

Le faux semis : identifier les clés du succès

Labreuche J.¹, Métais P.², Vuillemin F.³, Bonin L.⁴, Colbach N.⁵

¹ Arvalis Institut du végétal, F-91720 Boigneville

² Arvalis Institut du végétal, F-63360 Saint Beauzire

³ Terres Inovia, F-31450 Baziège

⁴ Arvalis Institut du végétal, F-69330 Pusignan

⁵ Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAE, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon

Correspondance : j.labreuche@arvalis.fr

Résumé

Le faux semis consiste à faire germer des adventices pour les détruire ultérieurement avant le semis d'une culture. Cette opération doit être superficielle (moins de 5 cm) et générer un lit de semences bien affiné et rappuyé. Les essais ne montrent pas de lien entre les levées d'adventices observées pendant l'interculture et celles observées dans les cultures. Le comptage des levées ne prend pas en compte les semences germées qui meurent avant de lever. Par ailleurs, l'efficacité du faux-semis dépend énormément de l'humidité du sol et de la dormance de l'espèce adventice à la période où il est réalisé. L'effet du faux semis est donc partiel et variable, d'où l'intérêt de le combiner avec d'autres techniques préventives, comme le décalage de la date de semis de la culture. Cette stratégie est confirmée par des simulations avec FLORSYS qui montrent que dans une rotation colza-blé-orge d'hiver, l'effet des faux semis sur la flore des cultures suivantes atteint son maximum pour des interventions de mi-août. Les opérations plus tardives risquent de faire lever les adventices après le semis de céréales les plus précoces.

Mots-clés : Interculture, Faux-semis, Adventice, Repousses, Graminées, Géranium

Abstract: Identifying the determinants of successful stale seedbed

Stale seedbeds (or false seedbeds) aim to trigger weed seed germination during summer fallow in order to reduce the weed seed bank. This tillage operation must be shallow (less than 5 cm) and create a firm seedbed without clods. Field trials did not show any correlation between weed emergence during summer fallow and weed emergence in the following crop. Weed emergence observations underestimate the efficacy of stale seedbeds because they disregard seeds that germinate without emerging. Stale seedbed efficacy depends on soil moisture and seed dormancy level at the time of the operation. This technique must be combined with other techniques such as delaying the sowing of the following crop. This strategy was successful in simulations with the FLORSYS weed dynamics model. In an oilseed rape-winter wheat-winter barley rotation, stale seedbed the most reduced the weed infestation in the following crops if it was carried out in mid-August. Later operations risk to increase weed emergence after the sowing of the earliest winter crops.

Keywords : Summer fallow, Stale seedbed, Weed, Volunteers, Grass weed, Geranium

Introduction

Le contexte de la réduction de l'usage d'herbicides demandée par les réglementations françaises et européennes, oblige à reconsidérer les stratégies de gestion des adventices, en privilégiant notamment les techniques de gestion préventives. L'interculture est une période propice à la mise en œuvre de leviers de gestion du stock semencier, tels que le labour ou la réalisation de faux-semis. Cette dernière opération consiste à travailler le sol superficiellement pour faire germer les adventices et les détruire avant le semis de la culture de rente, et ainsi réduire le stock semencier adventice pouvant potentiellement lever dans cette culture. L'efficacité de cette opération fait débat. D'une part, cette efficacité est difficile à estimer à court terme puisque les germinations ne sont pas toujours suivies de levées visibles, puisque de multiples processus font mourir les plantules avant et immédiatement après leur levée : dessèchement du sol, compaction, réserves de la semence insuffisantes (Figure 1). D'autre part, cette efficacité est potentiellement très variable : manque d'eau en période estivale, faux semis réalisé trop tôt (n'ayant pas laissé le temps aux semences adventices de s'imbiber) ou trop tard (n'ayant pas laissé le temps aux semences de germer avant le semis), semences dormantes au moment de l'opération, matériels utilisés travaillant trop profondément le sol... Les semis d'automne trop précoces et la mise en place des couverts d'interculture limitent aussi les possibilités de réaliser des faux semis en fin d'été ou début d'automne, période propice à la levée des graminées adventices d'automne. Cet article fait état de différents travaux réalisés par nos équipes, notamment pendant le projet CoSAC (2015-2019), pour étudier l'efficacité des faux semis, pendant l'interculture et dans la culture suivante. Les résultats expérimentaux obtenus sur le terrain sont complétés par des simulations du modèle FlorSys.

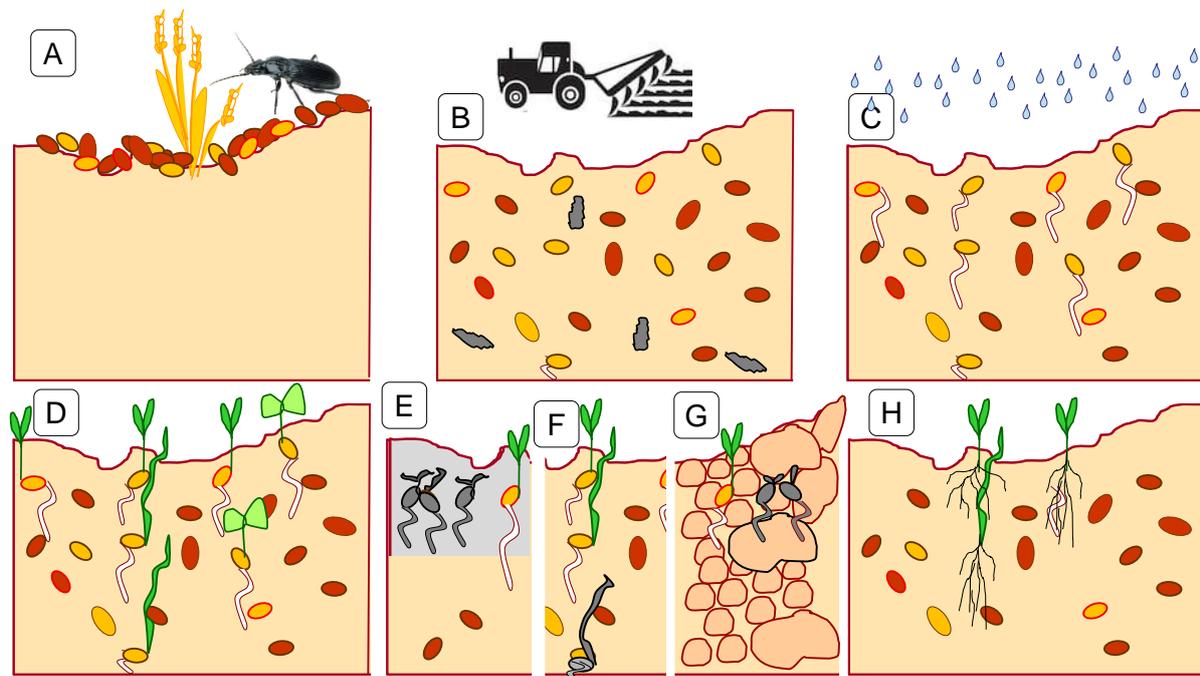


Figure 1 : Processus majeurs déterminant la levée des adventices (Gardarin et al., 2012 ; Colbach et al., 2014 ; Perthame et al., 2018). À la maturité des plantes adventices, leurs semences tombent à la surface du sol où elles peuvent être mangées par des prédateurs (A). Les opérations de travail du sol (et dans une moindre mesure, la pluie et la faune) enfouissent les semences à différentes profondeurs, en fonction de l'outil et de son réglage ainsi que de la structure du sol, et les semences (en gris) au fil du temps par vieillissement, maladies etc. (B). Lorsque le sol est suffisamment humide et chaud pour l'espèce, les semences non-dormantes (en jaune) germent mais les semences en profondeur et celles à la surface du sol germent mal, les dernières parce qu'elles ne sont pas suffisamment en contact avec le sol pour absorber de l'eau, les premières à cause d'un manque d'O₂, d'un excès de CO₂ ou du poids de la terre (C). Les plantules poussent vers la surface du sol, à partir des réserves comprises dans les semences ; une fois sortie du sol, la photosynthèse démarre (D). Les plantules meurent sans lever si le sol sèche après germination et que la racine est trop courte pour atteindre des horizons humides plus profond (E), si la semence est enfouie profondément et que les réserves de la semence ne suffisent pas pour atteindre la surface du sol (F) ou si des mottes de terre compactes bloquent la croissance (G). Au final, seul un petit nombre de plantules a réussi à lever (H).

1. Essais multi-sites: une diversité de situations et de cultures

1.1 Objectif et approches

Neuf essais ont été mis en place par Arvalis et Terres Inovia en 2015 et 2016 dans plusieurs départements pour évaluer différentes stratégies et leviers de gestion des adventices durant l'interculture et leurs conséquences dans différentes cultures. Les essais ont concerné plusieurs intercultures différentes (Tableau 1) : blé suivi d'un blé (3 essais), colza suivi d'un blé (4 essais), féverole puis blé (1 essai) et blé puis tournesol (1 essai). La flore présente était principalement constituée de graminées (ray-grass *Lolium sp.* ou vulpin *Alopecurus myosuroides*) dans 7 essais sur 9 et de géranium dans un essai. Ces essais comparent plusieurs stratégies de gestion de l'interculture qui se distinguent par l'introduction ou non d'un couvert et par la profondeur du travail du sol pendant l'interculture. La densité d'adventices par espèce a été observée à l'interculture à plusieurs reprises, puis dans la culture suivante (avant désherbage de post-levée), grâce à des comptages au cadre. Les comptages en interculture servent à approximer la réduction estivale du stock semencier due à la germination, ceux en cultures sont un proxy du stock semencier restant au semis de la culture. Tous deux sous-estiment les variations de stock semencier, les premiers parce que seule une partie des semences germées lève, les derniers parce que seule une partie des semences présentes lève (Figure 1).

1.2 Levée d'adventices pendant l'interculture

A l'interculture, la levée des adventices varie selon les essais, les espèces présentes et les conditions météo. De façon générale, les opérations de déchaumage ou de pseudo labour n'ont pas beaucoup d'impact sur les levées d'adventices (pas de différences significatives entre les modalités avec ou sans déchaumage post-récolte).

Concernant les faux-semis (travail plus superficiel à moins de 5 cm, plus fin et mieux rattaché que les déchaumages), les résultats sont directement liés à la flore présente. En présence de repousses de colza et géranium, l'absence de tout travail du sol à cette période permet de maximiser les levées. Notons toutefois qu'un passage en août fait lever beaucoup plus de géranium qu'un passage en septembre alors que les levées de repousses de colza sont réduites indépendamment de la date des passages (Figure 2). L'importance de repousser la date du faux semis, notamment au-delà des premières pluies, a été démontré dans d'autres essais, notamment pour les repousses de colza (Pekrun et Lutman, 1998a ; Gruber et al., 2005 ; Gruber et Claupein, 2006 ; Pekrun et al., 2006) (Figure 3). Ces études expliquent qu'un tel report est nécessaire pour éviter que le faux semis n'induisse la dormance des semences de colza, facilitant ainsi leur survie.

A l'inverse, les levées de vulpin et ray-grass sont plus nombreuses suite à un travail du sol très superficiel positionné peu de temps avant les pluies et après la mi-août (Figure 4). Ce type d'effet a été observé dans 4 essais tandis que 3 autres n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet significatif faute d'infestation suffisante ou de conditions météorologiques favorables aux levées. Les graminées automnales comme le vulpin sont en effet moins dormantes que la plupart des dicotylédones en été (Gardarin et Colbach, 2015) et réagissent ainsi mieux à un effet faux semis.

Tableau 1 : Caractéristiques du réseau d'essais multi-sites étudiant les modalités de gestion de l'interculture sur la levée d'adventices dans l'interculture et dans la culture suivante.

Code Essai	Flore dominante (code EPPO*)	Culture précédente	Culture suivante	Dates d'intervention
Arv 17 2015	Diversifiée, faible infestation	Colza	Blé dur d'hiver	23/08 (déchaumeur à dents à 10 cm) 24/10 (herse rotative à 10 cm) 20/08 (déchaumeur à disques indépendants à 20 cm)
Arv 17 2016	Vulpin (ALOMY)	Colza	BTH [§]	05/08/2015 09/09/2015 (herse rotative à 5 cm) 13/10/2015 09/09/2015 (déchaumeur à disques indépendants à 20 cm)
Arv 27 2015	Vulpin (ALOMY)	BTH [§]	BTH [§]	23/08/2014 05/10/2014 (déchaumeur à disques indépendants à 2 cm) 18/10/2014
Arv 27 2016	Ray-grass (LOLSS)	BTH [§]	BTH [§]	12/08/2015 (déchaumeur à disques indépendants) 01/10/2015 (déchaumeur à disques indépendants)
TI 36 2015	Géranium (GERSS)	Colza	BTH [§]	11/07 (cover-crop à 4-5 cm) 3/09 23/09 (cover-crop entre 5 et 10 cm) 5/10 15/10 (semis du blé avec semoir « SD »)
TI 82 2015	Ray-grass (LOLSS)	Colza	BTH [§]	22/07 (broyeur puis déchaumeur à disques indépendants) 26/08 21/09 (déchaumeur à disques indépendants entre 3 et 6 cm) 1/10 14/10 préparation- semis du blé (cultivateur)
TI 11 2015	Ray-grass (LOLSS)	BTH [§]	Tournesol	Fin août (vibroculqueur à 3-5 cm puis rouleau Cambridge) Début octobre (vibroculqueur à 3-5 cm puis rouleau Cambridge)
Arv Cr14	Ray-grass (LOLSS)	BTH [§]	BTH [§]	11/09 (comparaison déchaumeur à disques indépendants à 10 cm seul ou suivi de herse rotative à 5 cm) 23/10 : semis
Arv Cr15	Ray-grass (LOLSS)	Féverole	BTH [§]	15/09 (comparaison cultivateur à dents à 10 cm seul ou suivi de herse rotative à 5 cm) 15/10 : semis

[§] BTH = blé tendre d'hiver

* <https://gd.eppo.int/>

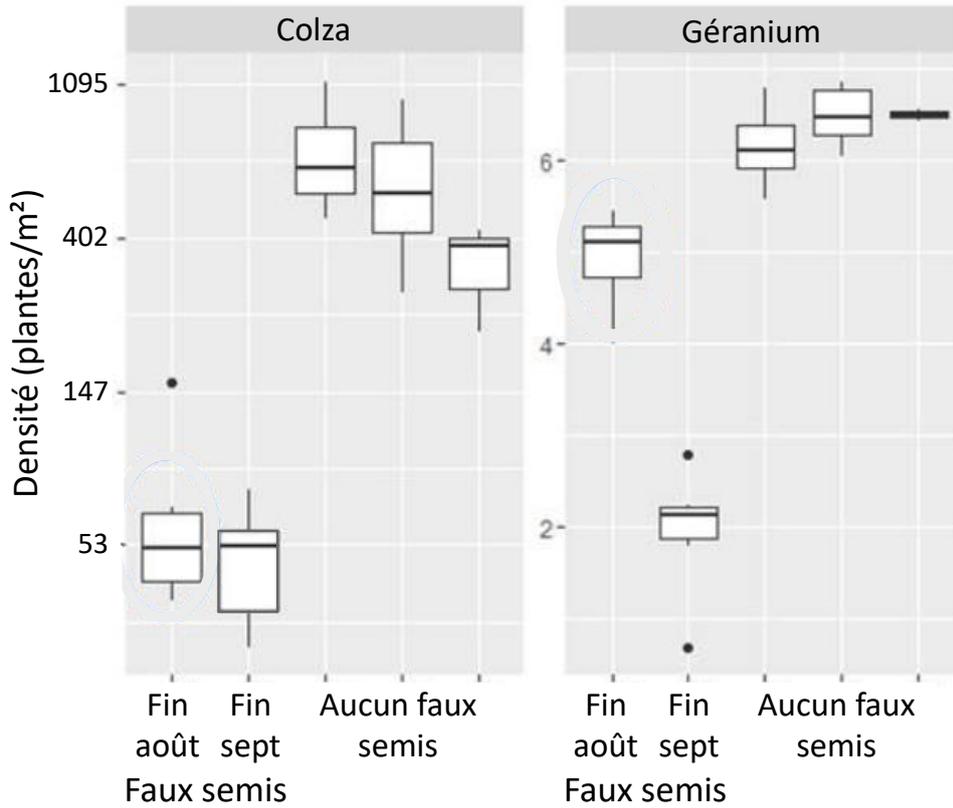


Figure 2 : Levée de repousses de colza (à gauche) et géranium (à droite) à l'interculture en fonction de la date de réalisation du faux-semis durant cette même interculture (essai TI 36)

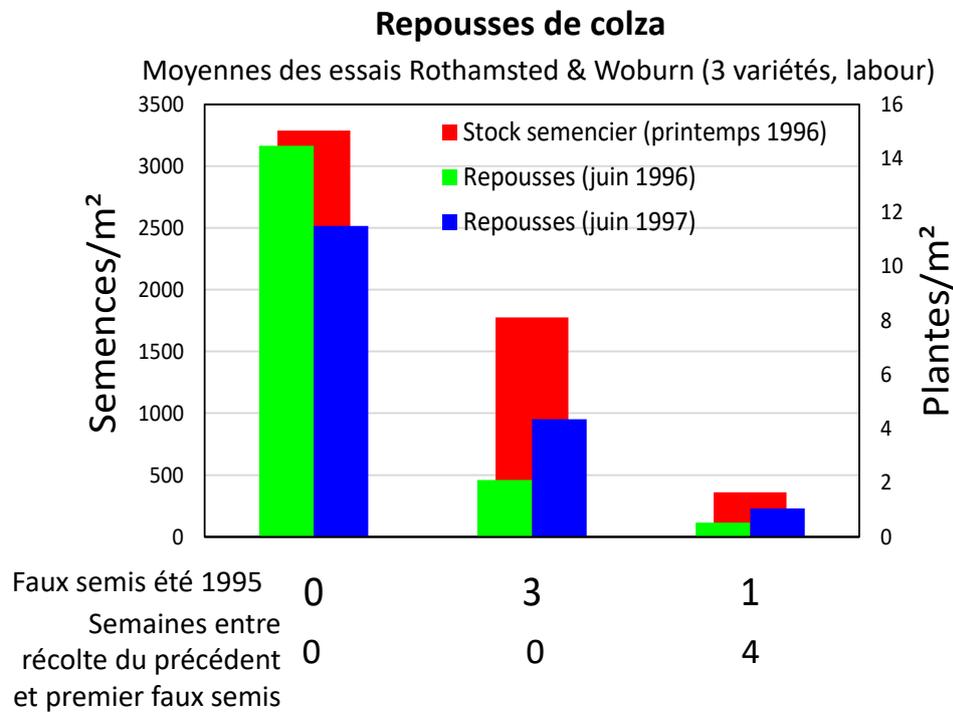


Figure 3 : Effet du faux semis sur le stock semencier adventice au printemps suivant, ainsi que sur les levées adventices pendant les deux cultures suivantes, avec l'exemple des repousses de colza (d'après Pekrun et Lutman, 1998b)

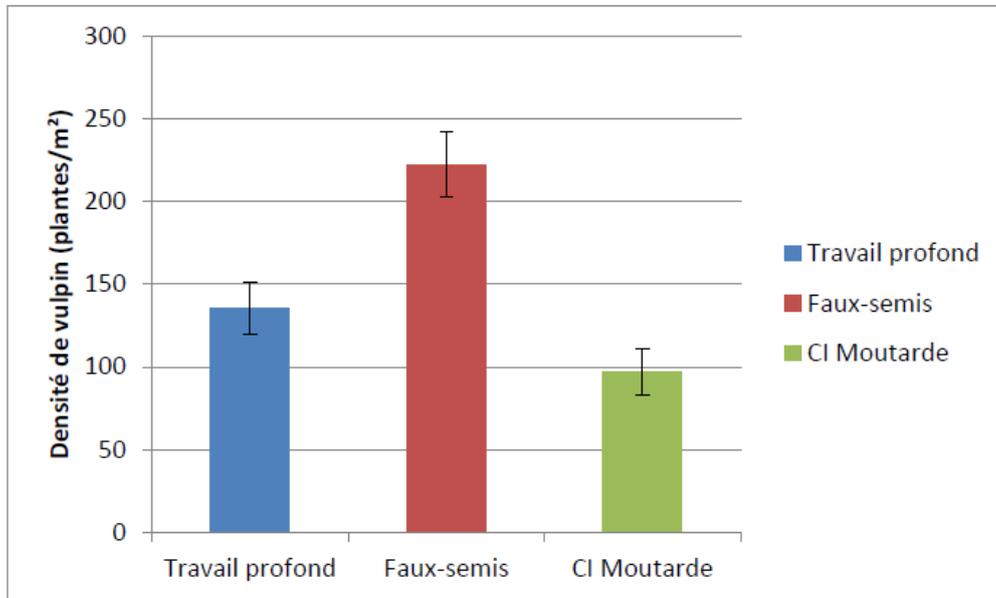


Figure 4 : Effet de la gestion de l'interculture sur la réduction du stock semencier adventice, avec comme proxy la densité de vulpin levant en interculture (comptage le 9 octobre). CI : culture intermédiaire (essai Arv 17 2016)

1.3 Levées d'adventices dans la culture suivante

Les modalités de gestion de l'interculture n'ont pas d'effet significatif sur la densité d'adventices dans la culture suivante dans la grande majorité des essais. Un seul essai montre une densité d'adventices en culture significativement plus faible dans la modalité avec faux-semis efficace par rapport à l'absence de faux semis (résultats non montrés).

Si toutes les semences germées en interculture levaient effectivement, alors plus il y a de levées en interculture, moins il devrait y en avoir dans la culture suivante. Mais même sur cet essai (TI-82) où le faux semis réduit l'infestation en culture, il n'y avait pas de corrélation entre la densité d'adventices en culture et les quantités d'adventices levées à l'interculture, pas plus que dans les autres essais (Figure 5).

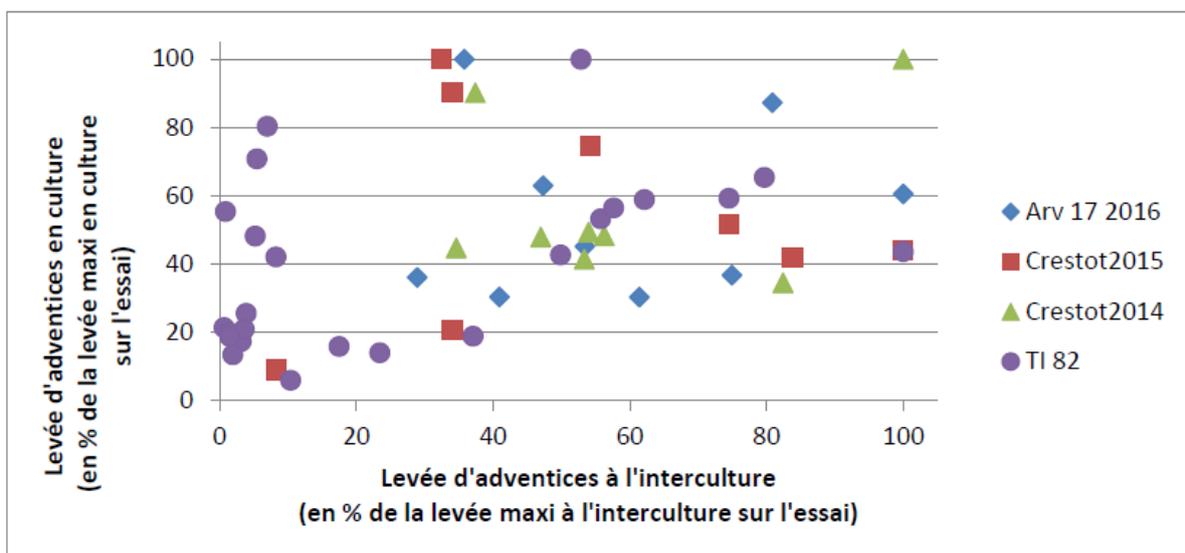


Figure 5 : Relation entre la densité d'adventices levées à l'interculture et la densité d'adventices dans la culture suivante (avant désherbage de post-levée) dans différents essais. Les levées sont exprimées en % des levées maximales sur chaque site pendant l'interculture ou dans les cultures, celles-ci étant différentes.

1.4 Les raisons qui cachent l'efficacité du faux semis

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'absence de relation entre levées en interculture puis dans la culture suivante. Tout d'abord, le comptage des levées en interculture sous-estime considérablement l'efficacité du faux-semis puisqu'il manque les semences germées qui meurent avant de lever ou avant le comptage (Figure 1.E-G). Cette sous-estimation dépend de la profondeur des semences, la structure et l'humidité du sol et varie aussi avec la sensibilité des espèces à ces stress (Gardarin et al., 2010).

Ensuite, les semences adventices ne doivent pas être totalement dormantes et ont besoin d'eau pour germer, avec un comportement variant fortement entre espèces adventices (Guillemin et al., 2013 ; Gardarin et Colbach, 2015). L'efficacité du faux-semis dépend donc énormément de la période, de l'humidité du sol et de l'espèce adventice. Il va notamment être difficile d'observer l'effet déstockage du faux semis en culture si les adventices qui lèvent dans cette culture sont dormantes au moment du faux semis.

Le déstockage de semences réalisé pendant l'interculture (par mise en germination des semences puis destruction des plantules) ne concerne qu'une toute petite proportion du stock semencier total (Figure 1C). Les levées d'adventices lors du faux-semis sont de l'ordre de 24 à 1600 plantes/m², alors qu'à titre d'exemple, le nombre de graines tombées au sol le jour de la moisson a été estimé à 23 000 graines/m² dans un essai sur la récolte des menues pailles pour une infestation initiale de 26.6 plantes/m² (Métais et al., 2016).

Les observations n'ont pas été poursuivies les années suivantes. Or, les rares études qui ont suivi les levées d'adventices au-delà de la première culture après le faux semis observent toujours des levées d'adventices plus faibles en cas de faux semis à condition que la date de l'opération soit adaptée au cycle de dormance de l'espèce (exemple des repousses de colza dans la Figure). Cependant, ces observations ont été faites sur un type d'adventices peu dormantes pour lesquelles l'efficacité du faux semis est plus importante.

L'effet du faux semis est donc partiel et variable, surtout comparé aux effets plus élevés et stables des herbicides. D'où l'intérêt de le combiner et de l'étudier en interactions avec d'autres techniques préventives, comme le décalage de la date de semis de la culture. Ce levier a une capacité intrinsèque à limiter les levées d'adventices dans les cultures et améliore aussi l'efficacité des faux semis. Ces derniers peuvent alors être retardés à une période où de nombreuses adventices sont moins dormantes. De telles combinaisons auraient probablement permis d'amplifier l'effet du faux semis mais n'ont pas été étudiées dans nos essais. Enfin, la présence de couvert à l'interculture est également susceptible d'interagir avec les effets du faux semis. Mais dans nos essais, ces couverts n'ont pas eu de conséquences sur l'enherbement dans la culture suivante. Il faut toutefois noter que la levée du couvert est très dépendante des pluies d'étés, surtout en interculture courte. Dans ces essais, la levée et le développement des couverts ont généralement été décevants.

2. Focus sur les intercultures en monoculture de blé

2.1 Objectif et approches

Pour mieux démêler ces multiples essais, nous nous penchons par la suite sur un cas particulier, une succession blé-blé sur un seul site fortement infesté de ray-grass (*Lolium sp.*). Huit modalités différentes (Tableau 2 2) ont ainsi été mises en place les étés et automnes 2007 et 2008 à Boigneville (91), dans un sol de type argilo-calcaire. La parcelle utilisée en 2008 était caractérisée par une forte pression de ray-grass contrairement à la parcelle 2007.

Le dispositif expérimental était constitué de deux blocs. Les modalités de travail du sol d'une dimension de 12 mètres de largeur et de 27 mètres de longueur étaient séparées par un témoin adjacent d'une dimension de 3 mètres de largeur et de 27 mètres de longueur.

2.2 Modalités de travail du sol testées

Plusieurs stratégies de préparation du sol en interculture ont été testées :

- Absence de travail du sol en interculture.
- Deux opérations très superficielles ont été réalisées à une profondeur moyenne de 3-4 cm (mesure du mélange terre-paille, réalisée après passage de l'outil). L'outil est à axe horizontal type rotavator (Horsch Sème Exact). Il produit beaucoup de terre fine mais pas de rappui après le travail du sol.
- Deux déchaumages superficiels ont été mis en œuvre à une profondeur moyenne de 4 cm avec un outil de type vibro déchaumeur constitué de dents de vibroculteur et d'un rouleau de rappui de type Farmflex (Agri-structures SemeFlex).
- Deux déchaumages profonds ont été réalisés à une profondeur moyenne de 7 cm avec un Lemken Smaragd, un outil de type cultivateur composé de dents rigides équipées de « pattes d'oie » suivi de disques de nivellement et d'un rouleau barre permettant de contrôler la profondeur de travail.
- Le couvert végétal (modalités 7 et 8) était composé d'un mélange de navette (3,5 kg/ha) et de lentille (27 kg/ha) et implanté après la moisson et détruit juste avant le semis du blé (uniquement mis en œuvre en 2008).

Chaque modalité de travail du sol (sauf le travail très superficiel) est recroisée avec deux semoirs différents pour le semis du blé, un semoir bouleversant fortement le sol au semis (Horsch Sème Exact) et un semoir de semis direct bouleversant peu le sol au semis (Séméato TDNG). Les deux semoirs ont effectué le semis à une vitesse de 6 km/h.

Tableau 2 : Modalités de travail du sol testées en interculture blé/blé à Boigneville en 2007 et 2008

N°	Stratégie	1 ^{er} passage	2 ^{ème} passage	Outil	Profondeur (cm)	Type de semoir du blé semé en octobre
Témoins adjacents	Très superficiel	Après moisson	~1 ^{er} sept.	Horsch Sème Exact	3-4	Classique
1	-		-			Classique
2	-		-			Semis direct
3	Profond	Après moisson	~1 ^{er} sept.	Lemken Smaragd	7	Classique
4	Profond	Après moisson	~1 ^{er} sept.		7	Semis direct
5	Superficiel	Après moisson	~1 ^{er} sept.	Agri-structures SemeFlex	4	Classique
6	Superficiel	Après moisson	~1 ^{er} sept.		4	Semis direct
7 [§]	Semis direct d'un couvert		-			Classique
8 [§]	Semis direct d'un couvert		-			Semis direct

[§] uniquement en 2008

2.3 Les mesures

Après chaque passage d'outil de déchaumage, une mesure de la granulométrie du sol travaillé a été effectuée et la profondeur de travail vérifiée. Les dénombrements d'adventices ont été réalisés à l'aide de cadres de 0,25 m². Les comptages d'adventices ont été effectués début septembre avant le deuxième déchaumage soit un mois après le premier déchaumage, mi-octobre avant le semis soit un mois après le deuxième déchaumage et dans le blé avant l'hiver (25 novembre) pour l'essai 2008 ou bien en sortie d'hiver (14 février) pour l'essai 2007. Une application de glyphosate a été réalisée sur toutes les modalités avant le second déchaumage et avant le semis du blé. Cette destruction totale des adventices nous garantit que les adventices observées sont issues de levées après le travail du sol ou semis précédent et non d'un mélange de levées et d'adventices repiquées (non détruites par le travail du sol).

On peut noter que l'année 2007 a reçu des précipitations plus importantes (101 mm) qu'en 2008 (66 mm) entre le premier déchaumage et la première notation effectuée. Les précipitations entre le deuxième déchaumage et la deuxième notation étaient presque identiques (28 mm en 2007 contre 37 mm en 2008).

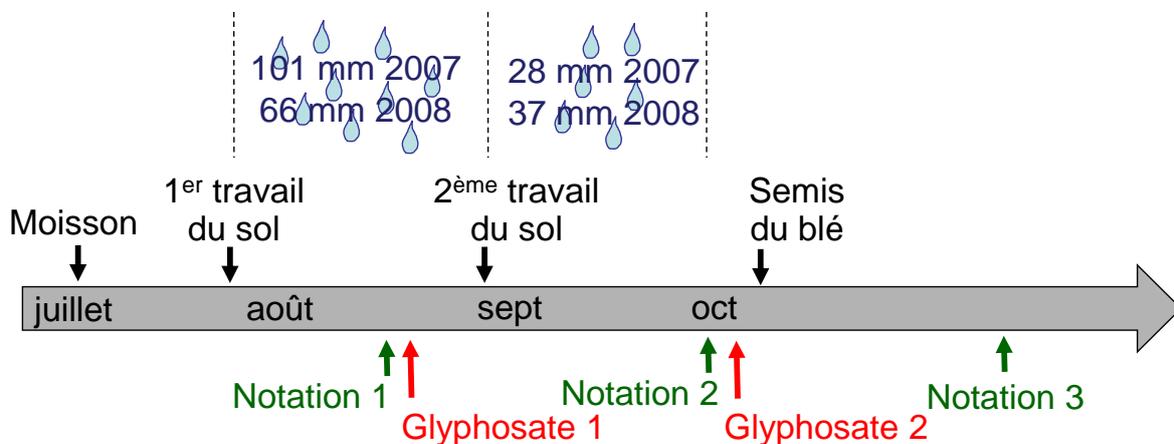


Figure 2 : Frise temporelle montrant la succession des opérations culturales, des dates de notation et de la pluviométrie sur l'essai "faux-semis" de Boigneville en 2007 et 2008.

2.4 Une flore adventice dominée par le ray-grass

Chaque année, seules 3 espèces étaient présentes dans les différentes modalités. En 2007, il s'agit des repousses de blé, du ray grass (*Lolium* sp.) et de la Véronique de perse (*Veronica persica* Poi.) En 2008, il s'agit, des repousses de blé, du ray grass ainsi que du brome (*Bromus* sp.).

Les densités d'adventices relevées (Figure 7) sont exprimées en pourcentage du déchaumage très superficiel (témoins adjacents). La densité dans cette modalité était en moyenne de 8 ray-grass par m² en 2007 et de 490 ray-grass par m² en 2008. Elle était de 221 et 180 repousses de blé par m² en 2007 et 2008.

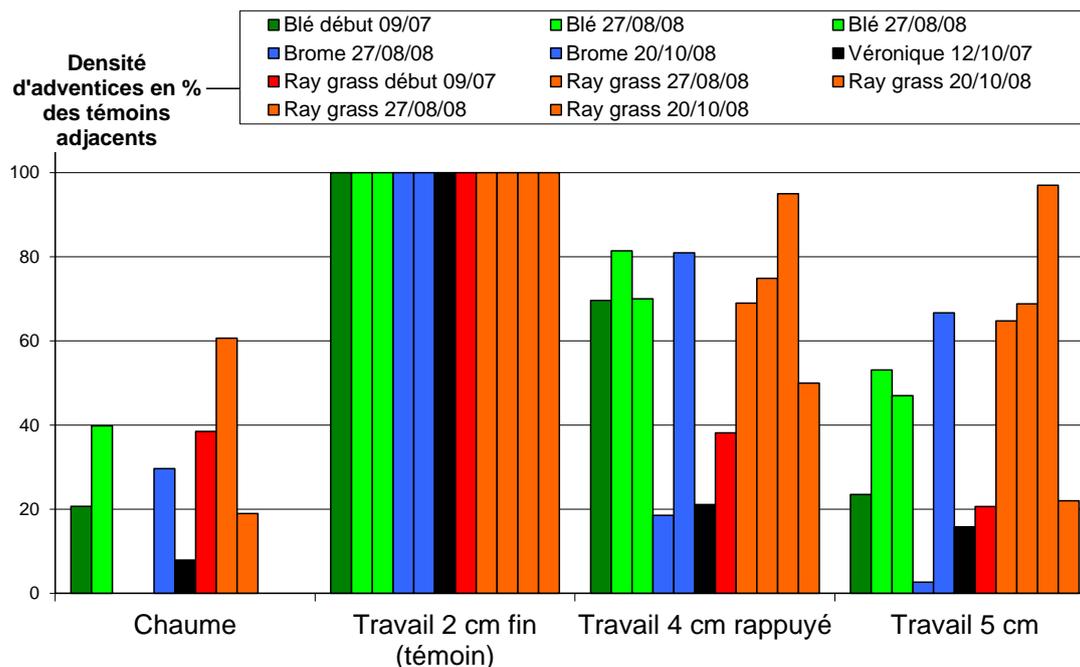


Figure 7 : Impact de la gestion d'interculture sur la levée d'adventices ou de repousses de blé en interculture à Boigneville en 2007 et 2008. Toutes les densités sont exprimées en pourcentage des témoins adjacents, en relatif au déchaumage très superficiel (Horsch Sème exact).

2.5 Travailler superficiellement pour faire lever les adventices en interculture

À l'exception des repousses de blé après le second déchaumage, les levées adventices sont les meilleures avec le déchaumage très superficiel, suivi du déchaumage superficiel puis du déchaumage profond et enfin du chaume. La levée adventice en couvert (testé uniquement en 2008 et implanté en semoir pour semis direct) est assez proche à celle du déchaumage profond. En résumé, les levées d'adventices visibles pendant l'interculture sont stimulées par un travail du sol, et plus ce dernier est superficiel et fin, plus les levées sont abondantes.

Il n'y a eu que peu de levées de repousses de blé (semences peu dormantes) après le second déchaumage. En fait, plus elles avaient levé après le premier passage d'outil, moins il y en levait après le second. Cette corrélation ne s'est pas vérifiée avec les adventices « sauvages », qui sont souvent plus dormantes et très difficiles à épuiser à court terme.

2.6 Perturber le sol au semis augmente les levées d'adventices en culture

Les pourcentages de levées de ray-grass dans la culture de blé tendre (en pourcentage du témoin adjacent) diffèrent de façon significative en fonction du type de semoir quelles que soient l'année et la préparation de sol (Figure 8). En moyenne les densités de ray grass dans la culture de blé tendre semé grâce au semis direct (Séméato TDNG) constituent environ la moitié (51% du témoin) des densités de ray grass dans la culture de blé tendre semée avec le semoir classique (Horsch Sème exact) (102.5 % du témoin).

Les pourcentages de levées de ray-grass dans la culture de blé tendre ne diffèrent pas significativement en fonction du type de préparation de sol quels que soient le semoir et l'année. On remarque tout de même que la modalité avec couvert en 2008 se démarque avec les plus faibles pourcentages de présence de ray grass dans le blé tendre (Figure 8). Cela pourrait s'expliquer par le principe de non bouleversement du sol au semis qui serait amélioré avec le couvert végétal (semoir bouleversant encore moins le sol grâce aux racines du couvert, plus forte couverture du sol au semis par les résidus du couvert).

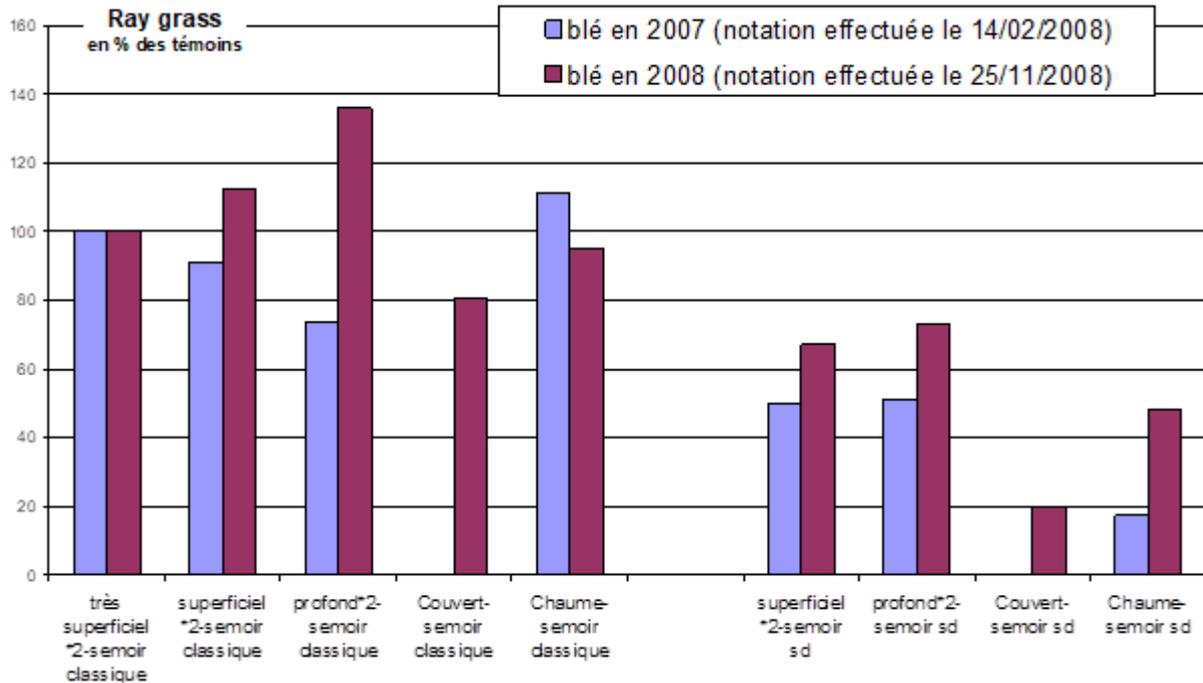


Figure 8 : Moyenne des densités de ray-grass (*Lolium* sp.) dans la culture de blé tendre en fonction du travail du sol à l'interculture et du type de semoir en 2007 et 2008 exprimé en pourcentage du témoin adjacent.

2.7 Que faut-il en retenir pour la pratique ?

Ces essais montrent que pour faire lever des adventices en interculture, il est nécessaire de travailler le sol très superficiellement et finement. Le choix de l'outil est essentiel : le Semeflex (déchaumage 4cm + rappui) travaille le sol superficiellement mais n'atteint pas les résultats du Sème exact. Un travail trop profond (Smaragd à 7 cm) ne fait souvent pas lever plus d'adventices que sur un chaume nu parce qu'il tend à enfouir des semences et donc à les mettre dans l'incapacité de germer, au moins à court terme (Figure 1C).

Ces deux essais, ainsi que d'autres ayant comparé un nombre plus élevé de déchaumeurs uniquement pendant l'interculture, ont permis d'établir une classification de l'aptitude des outils de déchaumage à faire lever les adventices pendant l'interculture (Tableau 3).

Le travail du sol réalisé au semis s'est avéré déterminant et significatif dans ces deux essais, un semoir bouleversant le sol engendrera beaucoup plus de levées qu'un semoir ne bouleversant pas la surface du sol, du moins dans le cas du ray-grass en culture de blé. Tout comme les essais multisites présentés plus haut (Figure 5), ces deux essais, réalisés sur une seule campagne, n'ont pas permis de mettre en évidence de relation entre les levées de ray-grass pendant l'interculture et celles dans la culture suivante. Ces essais mériteraient d'être reconduits de manière pluriannuelle car cette échelle de temps est sans doute la plus adaptée pour mesurer l'impact des faux semis et du type de semis sur la flore adventive.

Tableau 3 : Aptitude des outils de déchaumage à réaliser des faux semis.

Source: Arvalis-Institut du végétal (Brun, 2008).

	Profondeur de travail (en cm)	Répartition des pailles en surface	Objectif agronomique			
			Faux semis	Destruction des repousses et adventices	Incorporation des pailles	Restructuration des zones tassés
Herse de déchaumage	1-3		FS			
Bêches roulantes	3-5					
Déchaumeurs à disques indépendants	3-5	HP		A		
	6-10	HP				
Vibrodéchaumeurs	3-5			D		
Déchaumeur à trains de disques	6-10					
Cultivateurs à 2 rangées de dents et disques de nivellement	6-10					
	10-20					
Cultivateurs à 3 rangées de dents et disques de nivellement	6-10					
	10-20					

	Aptitude bonne
	Aptitude moyenne
	Aptitude faible
HP	Amélioration possible si outil équipé d'une herse à paille
D	Nécessité d'intervenir sur des adventices ou repousses peu développées
FS	Nécessité de faire plusieurs passages
A	A nuancer selon les angles d'attaques et d'entrure

3. Utiliser un modèle de simulations pour établir des règles plus génériques

3.1 Objectif et approche

Les essais ont champ montrent une grande variabilité des effets du faux semis en fonction des conditions météorologiques, de la flore adventice et des modalités de faux semis. Pour comprendre les raisons de cette variabilité et établir des règles de conseil plus génériques, nous réalisons des expérimentations virtuelles avec le modèle de simulation FLORSYS (Gardarin et al., 2012 ; Munier-Jolain et al., 2013 ; Colbach et al., 2014 ; Mézière et al., 2015). Ce modèle mécaniste simule la démographie, la croissance et la reproduction des flores adventices et couverts cultivés à partir du système de culture et du pédoclimat. Il évalue l'impact des adventices à la fois sur la production agricole et sur la biodiversité. FLORSYS nous permet non seulement d'évaluer rapidement une large gamme de scénarios contrastés, mais aussi de comprendre les raisons des effets "observés" en ayant accès à des variables difficiles ou impossibles d'accès sur le terrain (Colbach et al., 2019). Pour la question du faux semis, cela nous permet notamment d'apprécier le déstockage dû à la germination (plutôt qu'une approximation via les levées notées en interculture) ou encore les effets du faux de semis dans les cultures à venir.

Ici, nous avons utilisé le modèle plus particulièrement pour évaluer et diagnostiquer le faux semis avant blé dans une rotation blé/orge/colza bourguignonne, en croisant les facteurs suivants : type d'outil (disques, vibro, pattes d'oie), date du passage (de la récolte du précédent jusqu'une semaine avant le semis du suivant), profondeur de travail (3-4 ou 5-7 cm), roulage ou non après le passage, nettoyage au semis (glyphosate ou herse animée). Le stock semencier initial était représentatif de la flore adventice annuelle bourguignonne typique, avec 50% des semences composées à part quasi égale de vulpin (ALOMY, *Alopecurus myosuroides*), capselle bourse-à-pasteur (CAPBP, *Capsella bursa-pastoris*), chénopode blanc (CHEAL, *Chenopodium album*), matricaire (MATIN, *Tripleurospermum inodorum*) et véronique de perse (VERPE, *Veronica persica*). 292 scénarios ont ainsi été simulés sur 3 ans, chacun

ayant été répété avec 10 séries météo différentes. Ces scénarios ne se distinguaient que par la gestion de l'interculture avant le blé. Il n'y avait aucune différence pour la gestion des cultures ou la gestion des intercultures du colza ou de l'orge.

Plutôt que de regarder les densités d'adventices en cultures, nous avons fait le choix ici d'analyser le ratio entre la biomasse adventice et celle de la culture au début de la floraison de la culture qui est un bon proxy de la perte de rendement (Colbach et Cordeau, 2018) ainsi que la production de semences adventices en culture, qui reflète à la fois les ressources que les adventices ont soustraites à la culture et le succès de reproduction des adventices. L'analyse de ce résultat est encore en cours, nous avons donc complété les résultats préliminaires par une étude plus ancienne étudiant plus particulièrement le vulpin, avec 15000 systèmes de culture simulés également avec un pédoclimat bourguignon (Colbach et al., 2013 ; Colbach et Mézière, 2013).

3.2 Pas de lien entre adventices levées en culture et en interculture

Tout comme sur le terrain, en cas d'une flore adventice plurispécifique, l'enherbement en culture ne diminue pas lorsque la levée adventice en interculture augmente après les opérations de faux semis. Le contraire est même vrai pour le proxy de la perte de rendement dans le blé suivant les faux semis, i.e. le ratio entre biomasses adventice et cultivée est corrélé positivement à la densité adventice après le passage de faux semis (corrélations de Pearson de 0,26 et 0,33 pour les densités de respectivement 14 et 28 jours après opération). Il en est de même pour la production de semences adventices en culture (0,20 et 0,21). Par contre, aucune corrélation significative n'a été trouvée entre les levées dans la première interculture blé-orge et les adventices dans l'orge et le colza suivant.

3.3 La date du faux semis est cruciale

Malgré l'absence de lien entre adventices levées en interculture et en culture, le faux semis influence l'enherbement en culture. En effet, juger l'efficacité du faux semis par la seule levée des adventices en interculture sous-estime cette efficacité puisque les semences germées mais non levées sont négligées. Parmi les options de faux semis testées, la date de l'opération est le facteur qui influence le plus l'enherbement des cultures suivantes, et ce au moins jusqu'à la troisième culture suivant le faux semis (Figure 9).

La production de semences adventices en culture diminue ainsi continuellement lorsque le faux semis est retardé depuis la récolte du précédent jusqu'environ mi-août, pour remonter ensuite pour atteindre son maximum pour des travaux de fin septembre. En blé, ce maximum est environ le double de la production de semences en cas de faux semis à la récolte du précédent. En colza et en orge, l'augmentation est même encore plus forte (x3 et x6, respectivement).

Pour comprendre l'effet de la date, nous analysons actuellement la corrélation de variables météorologiques pendant l'interculture avec l'enherbement en culture. Pour l'instant, nous avons identifié deux indicateurs intéressants. Ainsi, la production de semences adventices en blé est négativement corrélée au cumul de pluviométrie du faux semis au semis du blé (corrélations de Pearson de -0.39). Cette corrélation montre l'importance de l'humidité du sol pour permettre les germinations adventices suite au travail du sol. Mais la pluviométrie avant l'opération est également cruciale car la plupart des semences sont plus sensibles à la stimulation d'un travail du sol si elles sont imbibées. Dans le cas particulier du vulpin, nous avons ainsi pu lier le cumul de pluviométrie de la récolte du précédent jusqu'au faux semis (Figure 10). La production de semences adventices en culture diminue avec ce cumul, pour atteindre un minimum aux environs de 50 mm. Dans d'autres mots, dans le cas du vulpin, il faudrait attendre qu'il ait plu 50 mm depuis la récolte pour déclencher le faux semis.

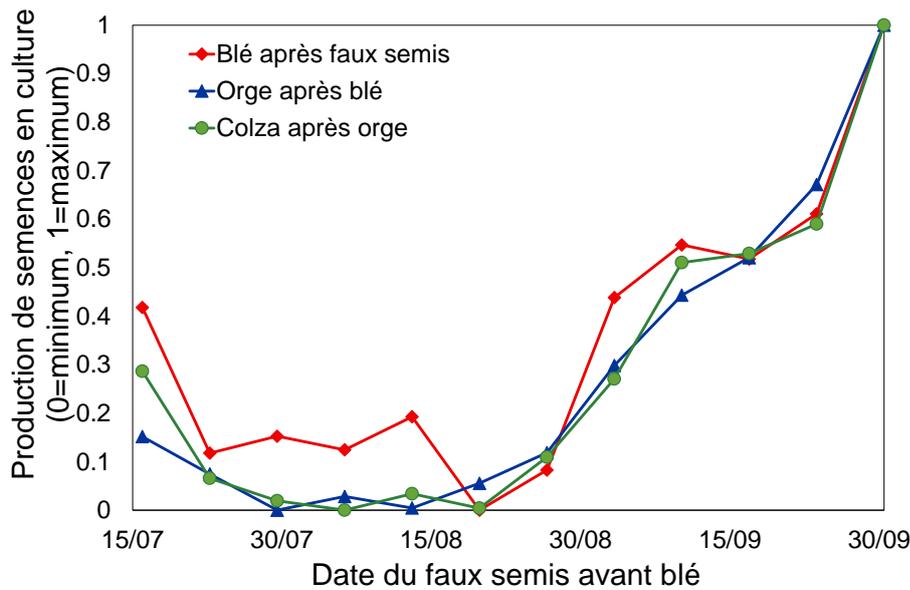


Figure 9 : Effet de la date du faux semis avant un blé sur la production de semences adventices dans le blé suivant ainsi que les deux cultures suivantes de la rotation. Moyennes sur tous les outils et profondeurs de travail du sol, options de roulage, travail au semis du blé et répétitions climatiques, basées sur des simulations avec le modèle FLORSYS avec une flore plurispécifique et un pédoclimat bourguignon. La production de semences varie de 0=minimum à 1=maximum dans chaque culture.

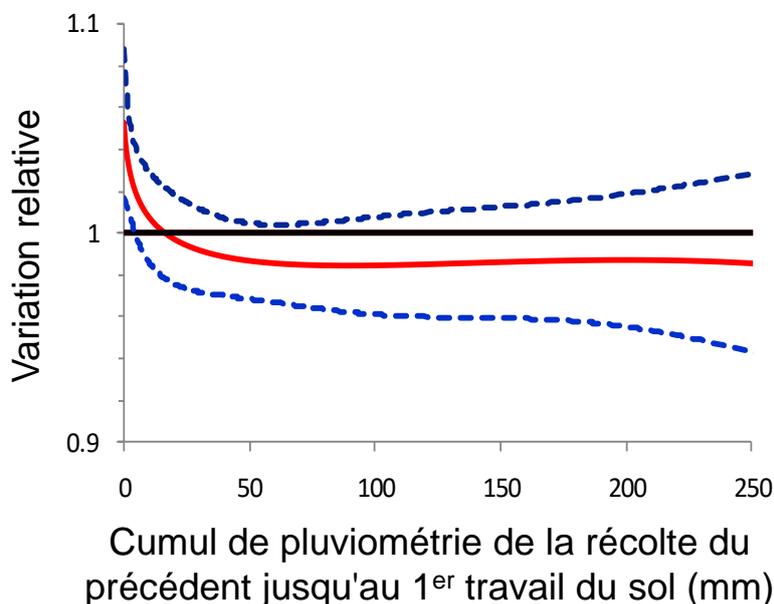


Figure 10 : Indicateur météo pour optimiser la date du premier travail du sol en interculture. Variation relative (1 = moyenne sur 15000 scénarios avec un pédoclimat bourguignon) de production de semences adventices (exemple du vulpin, *Alopecurus myosuroides*, ALOMY) dans un blé d'hiver en fonction du cumul de pluviométrie de la récolte du précédent au 1^{er} travail du sol. Ligne rouge = moyenne, lignes bleues pointillées = intervalle de confiance à 95% (basé sur Colbach et Mézière, 2013)

3.4 Le travail profond réduit la levée estivale mais aussi l'enherbement des cultures

La date du faux semis n'est pas le seul facteur influençant l'enherbement des cultures. Le stock adventice restant au semis du blé suivant le faux semis diminue en moyenne de 24% lorsque la profondeur passe de 3 cm à 7 cm (résultats non montrés) alors que la production de semences adventices dans les trois cultures suivant le faux semis diminue de 22% (Figure 11). À première vue, ce résultat n'est pas cohérent avec les résultats du champ présentés plus haut. Pour comprendre cette apparente contradiction, nous sommes en train d'analyser des variables d'état décrivant les semences et le sol dans les simulations. Il apparaît qu'avec notre flore adventice, sol et météo bourguignons, le travail plus profond stimule plus de germinations estivales, augmentant ainsi le déstockage. Par contre, les germinations profondes ne réussissent pas toujours à lever, ce qui fait que la levée estivale est en fait bien plus faible pour le travail du sol profond (Figure 11). Il est probable aussi que l'effet de la profondeur de travail dépende du type de flore, l'effet stimulateur de germinations du faux semis ne pouvant pas fonctionner sur des espèces incapables de germer au-delà de quelques cm comme le mouron des oiseaux (Gardarin et al., 2012).

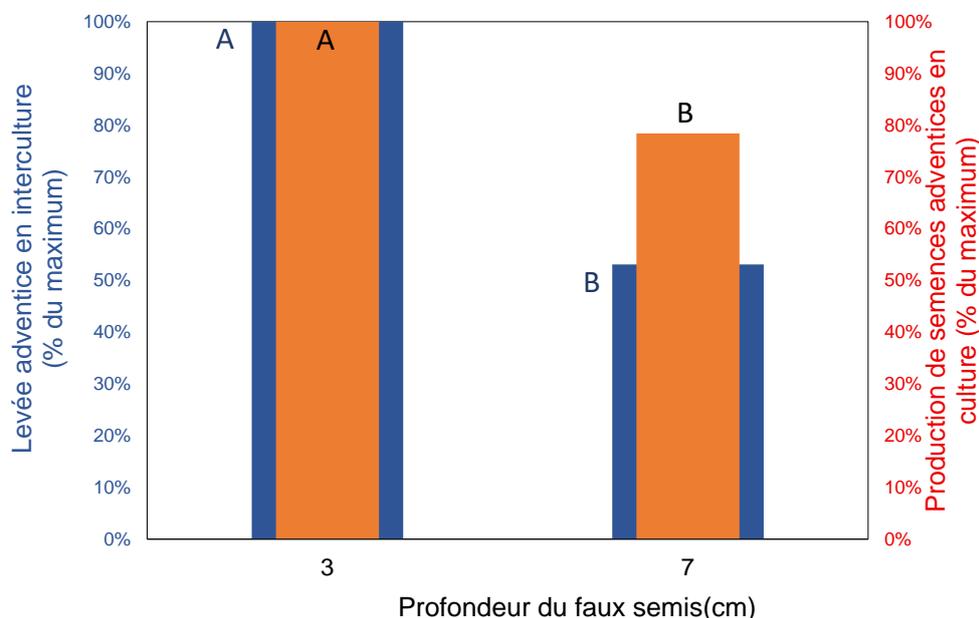


Figure 11 : Effet de la profondeur du faux semis sur la levée des adventices en interculture, après le faux semis (barres bleues, axe de gauche), et sur la production de semences adventices en culture en moyenne sur les trois cultures (barres orange, axe de droite). Moyennes sur tous les outils et dates de travail du sol, options de roulage, travail au semis du blé et répétitions climatiques, basées sur des simulations avec le modèle FLORSYS avec une flore plurispécifique et un pédoclimat bourguignon.

Conclusions

Tout travail du sol doit être adapté pour réaliser un faux semis dont l'objectif est de faire lever des adventices pour les détruire ultérieurement avant le semis d'une culture. Cette opération doit être superficielle (moins de 5 cm) et générer un lit de semences bien affiné et rappuyé.

Les essais ainsi que les simulations sur Florsys ont du mal à faire le lien entre les levées d'adventices observées pendant l'interculture et celles observées dans les cultures. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cela : le comptage des levées ne prend pas en compte les semences germées qui meurent avant de lever ; l'efficacité du faux-semis dépend énormément de l'humidité du sol et de la dormance de l'espèce adventice à la période où il est réalisé ; le déstockage de semences réalisé pendant l'interculture

ne concerne qu'une toute petite proportion du stock semencier total. L'effet du faux semis est donc partiel et variable, surtout comparé aux effets plus élevés et stables d'autres leviers comme les herbicides ou le labour. D'où l'intérêt de le combiner et étudier en interactions avec d'autres techniques préventives, comme le décalage de la date de semis de la culture. Cette stratégie est confirmée par des simulations avec Florsys qui montrent que dans une rotation colza-blé-orge d'hiver, l'effet des faux semis sur la flore des cultures suivantes atteint son maximum pour des interventions de fin septembre, au moment des semis de céréales les plus précoces.

Remerciements

Ces travaux ont été financés par INRAE, Arvalis, Terres Inovia et l'ANR CoSAC (ANR-15-CE18-0007).

Références bibliographiques

- Bonin L., 2008. Interculture : de l'objectif au type de déchaumage. *Perspectives Agricoles*. 347, 22-25.
- Brun D., 2008. Caractéristiques mécaniques : bien choisir son outil. *Perspectives Agricoles*. 347, 26-29.
- Bordes J.P., Lajoux P., 1998. Priorité au faux semis. *Perspectives Agricoles*. 239, 68-70.
- Chassine J.C., Bonin L., Labreuche J., Vacher C., 2009. Impact du travail du sol pendant l'interculture et du type de semis sur la présence de ray grass dans le blé tendre. In : AFPP (Eds), XIIIème colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, Dijon.
- Colbach N., Vacher C., 2014. Travail du sol et gestion de la flore adventice. In: Labreuche, J., Laurent, F., Roger-estradé, J. (Eds.), Faut-il travailler le sol? Acquis et innovations pour une agriculture durable. Editions Quae, Arvalis – Institut du végétal, pp. 113-125.
- Colbach N., Granger S., Mézière D., 2013. Using a sensitivity analysis of a weed dynamics model to develop sustainable cropping systems. II. Long-term effect of past crops and management techniques on weed infestation. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 151, 247-267.
- Colbach N., Mézière D., 2013. Using a sensitivity analysis of a weed dynamics model to develop sustainable cropping systems. I Annual interactions between crop management techniques and biophysical field state variables. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 151, 229-245.
- Colbach N., Collard A., Guyot S.H.M., Mézière D., Munier-Jolain N.M., 2014. Assessing innovative sowing patterns for integrated weed management with a 3D crop:weed competition model. *European Journal of Agronomy* 53, 74-89.
- Colbach N., Cordeau S., 2018. Reduced herbicide use does not increase crop yield loss if it is compensated by alternative preventive and curative measures. *European Journal of Agronomy* 94, 67-78.
- Colbach N., Cordeau S., Queyrel W., Maillot T., Villerd J., Moreau D., 2019. Du champ virtuel au champ réel - ou comment utiliser un modèle de simulation pour diagnostiquer des stratégies de gestion durables des adventices? *Agronomie, Environnement et Sociétés* 9, 111-128.
- Gardarin A., Dürr C., Colbach N., 2010. Effects of seed depth and soil structure on the emergence of weeds with contrasted seed traits. *Weed Research* 50, 91-101.
- Gardarin A., Dürr C., Colbach N., 2012. Modeling the dynamics and emergence of a multispecies weed seed bank with species traits. *Ecological Modelling* 240, 123-138.
- Gardarin A., Colbach N., 2015. How much of seed dormancy in weeds can be explained by seed traits? *Weed Research* 55, 14-25.
- Gruber S., Pekrun C., Claupein W., 2005. Life cycle and potential gene flow of volunteer oilseed rape in different tillage systems. *Weed Research* 45, 83-93.
- Gruber S., Claupein W., 2006. Effect of soil tillage intensity on seedbank dynamics of oilseed rape compared with plastic pellets as reference material. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft*, 273-280.

- Guillemin J.-P., Gardarin A., Granger S., Reibel C., Colbach N., 2013. Determination of base temperatures and base water potentials for germination of weeds. *Weed Research* 53, 76-87.
- Jouy L., Maillet-Mezeray J., 2004. Itinéraire à l'interculture, la base du désherbage. *Perspectives Agricoles*, 305, 22-24.
- Labreuche et al., 2009. Semoirs céréales : des techniques de semis aux performances contrastées. *Perspectives Agricoles*. 353, 32-37.
- Mamarot J., Psarski P., Rouquier R., 1996. Mauvaises herbes des cultures. ACTA. Paris, 484 p.
- Métais P., Bureau S., Gaudillat D., Geille A., 2016. Impact de la récupération des menues pailles sur le ray-grass (*lolium* sp) dans les céréales. In : AFPP (Eds), 23ème conférence du COLUMA, Dijon.
- Métais P., Vuillemin F., 2019. Gestion des adventices : le faux semis à l'essai. *Perspectives Agricoles*. 468, 54-56.
- Mézière D., Petit S., Granger S., Biju-Duval L., Colbach N., 2015. Developing a set of simulation-based indicators to assess harmfulness and contribution to biodiversity of weed communities in cropping systems. *Ecological Indicators* 48, 157-170.
- Munier-Jolain N.M., Guyot S.H.M., Colbach N., 2013. A 3D model for light interception in heterogeneous crop:weed canopies. Model structure and evaluation. *Ecological Modelling* 250, 101-110.
- Pekrun C., Lutman P.J.W., 1998a. The influence of post-harvest cultivation on the persistence of volunteer oilseed rape. *Weed seed banks: determination, dynamics and manipulation. Aspects of Applied Biology* 51, 113-118.
- Pekrun C., Lutman P.J.W., Büchse A., Albertini A., Claupein W., 2006. Reducing potential gene escape in time by appropriate post-harvest tillage—Evidence from field experiments with oilseed rape at 10 sites in Europe. *European Journal of Agronomy* 25, 289-390.
- Perthame L., Petit S., Colbach N., 2018. Cropping systems for driving biological regulation of weeds. A simulation study of seed predation by carabids. In: *Proceedings XVe ESA*, Geneva, Switzerland, 154
- Sauzet G., 2001. Un déchaumage adapté, la clef de la réussite en colza TCS. *Oléoscope*, 64, 12-16.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

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* », la date de sa publication, et son URL ou DOI).