

## **Vers une évaluation des systèmes de cultures économes en pesticides en l'absence répétée de semences traitées : une présentation du projet FAST et les principaux résultats préliminaires**

Lamichhane Jay Ram<sup>1\*</sup>, Laudinot Véronique<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INRAE, Université Fédérale de Toulouse, UMR AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

<sup>2</sup>Chambre d'Agriculture du Grand Est, 9 rue de la Vologne Bâtiment I 54520 LAXOU, France

\*Correspondance: [jay-ram.lamichhane@inrae.fr](mailto:jay-ram.lamichhane@inrae.fr)

### **Résumé**

L'efficacité supposée de nombreux pesticides dans la lutte systémique et à large spectre contre des agents pathogènes et ravageurs telluriques et transmis par les semences a fortement encouragé l'utilisation des semences traitées au cours des cinq dernières décennies. Alors que l'utilisation de semences traitées avec des insecticides comme les néonicotinoïdes a fait l'objet d'un examen minutieux en raison des préoccupations relatives aux effets potentiels sur les espèces non ciblées, il existe des lacunes dans les connaissances sur les effets négatifs potentiels de l'utilisation de semences traitées avec des fongicides sur la santé des opérateurs (ceux qui appliquent, manipulent et utilisent les semences traitées) et sur les organismes non ciblés (macro- et micro-organismes). D'autre part, on ne sait pas encore si l'utilisation répétée de traitements de semences au niveau des séquences de cultures présente des avantages économiques et environnementaux par rapport à l'utilisation répétée de semences non traitées. Pour combler ce manque de connaissances le projet FAST (Faisabilité et évaluation de systèmes de cultures économes en pesticides en l'absence répétée de Semences Traitées), intégré au réseau DEPHY EXPE, a débuté en 2019. Des systèmes de cultures sans traitements de semences chimiques y sont comparés à une référence les utilisant dans un dispositif de parcelles d'agriculteurs-expérimentateurs en réseau dans le Grand Est. Les premiers résultats indiquent que la modalité sans traitement chimique des semences obtient, dans 89% des situations rencontrées, un rendement au moins équivalent à la modalité utilisant des traitements de semences chimiques.

**Mots-clés** : Traitements des semences, implantation des cultures, innovation, expériences dans les exploitations, biodiversité des sols, durabilité.

### **Abstract: Towards an assessment of low pesticide input cropping systems without pesticide seed treatments: an overview of the FAST project and key preliminary results**

The purported efficacy of many broad-spectrum pesticides in systemic control of seed-and soil-borne pathogens and pests has strongly encouraged the use of pesticide-treated seeds over the past five decades. While the use of seeds treated with insecticides such as neonicotinoids has come under scrutiny due to concerns about potential effects on non-target species, there are knowledge gaps about the potential negative effects due to the planting of fungicide-treated seeds on the health of operators (those applying, handling and using the treated seeds) and on non-target organisms (macro- and micro-organisms). In addition, it is not yet known whether the repeated use of pesticide-treated seed in crop sequences offers economic and environmental benefits compared to the repeated use of untreated seeds. To fill this knowledge gap, a project called FAST (Feasibility and evaluation of low pesticide input cropping systems with repeated Absence of Treated Seeds), part of the DEPHY EXPE network, began in 2019. Arable cropping system experiments without chemical seed treatments are being compared with a control across an on-farm network in the Grand Est region, Northeast France. Preliminary results showed that in 89% of cases, the system without pesticide seed treatments achieves a yield at least equivalent to that of the system using pesticide-treated seeds.

**Keywords:** Seed treatments, crop establishment, innovation, on-farm experiments, soil biodiversity, sustainability

## Introduction

En 2017, suite à la prise en compte de l'indice de fréquence de traitement (IFT) de semences dans le calcul des objectifs des MAEc (Mesures AgroEnvironnementales et Climatiques), des producteurs ont interrogé leurs conseillers quant aux risques économiques (pertes de rendement) de ne plus utiliser de traitements de semences chimiques étant donné le poids de ces pesticides dans leurs objectifs IFT hors herbicides. Face aux lacunes de connaissances de l'impact d'impasses répétées, un dispositif d'expérimentation système a été construit pour répondre à ces questions très pragmatiques, permettant d'explorer l'impact de l'absence de traitements de semences sur les résultats technico-économiques (quantité et qualité des récoltes) des systèmes de cultures de la région Grand Est. Il a été enrichi de recherches concernant l'utilisation des traitements de semences chimiques et des connaissances des producteurs sur le sujet ainsi que de mesures de leurs effets sur la diversité microbienne et la macrofaune des sols.

FAST (Faisabilité et évaluation de systèmes de cultures économes en pesticides en l'Absence répétée de Semences Traitées) est un projet DEPHY EXPE du Plan Ecophyto (<https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-fast>) mobilisant 6 partenaires du développement (La Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est, les Chambres d'Agriculture des Vosges, des Ardennes et d'Alsace, le CETA de Romilly et la coopérative EMC2) et un partenaire scientifique (INRAE l'UMR AGIR). Il fait appel à l'UMR Agroécologie INRAE (INRAE, Institut Agro Dijon, Université de Bourgogne) pour la réalisation des analyses microbiologiques des sols et l'interprétation de ces données au regard des pratiques agricoles dans leur globalité.

Le traitement des semences par des pesticides est une pratique courante qui consiste à traiter les semences avec plusieurs matières actives de synthèse ou naturelles, notamment des insecticides, des fongicides, des nématicides, des rodenticides ou des répulsifs pour oiseaux, seuls ou en combinaison (Lamichhane *et al.*, 2020). Plus spécifiquement en grandes cultures, en moyenne une semence porte trois molécules chimiques apportées par traitement. L'objectif ultime de l'utilisation de semences traitées par des pesticides est de réduire les dommages dus aux stress biotiques, principalement les ravageurs et les pathogènes du sol, qui peuvent affecter les graines en germination, ainsi que les plantules à la fois pré- et post-levée, et qui peuvent entraîner un échec de l'implantation de la culture, des pertes de peuplement et de rendement (Hitaj *et al.*, 2020 ; Lamichhane *et al.*, 2020). En outre, le traitement des semences aide à prévenir la transmission des agents pathogènes transmis par les semences (Khazada *et al.*, 2002), protège les parties aériennes des plantes de l'infection par les agents pathogènes transmis par l'air ou par des insectes vecteurs en début de saison, réduisant ainsi leurs niveaux de sporulation, et ralentit le développement épidémique des maladies (Sundin *et al.*, 1999). Les autres avantages du traitement des semences comprennent la réduction de la quantité de matière active utilisée par rapport à un épandage (dans les situations où l'absence de traitements de semences se traduit par un traitement en végétation), ainsi que la moindre exposition des utilisateurs et une moindre dépendance à l'égard de conditions météorologiques en termes d'accès au champ, par rapport aux applications par pulvérisation foliaire (Munkvold *et al.*, 2014).

## La mise à disposition sur le marché de semences traitées systématiquement n'offre aucun choix aux agriculteurs

Les semenciers, fournissant des semences certifiées, commercialisent des semences traitées "par défaut" (Hitaj *et al.*, 2020 ; Lamichhane, 2020). Cela signifie que les agriculteurs ne peuvent pas choisir librement entre semences non traitées conventionnelles et semences traitées conventionnelles en

semences certifiées (vs. filière des semences labellisées Agriculture Biologique qui sont non traitées chimiquement). Pour de nombreuses cultures, notamment les céréales à paille, le maïs et le tournesol, ils n'ont pas accès à une utilisation personnalisée des pesticides en fonction de la situation spécifique des champs (par exemple, des champs présentant des antécédents de problèmes de pathogènes et ravageurs telluriques). La commercialisation de semences traitées aux pesticides dans des emballages par défaut constitue un problème important pour les agriculteurs car, le plus souvent, ils ne connaissent pas les ingrédients actifs spécifiques contenus dans ces emballages ni les ravageurs et les pathogènes qui seraient ciblés (Hitaj *et al.*, 2020). En France, les agriculteurs conventionnels doivent commander des semences non traitées plusieurs mois à l'avance, notamment pour des cultures telles que le tournesol et le maïs.

### **Efficacité faible ou très variables des semences traitées aux pesticides**

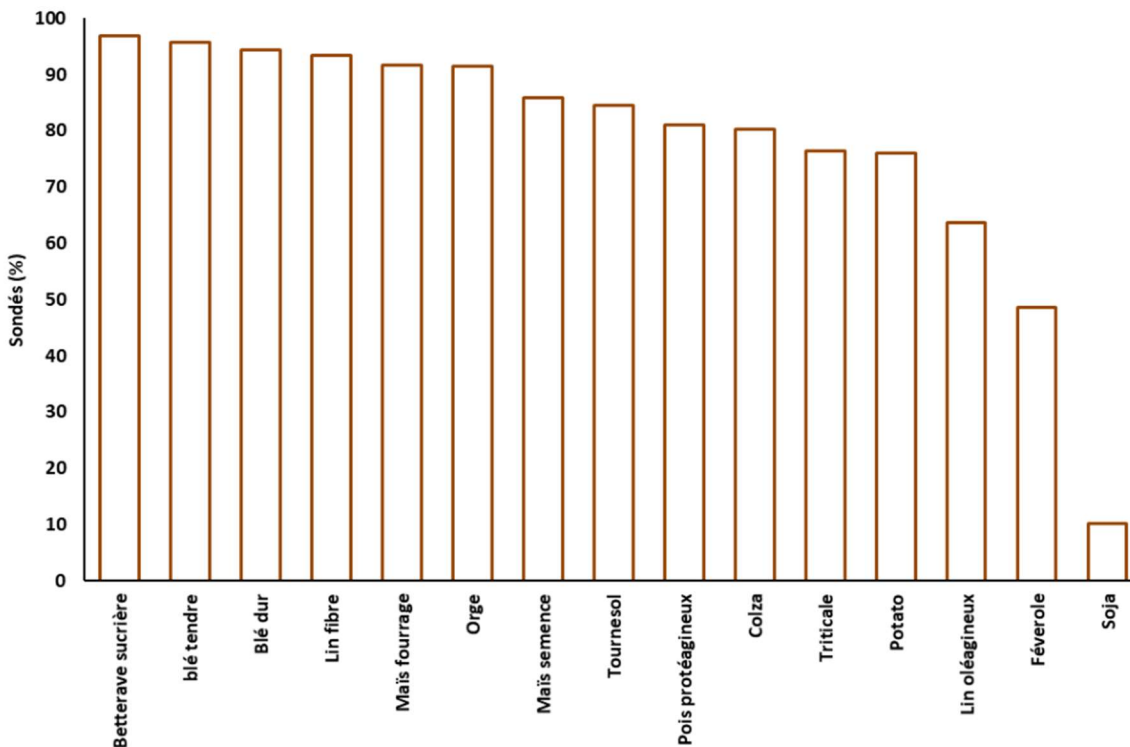
Même si le traitement des semences cible des ravageurs et pathogènes spécifiques, l'utilisation des semences traitées peut ne pas être efficace en raison de la grande diversité des conditions environnementales, des systèmes de culture et de la diversité des ravageurs et pathogènes du sol dans le monde. Une étude récente, basée sur des essais pluriannuels, a analysé l'efficacité des semences traitées dans la lutte contre les maladies telluriques du trèfle souterrain à travers des conditions pédologiques et environnementales contrastées en Australie (You *et al.*, 2020). Cette étude a démontré que l'utilisation des semences traitées permet de lutter efficacement contre une maladie des semences ou des plantules uniquement lorsqu'un seul pathogène du sol était associé à la maladie, alors que cette pratique était inefficace lorsque différents pathogènes du sol étaient associés au complexe de la maladie qui résultait d'interactions synergiques de différents pathogènes du sol. En effet, de plus en plus d'informations dans la littérature scientifique montrent qu'une maladie végétale donnée est souvent causée par des interactions synergiques entre différents ravageurs et pathogènes du sol qui coexistent dans une plante ou des parties de plantes données dans des conditions de terrain (Harvey *et al.*, 2008 ; Lamichhane and Venturi, 2015 ; Madriz-Ordeñana *et al.*, 2019). L'utilisation routinière de semences traitées pour certaines cultures comme le soja a conduit les agriculteurs aux USA dans une impasse socio-économique où ils supportent systématiquement les coûts de traitement des semences sans retour économique important (Mourtzinis *et al.*, 2019 ; Rossman *et al.*, 2018).

### **Un sujet très peu connu**

Pour les grandes cultures, l'utilisation des semences traitées est une pratique courante, bien que le pourcentage d'hectares traités par semences varie selon les cultures et les zones géographiques. Aux USA, presque 100 % du maïs et des arachides sont traités, suivis par le coton, la pomme de terre, le blé et le soja (White et Hoppin, 2004). Une étude récente menée aux USA (Hitaj *et al.*, 2020) indique que l'utilisation des semences traitées aux pesticides a augmenté dans les principales grandes cultures au cours des dernières décennies, bien que les agriculteurs soient moins susceptibles de savoir quels pesticides se trouvent sur leurs semences. Cela s'explique principalement par le fait que les fournisseurs de semences ont de plus en plus standardisé des semences, y compris les multiples ingrédients actifs des pesticides et que les semences traitées sont le plus souvent commercialisées " par défaut " (Hitaj *et al.*, 2020 ; Lamichhane, 2020). Aux USA, le manque d'information sur les pesticides présents sur les semences constitue un obstacle majeur pour adapter l'utilisation des pesticides aux objectifs de production des agriculteurs et à l'environnement (Hitaj *et al.*, 2020).

Dans l'Union Européenne, aucune information n'est disponible sur la part des terres agricoles cultivées avec les semences traitées pour les grandes cultures (Lamichhane *et al.*, 2020). Eurostat, la plus importante base de données publique au niveau européen, ne rapporte aucune information à ce sujet (Eurostat, 2020).

En ce qui concerne plus spécifiquement la France, la littérature manque d'informations sur la fréquence de l'utilisation des semences traitées, les connaissances des agriculteurs sur les pesticides utilisés pour le traitement des semences et leur perception des risques liés à la manipulation et à l'utilisation des semences traitées par les agriculteurs français. Les seuls rapports publiés par le ministère français de l'Agriculture et de l'Alimentation, basés sur des enquêtes auprès des agriculteurs sur les pratiques agricoles en 2017 (Agreste, 2019), fournissent des informations uniquement sur la part des terres agricoles semées avec des semences traitées pour 14 grandes cultures majeures (**Figure 1**). Cette enquête montre que 93 % des grandes cultures semées en France en 2017 ont été traitées et que leur emploi était quasi systématique en betterave sucrière, blé, orge, tournesol, maïs, pois, et colza. Cependant, on ne sait pas si les semences de ces cultures ont été traitées avec un ou plusieurs produits de protection. Dans près de 40% des cas, les agriculteurs ayant répondu au questionnaire ont souligné qu'ils ne connaissaient pas le type de traitement effectué sur les semences. De plus, aucune information n'est disponible sur le type de pesticides utilisés pour le traitement des semences, le niveau de sensibilisation des agriculteurs français à l'utilisation des semences traitées, les cibles potentielles de cette pratique, la prise de décision concernant le lieu et la manière dont ils font usage des semences traitées, et les expositions aux risques dues à leur manipulation.



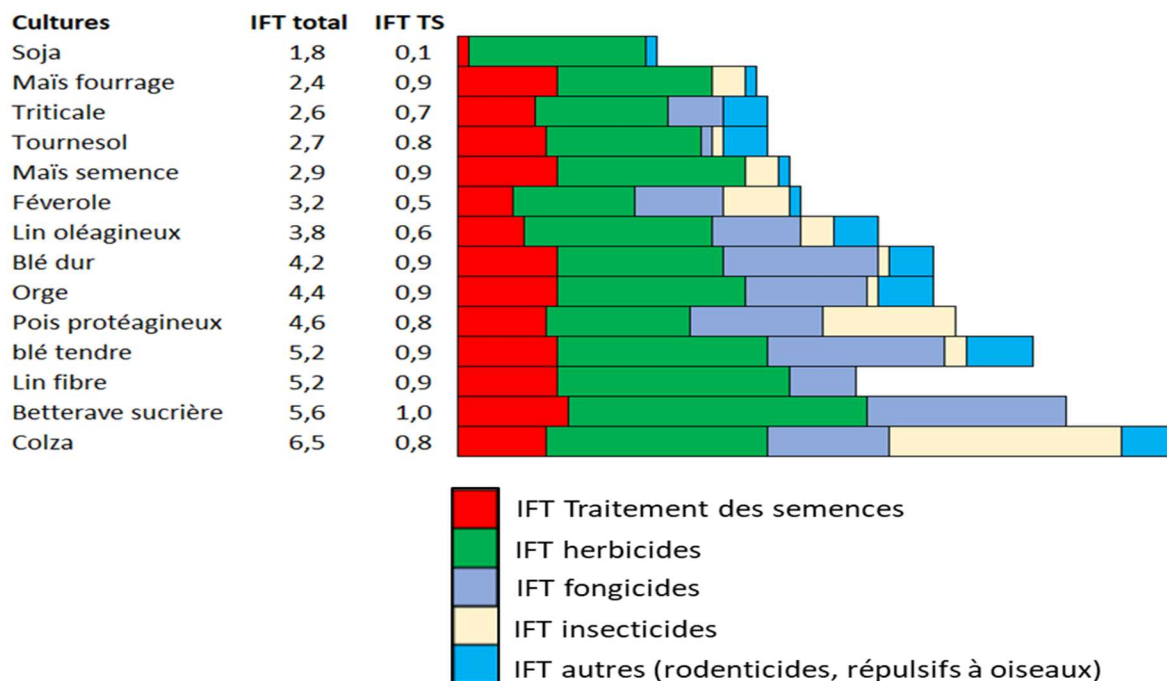
**Figure 1.** Pourcentage des principales grandes cultures semées avec des semences traitées en France (Source : Agreste - Enquête sur les pratiques culturales 2017).

Pour combler ce manque de connaissances, une étude récente basée sur une enquête par questionnaire auprès des agriculteurs français pratiquant l'agriculture conventionnelle a été menée (Lamichhane and Laudinot, 2021). Cette étude a mis en évidence que le niveau de sensibilisation des agriculteurs français doit encore être amélioré, en termes de risques réels par rapport aux avantages du traitement des semences et de l'utilisation des semences traitées. En effet, la quasi-totalité (88%) des répondants ont confirmé avoir utilisé des semences traitées alors que seulement 24% ont effectué le traitement des semences par eux-mêmes. La plupart des agriculteurs (71%) étaient conscients du type de pesticides

utilisés sur leurs semences mais seulement 19% avaient une bonne connaissance des ingrédients actifs utilisés. Seuls 59% des répondants utilisaient systématiquement des équipements de protection lors du traitement des semences ou de la manipulation des semences traitées. Seulement 50% des agriculteurs pensent que l'utilisation des semences traitées améliore la qualité d'implantation de leurs cultures et le rendement.

## Le traitement des semences par des pesticides et indice de fréquence de traitement

Dans la plupart des pays de l'UE, l'utilisation des pesticides est généralement mesurée par IFT qui est défini comme le nombre d'applications de pesticides par hectare et par année civile ou campagne culturale, en supposant l'utilisation d'une dose standard pour chaque utilisation autorisée de pesticides. En France, comme dans la plupart des pays de l'UE, le traitement des semences aux pesticides n'était pas pris en compte dans le calcul de l'IFT jusqu'en 2016 alors que les données montrent que l'IFT lié au traitement des semences représente une part importante des pesticides introduits dans l'environnement (**Figure 2**). L'IFT dû au traitement des semences correspond à 1 lorsque toutes les semences sont traitées. Un IFT <1 signifie que, soit l'agriculteur a utilisé des semences traitées uniquement dans certaines zones de son champ, soit qu'il a mélangé des semences traitées avec des semences non traitées. Globalement, l'IFT dû aux traitements des semences représente une part non négligeable des intrants chimiques pour la plupart des grandes cultures et peut atteindre plusieurs milliers de tonnes d'ingrédients actifs par saison de culture (Lamichhane *et al.*, 2020). Néanmoins, il y a un manque d'informations sur le traitement des semences, ces données étant pratiquement inaccessibles dans plusieurs parties du monde, y compris en Europe et en Amérique du Nord (Hitaj *et al.*, 2020 ; Lamichhane *et al.*, 2020).



**Figure 2.** Indice de fréquence de traitement (IFT) des principales grandes cultures en France y compris celui lié au traitement des semences (TS) (D'après Lamichhane 2020). Le calcul est basé sur les résultats d'un questionnaire réalisé en 2017 auprès de 28 000 exploitants de grandes cultures.

## Risques d'exposition pour les opérateurs

L'exposition primaire, due à l'inhalation de poussières contaminées par des pesticides, et notamment par fongicides, est un risque potentiel lors de l'application de produits chimiques sur les semences (Han *et al.*, 2021). Les employés des stations de production de semences et des entreprises semencières, qui traitent les semences de manière régulière, sont les plus exposés à ce risque. L'exposition secondaire, due à l'inhalation de poussières lors du versement des semences traitées dans les semoirs ou de la manipulation des restes de semences, est un autre risque important d'exposition (White et Hoppin, 2004). Dans les enquêtes menées en France, les agriculteurs ont déclaré qu'ils ne portaient pas toujours des équipements de protection individuelle lorsqu'ils manipulaient des semences traitées (Lamichhane et Laudinot, 2021), et qu'ils n'étaient pas toujours conscients des risques sanitaires associés à l'exposition aux fongicides (Agreste, 2014).

## Risques sur la biodiversité non ciblée

Contrairement à de nombreuses études sur les effets négatifs des insecticides tels que les néonicotinoïdes, il existe relativement peu d'études ayant démontré des effets négatifs du traitement fongique des semences sur les organismes non ciblés. Quelques études menées à ce jour ont montré des effets négatifs des traitements fongicides de semences sur les organismes bénéfiques du sol tel que le champignon *Trichoderma* sp. (Tang *et al.*, 2021) et la bactérie *Azospirillum* sp (Pereira *et al.*, 2020). Outre les effets négatifs sur la diversité microbienne du sol, les traitements de semences ont également montré des effets négatifs sur les endophytes des semences et les endophytes des plantes ayant des activités favorisant la croissance des plantes. Les exemples sont : réduction de la diversité des communautés fongiques sur les téguments des graines d'*Amaranthus retroflexus* (Palmer, 2020), réduction de la prévalence des endophytes protéobactériens chez *Nicotiana tabacum* (Chen *et al.*, 2020) et effets négatifs sur les endophytes fongiques bénéfiques dans le riz (Vasanthakumari *et al.*, 2019). De même, une étude récente a montré une forte exposition des oiseaux sauvages aux pesticides par la consommation de graines de blé d'hiver traitées au fludioxonil après le semis d'automne (de Montaigu et Goulson, 2022). Dans l'ensemble, les rapports de plus en plus nombreux de la littérature montrent les effets négatifs du traitement des semences sur la communauté microbienne qui habite les sols, les semences et les plantes, bien que la persistance de ces effets dans le temps au niveau de la rotation des cultures soit totalement inconnue à ce jour et nécessite des recherches supplémentaires.

Face aux questions d'agriculteurs qui s'interrogeaient en 2017 sur le risque qu'ils prendraient à ne plus utiliser de semences traitées chimiquement et en l'absence de travaux existants sur ce sujet, un projet d'expérimentation a débuté en 2019. Les questions scientifiques auxquelles nous voulions répondre sont au nombre de trois : i) l'absence de traitement fongicide des semences conduit-elle à des pertes de rendement systématiquement indépendantes des cultures et des conditions pédo-climatiques ; ii) indépendamment de l'avantage en termes de rendement, le traitement chimique et notamment fongicide des semences affecte-t-il la vie microbienne du sol, iii) quels sont les facteurs de risque qui entraînent d'importantes pertes de rendement en l'absence de traitement fongicide des semences ?

## Le dispositif expérimental

### Description des modalités et des systèmes étudiés

Le dispositif expérimental est de type observatoire piloté, mobilisant des agriculteurs-expérimentateurs. Les principales caractéristiques des sites d'étude utilisés pour les expérimentations sont présentées dans le **Tableau 1**. Ce réseau créé en 2019, est constitué de 32 sites (correspondant à des parcelles). Chaque site comprend 2 modalités : REF (pratiques agriculteurs sur une durée de 5 à 6 campagnes, incluant des

semences traitées chimiquement) et DEP (toutes pratiques étant égales à REF exceptée l'utilisation de semences non traitées chimiquement). La surface moyenne de chaque modalité est de 1.5 ha. La totalité des pratiques agricoles sont enregistrées annuellement (gestion de l'interculture, travail du sol, semis, variété, fertilisation, protection phytosanitaire, ...). Les variables suivies annuellement dans chaque modalité sont : la dynamique de levée, le taux de pertes à la levée, des facteurs explicatifs du rendement (épis/m<sup>2</sup> en céréales à paille, poids des graines de colza, ...), des indicateurs de qualité des récoltes (teneurs en sucre des betteraves, contamination carie en blé, mycotoxines, ...), le rendement ainsi que l'abondance et la diversité microbiologique des sols. Un dénombrement des lombrics a été effectué en début d'implantation de l'expérimentation et sera reproduit en fin d'expérimentation (campagne 2024).

**Tableau 1.** Principales caractéristiques des 26 sites expérimentaux représentant le projet FAST à ce jour. Les informations relatives au travail du sol, à la fonte des semis et au risque de carie sont basées sur les données historiques des sites, les deux dernières se réfèrent uniquement aux céréales d'hiver. LF : Labour fréquent ; SD : Semis direct ; TCS : techniques culturales simplifiées ; LO : Labour occasionnel.

Commune	Surface / modalité (ha)	Travail du sol historique	Texture (argile:limon:sable)	pH (eau)	Matière organique (%)	Risque fonte de semis	Risque carie
Aingeville	1	LF	22:63:15	7.9	3.3	Fort	Faible
Ambacourt	0.6	LF	36:46:18	8.1	3.6	Fort	Faible
Auzainvillers	8	LF	22:68:10	6.6	2.7	Moyen	Faible
Balleville	0.6	SD	20:48:32	6.3	4	Moyen	Faible
Domèvre sur Durbion	0.6	SD	22:54:24	6.2	2.8	Moyen	Faible
Les Ableuvenettes	0.6	TCS	22:63:20	8.2	5.3	Fort	Faible
Offroicourt	0.9	LF	47:46:7	8.1	2.9	Moyen	Faible
Pompierre	1.4	LO	31:51:18	8.1	4.9	Fort	Faible
Rebeuville	1.6	LO	30:66:4	7.4	3.1	Fort	Faible
Removille	0.8	LO	33:41:26	7.2	3.4	Fort	Fort
Saint Gorgon	0.9	LF	19:50:31	6.1	3.2	Moyen	Faible
Valfroicourt	0.8	LF	37:51:12	7.9	4.6	Moyen	Faible
Valfroicourt	2.6	LO	36:55:9	8.2	4.1	Moyen	Faible
Vroville	1.8	LO	34:60:6	7.9	4.3	Moyen	Faible
Bras sur Meuse	1.6	TCS	22:72:6	5.6	1.8	Faible	Faible
Pouilly sur Meuse	1	LS	26:56:18	7.8	9.7	Faible	Faible
Verdun-Regret	0.9	LF	28:47:25	8.2	4.6	Faible	Faible
Very	0.7	LO	25:67:8	7.2	2.3	Faible	Faible
Villegusien Le Lac	2	LO	30:61:9	7.9	5.3	Faible	Faible
Montuzain	1	TCS	21:39:40	8.2	5	Moyen	Moyen
Montuzain	1.8	TCS	24:48:28	8.2	3.9	Moyen	Moyen
Charbogne	1.7	TCS	39:54:7	8	2.9	Faible	Faible
Sorbon	2.2	SD	29:65:6	8.1	3.7	Moyen	Faible
Pfettisheim	1.4	LF	25:70:5	8.2	2.2	Moyen	Faible
Schirrhein	2.4	LF	56:28:16	7.1	4.7	Moyen	Faible
Dessenheim	0.5	LF	22:33:45	8.4	2.6	Moyen	Faible
<b>Moyenne ± ET</b>	<b>2 ± 1</b>			<b>8 ± 1</b>	<b>4 ± 1</b>		



Les systèmes de culture sont tous différents puisque construits individuellement par chaque agriculteur. La succession des cultures n'est pas figée *a priori*, elle est ajustée annuellement en suivant les règles de décision de chaque agriculteur qui adapte son assolement en fonction de ses objectifs et des conditions climatiques. Une typologie sera réalisée à posteriori à la fin du projet (2024) afin de déterminer si la réponse diffère en fonction de caractéristiques majeures des systèmes.

L'assolement annuel FAST est donc variable. Le maïs (grain ou ensilage) et le blé tendre d'hiver représentaient, jusqu'en 2022, les cultures majoritaires. Au total, sur les campagnes 2019 à 2022, 28 sites ont été implantés en blé tendre d'hiver, 27 sites en maïs et 11 sites en orge de printemps. Puis 6 sites en colza et 5 sites en orge d'hiver. Les autres cultures ont été implantées sur moins de 3 sites (Figure 3). Divers aléas depuis 2019 ont eu pour conséquence l'abandon de plusieurs sites, le réseau FAST comporte à ce jour 26 sites (Tableau 1).

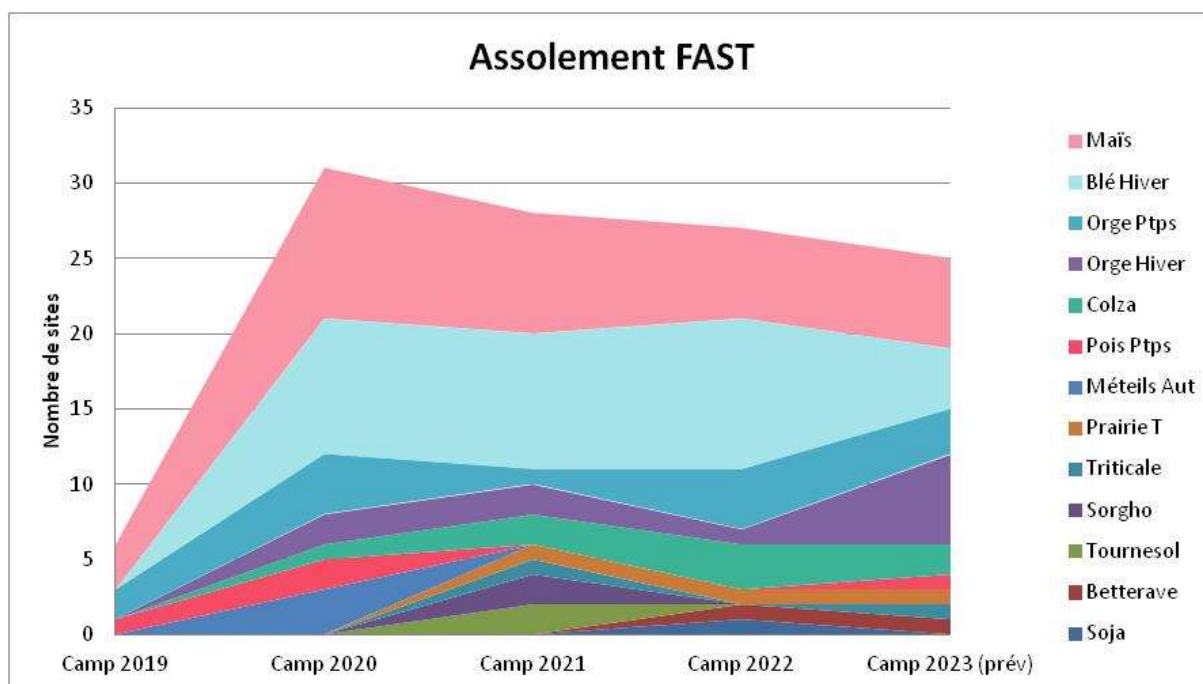
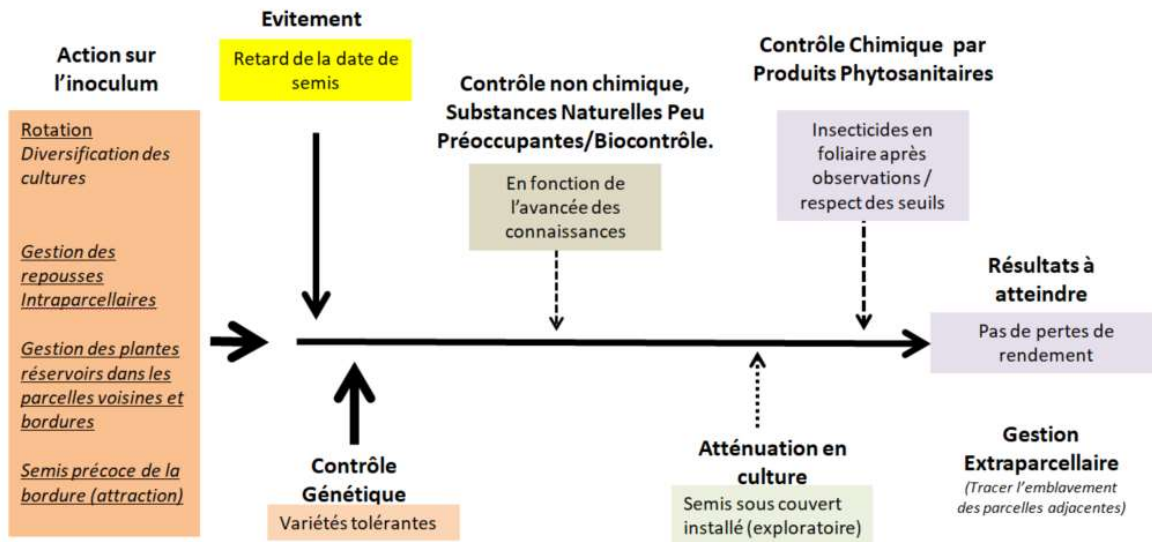


Figure 3. Cultures suivies dans le projet FAST

### Caractérisation des systèmes en fonction des leviers actionnés

A la fin du programme (2024), chaque système sera caractérisé par la succession des cultures, les pratiques agricoles et les leviers actionnés pour lutter contre les bioagresseurs cibles des traitements de semences. Une typologie de systèmes sera ainsi construite et mise en comparaison avec les réponses à l'impasse de traitements de semences chimiques (à l'échelle système et à l'échelle culture). Un exemple des leviers actionnables pour lutter contre les insectes d'automne sur céréales, vecteurs de viroses, est représenté dans la figure 4.



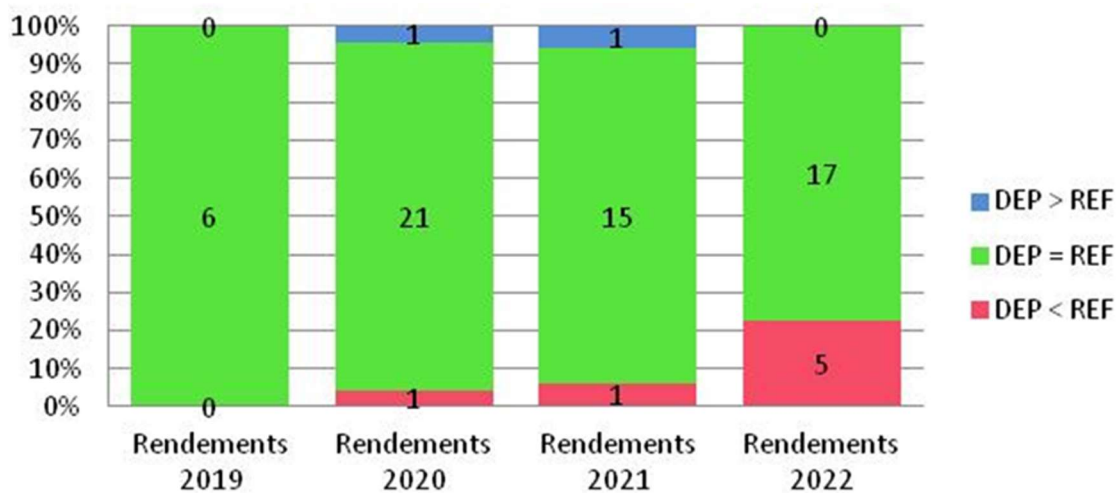
**Figure 4.** Diagramme Ischikawa montrant des leviers de gestion des dégâts d'insectes d'automne sur céréales à paille en l'absence de traitements chimiques des semences.

## Les premiers résultats

### Des rendements rarement impactés

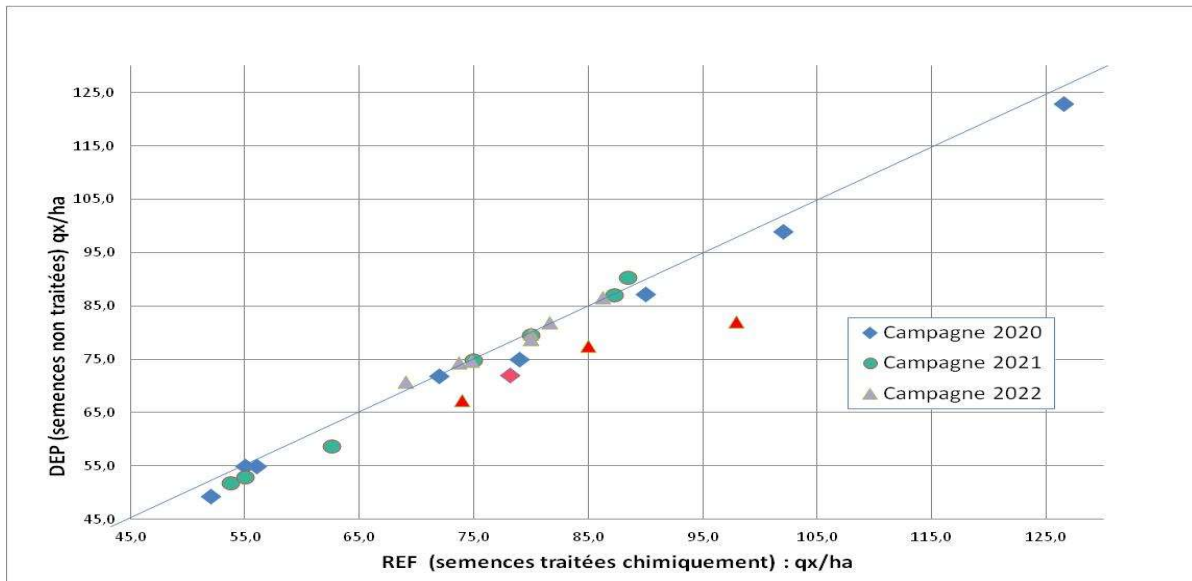
En l'absence de répétition intra-parcellaire, la différence de rendement est estimée significative à partir d'un seuil défini pour chaque culture. Par exemple, en céréales à paille, colza, tournesol et maïs grain, pour lesquelles la mesure de la récolte est effectuée sur une surface supérieure ou égale à 0.6 ha pour chaque modalité, ce seuil est de 5 qx/ha. Concernant le maïs ensilage, la récolte étant manuelle sur une surface d'un minimum de 30 m<sup>2</sup>, une différence de plus de 25% est jugée significative.

Sur les 3 dernières campagnes, le rendement a été mesuré sur 66 sites. Au total, toutes cultures confondues, dans 89 % des cas, la modalité DEP atteint un rendement au moins équivalent à la modalité REF (**Figure 5**). Ce pourcentage est plus faible en 2022 où 23 % des sites (5 sur 22) atteignent un rendement inférieur dans la modalité sans traitement des semences chimiques.



**Figure 5.** Effet du traitement des semences chimiques sur le rendement. Le nombre dans l'histogramme représente le nombre de sites

Sur 3 campagnes, 26 parcelles implantées en blé tendre d'hiver ont été suivies jusqu'à la récolte ; 4 sites montrent une différence de rendement en faveur des semences traitées chimiquement (**Figure 6**). Pour 2 d'entre eux, l'impact s'est manifesté dès les premiers stades de la levée, avec un taux important de pertes à la levée qui n'a pas été compensé en cours de campagne 2022 (les peuplements épis sont significativement inférieurs en DEP vs REF). Pour un troisième, un traitement de semences spécifique (à base de silthiofam) avait été appliqué en prévention d'un risque de piétin échaudage dans une situation de blé tendre hiver succédant à un blé tendre d'hiver. Ce traitement a permis un gain de rendement de 6 qx/ha en 2020. Aucune différence de symptômes de viroses n'a été observée sur les 26 sites. La gestion par voie aérienne des insectes vecteurs a été identique dans les 2 modalités (majoritairement, aucun insecticide n'a été appliqué).



**Figure 6.** Effet du traitement des semences chimiques sur le rendement en blé tendre d'hiver. La couleur rouge indique que la différence de rendement entre les 2 modalités est jugée significative au regard du seuil de 5 qx/ha

### *Cas particuliers des dégâts de corvidés sur la culture de maïs*

Les dégâts de corvidés ont rarement été impactants mais, dans le cas de 2 sites (sur 27 situations au cours des campagnes 2019 à 2022), le traitement chimique de semences à base de zirame a permis de conserver la culture alors que l'ampleur des dégâts dans la modalité DEP (sans traitement de semence) a obligé à réaliser un second semis. L'impossibilité à se fournir, dans l'urgence, en semences non traitées a conduit à utiliser des semences traitées chimiquement dans la modalité DEP et à stopper l'expérimentation dans ces parcelles.

### **Conclusions et perspectives**

- Le projet FAST s'appuie sur un réseau d'agriculteurs-expérimentateurs, à l'échelle pluriannuelle et systémique. Cette originalité nécessite une approche différente des essais analytiques, notamment par l'effet cumulé potentiel du facteur temps. Ce réseau permet d'explorer la part de l'utilisation des traitements chimiques de semences dans les performances technico-économiques et environnementales de systèmes de culture représentatifs de la Région Grand Est. Les résultats actuels ne représentent qu'une tendance préliminaire mais montrent déjà que la systématisation de l'utilisation des traitements chimiques de semences, toutes cultures confondues, n'est pas justifiée.
- La possibilité de ne pas utiliser de traitements chimiques des semences représente une opportunité pour les producteurs non seulement d'économiser des charges d'intrants mais aussi de réduire les risques liés à leurs potentiels effets sur la biodiversité et la santé de l'utilisateur,

d'autant plus que la méconnaissance des principes actifs et le faible taux d'utilisation d'équipements de protection représentent des facteurs aggravants de risques d'exposition.

- Le projet FAST envisage d'intégrer des essais analytiques de traitements non chimiques des semences en complément des sites d'expérimentation système afin de détecter d'éventuelles solutions pour répondre aux situations dans lesquelles la modalité non traitée DEP obtient un rendement inférieur à la modalité traitée REF. En particulier, la prévisibilité du risque, et donc de l'utilisation de semences traitées chimiquement dans des situations à risque, est un élément clé de la réflexion et cela nécessitera une analyse approfondie des résultats intégrant les variables météorologiques, pédologiques et de pratiques culturales. La caractérisation de ces situations est un des objectifs du projet et ne sera réalisée qu'en 2024, à la fin de l'expérimentation. Un autre élément de réflexion serait de savoir si, dans les situations à risque, l'utilisation de semences traitées chimiquement peut être remplacée par des semences traitées avec des produits biologiques à base d'organismes vivants (principalement des bactéries et des champignons) et de substances naturelles (telles que des extraits de plantes) bien que ces produits ne soient pas exemptés de risques. Une expérience comparant ces deux types de traitement des semences dans les situations à risque pourrait aider à répondre à cette question. Une récente méta-analyse (Lamichhane *et al.*, 2022) a montré que le traitement par des substances biologiques des semences a le potentiel de remplacer le traitement des semences chimiques et, à ce titre, ils peuvent représenter une solution économique durable tout en réduisant les effets négatifs sur la santé humaine et la biodiversité. Cependant, la même méta-analyse a mis en évidence le fait que si les traitements biologiques des semences réduisent la fonte des semis jusqu'à 80% dans des conditions contrôlées (par exemple, chambre de croissance et serre), ces mesures sont peu efficaces pour contrôler la maladie dans les conditions de terrain (entre 0 et 10% de contrôle de la maladie). Cela signifie que ces traitements biologiques des semences doivent être combinés avec d'autres leviers dans le cadre de la protection agroécologique des cultures (Deguine *et al.* 2023).

## Références bibliographiques

- Agreste, 2019. La protection des cultures. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/pratiques-culturelles/pratiques-culturelles-sur-les-918/>.
- Agreste, 2014. Enquête Pratiques culturelles 2011. Principaux résultats. N° 21, 70 pp.
- Chen X., Krug L., Yang M., Berg G., Cernava T., 2020. Conventional seed coating reduces prevalence of proteobacterial endophytes in *Nicotiana tabacum*. *Ind. Crops Prod.* 155, 112784. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112784>
- de Montaigu C.T., Goulson D., 2022. Field evidence of UK wild bird exposure to fludioxonil and extrapolation to other pesticides used as seed treatments. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29, 22151–22162. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17097-y>
- Deguine, J.-P., Aubertot, J.-N., Bellon, S., Côte, F., Lauri, P.-E., Lescourret, F., Ratnadass, A., Scopel, E., Andrieu, N., Bàrberi, P., Becker, N., Bouyer, J., Brévault, T., Cerdan, C., Cortesero, A.-M., Dangles, O., Delatte, H., Dinh, P.T.Y., Dreyer, H., Duru, M., Flor, R.J., Gardarin, A., Husson, O., Jacquot, M., Javelle, A., Justes, E., Lam, M.T.X., Launay, M., Le, V. Van, Longis, S., Martin, J., Munier-Jolain, N., Nguyen, N.T.T., Nguyen, T.T.N., Penvern, S., Petit, S., Poisot, A.-S., Robin, M.-H., Rolland, B., Rusch, A., Sabourin, E., Sanguin, H., Sarthou, J.-P., Sester, M., Simon, S., Sourisseau, J.-M., Steinberg, C., Tchamitchian, M., Thoumazeau, A., Tibi, A., Tivet, F., Tixier, P., Trinh, X.T., Vialatte, A., Wyckhuys, K., Lamichhane, J.R., 2023. Agroecological crop protection for sustainable agriculture. *Advances in Agronomy*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.11.002>
- Eurostat, 2020. Pesticide sales (aei\_fm\_salpest09). Eurostat, European Commission. (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>).
- Han R., Wu Z., Huang Z., Man X., Teng L., Wang T., Liu P., Wang W., Zhao X., Hao J., Liu X., 2021. Tracking Pesticide Exposure to Operating Workers for Risk Assessment in Seed Coating with Tebuconazole and Carbofuran. *Pest Manag. Sci.* n/a. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.6315>
- Harvey P.R., Warren R.A., Wakelin S., 2008. The Pythium-Fusarium root disease complex, an emerging constraint to irrigated maize in southern New South Wales. *Aust. J. Exp. Agric.* 48, 367–374.
- Hitaj C., Smith D.J., Code A., Wechsler S., Esker P.D., Douglas M.R., 2020. Sowing Uncertainty: What We Do and Don't Know about the Planting of Pesticide-Treated Seed. *Bioscience* 70, 390–403. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa019>
- Khanzada K.A., Rajput A., Shah S., Lodhi M., 2002. Effect of seed dressing fungicides for the control of seedborne mycoflora of wheat. *Asian J. Plant Sci.* 1, 441–444.
- Lamichhane J.R., 2020. Parsimonious use of pesticide-treated seeds: An Integrated Pest Management framework. *Trends Plant Sci.* 25, 1070–1073. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.08.002>
- Lamichhane J.R., Corrales D.C., Soltani E., 2022. Biological seed treatments promote crop establishment and yield: A global meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13593-022-00761-z>
- Lamichhane J.R., Laudinot V., 2021. Unveiling the unknown: knowledge and risk perception about the planting of pesticide-treated seed among French arable farmers. *J. Plant Dis. Prot.* 128, 501–509. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00400-3>
- Lamichhane J.R., Venturi V., 2015. Synergisms between microbial pathogens in plant disease complexes: A growing trend. *Front. Plant Sci.* 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00385>
- Lamichhane J.R., You M.P., Laudinot V., Barbetti M.J., Aubertot J.N., 2020. Revisiting sustainability of fungicide seed treatments for field crops. *Plant Dis.* 104, 610–623. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1157-FE>
- Madriz-Ordeñana K., Jørgensen H.J.L., Balan A., Sørensen D.M., Nielsen K.L., Thordal-Christensen H., 2019. Prevalence of Soil-borne Diseases in *Kalanchoe blossfeldiana* Reveals a Complex of Pathogenic and Opportunistic Fungi. *Plant Dis.* 103, 2634–2644. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-18-2252-RE>
- Mourtzinis S., Krupke C.H., Esker P.D., Varenhorst A., Arneson N.J., Bradley C.A., Byrne A.M., Chilvers M.I., Giesler L.J., Herbert A., Kandel Y.R., Kazula M.J., Hunt C., Lindsey L.E., Malone S., Mueller D.S., Naeve S., Nafziger E., Reisig D.D., Ross W.J., Rossman D.R., Taylor S., Conley S.P., 2019.

Neonicotinoid seed treatments of soybean provide negligible benefits to US farmers. *Sci. Rep.* 9, 11207. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47442-8>

Munkvold G.P., Watrin C., Scheller M., Zeun R., Olaya G., 2014. Benefits of chemical seed treatments on crop yield and quality, in: Gullino, M.L., Munkvold, G. (Eds.), *Global Perspectives on the Health of Seeds and Plant Propagation Material*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 89–103. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9389-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9389-6_7)

Palmer S.A., 2020. Pesticide treated crop seeds and tillage alter seed coat fungal communities on *amaranthus retroflexus* in a maize-soybean cropping system. University of New Hampshire.

Pereira L.C., de Carvalho C., Suzukawa A.K., Correia L.V., Pereira R.C., dos Santos R.F., Braccini A.L., Fernandes Osipi, E.A., 2020. Toxicity of seed-applied pesticides to *Azospirillum* spp.: an approach based on bacterial count in the maize rhizosphere. *Seed Sci. Technol.*

Rossmann D.R., Byrne A.M., Chilvers M.I., 2018. Profitability and efficacy of soybean seed treatment in Michigan. *Crop Prot.* 114, 44–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.003>

Sundin D.R., Bockus W.W., Eversmeyer M.G., 1999. Triazole seed treatments suppress spore production by *Puccinia recondita*, *Septoria tritici*, and *Stagonospora nodorum* from wheat leaves. *Plant Dis.* 83, 328–332. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.4.328>

Tang X., Chen S., Yan X., Wang Z., Yuan H., Yang D., 2021. Factors underlying the prevalence of *Pythium* infection of corn seeds following seed treatment application of tebuconazole. *Plant Dis.* <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1586-RE>

Vasanthakumari M.M., Shridhar J., Madhura R.J., Nandhitha M., Kasthuri C., Janardhana B., Nataraja K.N., Ravikanth G., Uma Shaanker R., 2019. Role of endophytes in early seedling growth of plants: a test using systemic fungicide seed treatment. *Plant Physiol. Reports* 24, 86–95. <https://doi.org/10.1007/s40502-018-0404-6>

White K.E., Hoppin J.A., 2004. Seed treatment and its implication for fungicide exposure assessment. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 14, 195–203. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500312>

You M.P., Lamichhane, J.R. Aubertot J.-N., Barbetti M.J., 2020. Understanding why Effective Fungicides against Individual Soilborne Pathogens are Ineffective with Soilborne Pathogen Complexes. *Plant Dis.* 104, 904–920. <https://doi.org/10.1094/pdis-06-19-1252-re>



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.