]. *European Journal of Agronomy*, **160**, Article 127284. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127284>
- Richner, N., Holderegger, R., Linder, H. P., & Walter, T. (2017). Dramatic decline in the Swiss arable flora since the 1920s. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **241**, 179-192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.016>
- R Core Team (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- TerresInovia, Acta, AgrosupDijon, Arvalis, FNAMS, INRA, ITAB, & ITB. (2012). *Infloweb Connaître et gérer la flore adventices*.