

**AFPP – 23e CONFÉRENCE DU COLUMA**  
**JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES**  
**DIJON – 6, 7 ET 8 DÉCEMBRE 2016**

**MISE EN ROTATION D’UN ESSAI TRAVAIL DU SOL EN MONOCULTURE DE BLE :  
IMPACT SUR LE RAY-GRASS**

P. METAIS<sup>(1)</sup>, J. LABREUCHE<sup>(2)</sup>, B. DUBOIS<sup>(2)</sup>, C. VACHER<sup>(2)</sup>, L. BONIN<sup>(2)</sup> et L. GAUTELLIER VIZIOZ<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> ARVALIS Institut du végétal, Biopole Clermont Limagne, 63360 Saint Beuzire, France,  
[p.métais@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:p.métais@arvalisinstitutduvegetal.fr)

<sup>(2)</sup> ARVALIS Institut du végétal  
Station Expérimentale de Boigneville - 91720 BOIGNEVILLE – France

**RÉSUMÉ**

Un essai sur le travail du sol est conduit par ARVALIS – Institut du végétal depuis plus de 40 ans à Boigneville (91). Cet essai compare le semis direct, le travail superficiel et le labour. Une partie de l’essai était conduite en monoculture de blé. Le ray-grass s’y est développé de manière exponentielle sur la modalité travail superficiel et dans une moindre mesure en semis direct. En conséquence, le blé a été détruit, en 2010, sur l’ensemble des modalités. L’essai a été ensuite conduit avec une rotation diversifiée. Ceci a permis d’endiguer le développement du ray-grass, qui est aujourd’hui complètement maîtrisé, et ce sans changer les techniques de travail du sol.

Mots-clés : ray-grass, rotation, monoculture, travail du sol.

**ABSTRACT**

**INTRODUCE CROP ROTATION IN A LONG TERM TRIAL ON SOIL TILLAGE CONDUCTED IN WHEAT MONOCULTURE: IMPACT ON RAY-GRASS**

A long term field trial about soil tillage has been conducted by “ARVALIS Institut du vegetal” for 40 years at Boigneville (91 – France). This trial compares no till, shallow soil tillage and moldboard plowing. One part of the trial was conducted in wheat monoculture. Ryegrass multiplied in shallow soil tillage and in no till. By consequence, the wheat was destroyed, in 2010, in all modalities, and a crop rotation was introduced. This allows stopping ryegrass development. Today, ryegrass is under control, and this results was obtain without modify soil tillage.

Keywords: ryegrass, crop rotation, monoculture, soil tillage.

## INTRODUCTION

La simplification des rotations et du travail du sol favorise le développement de certaines adventices, en particulier du ray-grass. Les populations de ray-grass résistantes aux antigraminées foliaires (groupes HRAC A et B) sont particulièrement fréquentes dans les parcelles en rotation courte sans labour. Face à une forte infestation, il est recommandé d'introduire un maximum de leviers agronomiques, et en premier lieu la rotation des cultures. Celle-ci permet à la fois de casser le cycle du ray-grass et d'accéder à de nouvelles substances actives.

L'essai travail du sol de longue durée de Boigneville (91) illustre le rôle central de la rotation dans la gestion du ray-grass en situation de résistance. Cet essai a été conduit en monoculture de blé de 1971 à 2010. L'absence de rotation et le peu de diversité des substances actives employées ont conduit à un développement du ray-grass, en particulier dans la modalité de travail du sol superficiel. Des populations résistantes aux sulfonylurées sont apparues. En 2010, la densité de ray-grass en sortie d'hiver était telle que le blé a été détruit. Depuis, l'essai a été remis en rotation et les modes d'action employés ont été diversifiés pour améliorer la maîtrise du ray-grass.

L'objectif de cet article est d'identifier, dans cet exemple, si la mise en rotation de la monoculture de blé est un levier suffisant pour résoudre un problème de ray-grass résistant aux herbicides du groupe HRAC B. Une attention particulière sera apportée à l'interaction avec le travail du sol.

## MÉTHODE

### PRESENTATION DE L'ESSAI TRAVAIL DU SOL

L'essai travail du sol de longue durée de Boigneville (91) a été mis en place afin d'évaluer la faisabilité des techniques de culture sans labour et de mesurer leurs conséquences sur le sol et les cultures. Il a été mis en place en 1970 et intégrait en réalité quatre essais : une rotation maïs grain-blé tendre d'hiver non irriguée (essai A) ; une rotation maïs grain-blé tendre d'hiver irriguée (essai B) ; une monoculture de blé tendre d'hiver (essai C) ; une monoculture de maïs grain (essai D).

Nous allons dans cet article nous focaliser sur l'essai C. Il se situe sur la commune de Boigneville (91), dans la région naturelle du Gâtinais. Le climat est de type tempéré océanique à influence continentale avec une pluviométrie moyenne de 635 mm/an. Le type de sol est un néoluvisol (anciennement sol brun lessivé). Ce sol résulte d'un dépôt de limon éolien sur un substratum calcaire. La couche arable est un limon argileux avec environ 25% d'argile. Il est favorable à la mise en œuvre des techniques sans labour (sol sain à bon drainage hivernal, stabilité structurale correcte, aptitude naturelle à la restructuration par fissuration).

L'essai C a été conduit en monoculture de blé tendre d'hiver de la récolte 1971 à la récolte 2009 (à l'exception du blé de printemps récolté en 1979, suite au gel du blé d'hiver). En 2010, le blé a été détruit au mois de mai à cause d'une population de ray-grass très importante. Depuis, l'essai a été mis en rotation : pois de printemps en 2011, colza d'hiver en 2012, blé tendre d'hiver en 2013, orge de printemps en 2014, maïs grain non irrigué en 2015, blé tendre d'hiver en 2016.

L'essai C ne comprend qu'une seule répétition. Chaque parcelle fait 110 m de long sur 16 m de large. De fausses répétitions sont parfois créées en divisant chaque parcelle en trois, mais sans randomisation sur le terrain. Ceci ne permet donc pas d'analyser statistiquement les résultats obtenus. L'essai ne comprend qu'une seule culture par an.

Trois modes de travail du sol sont comparés :

#### Modalité avec labour (L0) : retournement du sol par un labour

Le sol est labouré tous les ans afin de répondre à plusieurs objectifs : enfouissement des résidus de culture et adventices, restructuration du sol, mélange des horizons et préparation du lit de semences. Le labour est réalisé à l'aide d'une charrue équipée de rasettes, qui travaille entre 20 et 25 cm de profondeur. Le travail du sol avant labour (déchaumage) et après (reprises, préparation du lit de semences) a varié selon les années et les cultures.

### Modalité avec travail superficiel (L1) : travail du sol sur une profondeur limitée

Dans cette modalité, le sol est travaillé superficiellement, sans aucun labour depuis la mise en place de l'essai. L'objectif est de limiter les coûts et le temps de travail tout en réalisant un enfouissement partiel des résidus de culture, une restructuration superficielle du sol, un mélange superficiel des horizons, une préparation du lit de semences et des faux semis ou la destruction mécanique d'adventices. Plusieurs types d'outils sont utilisés : des outils animés à la prise de force (Rotavator, herse rotative ou alternative...), des outils à dents (herse, vibroculteur...) et des outils à disques, avec un nombre de passage variable suivant les situations. La profondeur de travail est comprise entre 5 et 10 cm.

### Modalité en semis direct (L2) : perturbation du sol limitée à la ligne de semis

Aucun travail du sol n'est effectué dans cette modalité, à l'exception de la perturbation de la ligne de semis par le semoir (semoir céréale de semis direct à disques). Les objectifs sur cette modalité sont de plusieurs ordres : limiter les coûts et le temps de travail, ne pas perturber l'activité biologique ou la localisation des matières organiques en surface, laisser le mulch en surface et limiter la création de terre fine pour protéger le sol et limiter la levée des adventices.

L'essai travail du sol de longue durée de Boigneville est avant tout un essai analytique qui compare différentes modalités de travail du sol. Les autres éléments de l'itinéraire sont identiques quelle que soit la modalité. Ils sont en général gérés de manière à ne pas générer de facteur limitant. En particulier, le désherbage est appliqué de la même manière quelle que soit la modalité (sauf le glyphosate à l'interculture) et en veillant à désherber autant que possible la parcelle la plus infestée d'adventices. Les dates de semis sont souvent les mêmes dans les trois modalités, en évitant de trop retarder le semis pour ne pas prendre le risque de se retrouver en mauvaises conditions pour semer dans les modalités sans labour.

## **GESTION DES ADVENTICES DANS LA MONOCULTURE (JUSQU'EN 2010)**

### Brûlage des pailles

Le brûlage a été utilisé jusqu'à l'été 2000 dans l'objectif de faciliter l'implantation du blé sur blé en techniques sans labour. Il était systématique en semis direct de 1976 à 2000. Sur les autres modalités, il a eu lieu occasionnellement entre 1976 et 1990 puis systématiquement de 1990 à 2000. Ce brûlage a probablement eu un impact également sur la flore adventice par destruction de certaines semences. Depuis 2001, il n'y a plus eu aucun brûlage des pailles sur l'essai.

### Faux semis et travail du sol d'interculture

Pendant les 30 premières années de l'essai, le faux-semis n'était pas vraiment utilisé. Les itinéraires types étaient les suivants :

- L0 : brûlage des pailles (suivant les années), labour, reprise de labour, semis
- L1 : brûlage des pailles (suivant les années), travail du sol avec un outil animé, semis
- L2 : brûlage des pailles puis semis direct.

Sur la modalité L1, dans les années 70 et 80, le rotavator était utilisé relativement profond (10 cm) et comme un outil de préparation du sol, à l'avance par rapport au semis. Depuis les années 90, il est utilisé plutôt comme préparation du lit de semence (plus superficiel et plus proche du semis).

A partir de 2002, des faux-semis sont introduits, en premier dans la modalité en travail superficiel : un à deux déchaumages supplémentaires ont été effectués en 2002 et 2003, puis deux à quatre à partir de 2004. Dans la modalité labour, les faux-semis ont été introduits en 2004. Depuis, un à deux déchaumages superficiels ont lieu avant le labour. Enfin, dans la modalité en semis direct, la herse étrille a été utilisée pour étaler les pailles et favoriser le contact entre les graines de ray-grass et le sol donc faire lever le ray-grass à l'interculture, en 2004, 2006 et 2010. Le bouleversement du sol était toutefois très limité étant donné l'outil utilisé.

### Désherbage chimique pendant l'interculture de 1990 à 2010

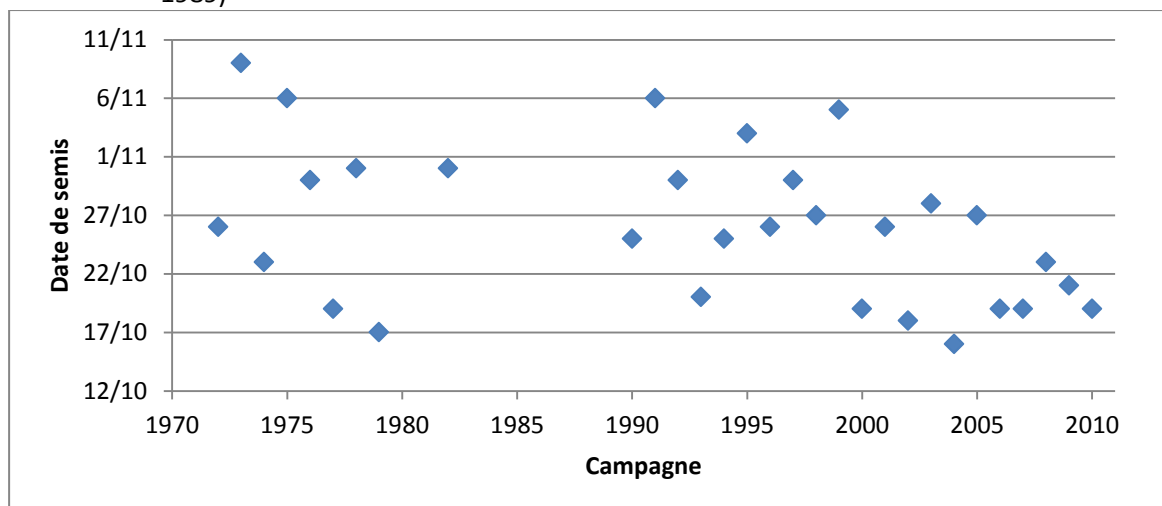
L'historique précis des applications effectuées sur l'essai n'est disponible qu'à partir de l'année 1990. L'utilisation d'herbicide total pendant l'interculture varie entre les modalités et suivant les périodes. Il a été utilisé tous les ans sur la modalité semis direct de 1990 à 1998 alors qu'il n'était pas du tout utilisé en labour à cette période et seulement à partir de 1992 en travail superficiel. De 1999 à 2009, il a été utilisé tous les ans sur toutes les modalités. Le nombre d'application varie de une à trois, mais est identique sur toutes les modalités. Seule l'année 2004 fait exception : quatre applications ont été réalisées sur semis direct afin de gérer les levées provoquées par la herse étrille, contre seulement deux dans les autres modalités où des destructions mécaniques étaient possibles.

### Date de semis

Pour des questions pratiques d'organisation des chantiers, de très légères différences de date de semis entre les modalités existent. Cependant, ces écarts sont faibles et n'ont jamais excédé deux jours depuis 1992. Les semis ont lieu entre le 16/10 et le 9/11 suivant les années (hormis un semis de blé de printemps en avril en 1979 suite au gel du blé tendre d'hiver). Depuis 2000, les dates de semis ont tendance à moins varier entre les années (Figure 1). En particulier, les semis tardifs sont rares : tous les semis ont été réalisés avant le 28 octobre entre 2000 et 2010.

Figure 1 : Evolution de la date de semis du blé depuis le début de l'essai (les données ne sont pas complètes entre 1980 et 1989).

Figure 1 : Evolution of sowing date from the beginning of the trial (data are missing between 1980 and 1989)



### Désherbage en culture de 1990 à 2010

L'historique précis des applications effectuées sur l'essai n'est disponible qu'à partir de l'année 1990. En culture, le désherbage a été conduit de manière à ce que les adventices ne soient pas un facteur limitant : le niveau de désherbage était donc calé sur la modalité la plus infestée. Le programme herbicide en culture a été strictement identique entre les trois modalités de 1990 à 2015, à l'exception de la campagne 2004 : le 19/11/2003, une application d'Illoxan CE (diclofop-méthyl) a été effectuée sur les modalités L1 et L2 mais pas sur L0 où la pression adventices était nulle. Les substances actives appliquées sur cet essai ont évolué au fil du temps et des homologations des produits (Tableau 1). Dans les années 90, les groupes HRAC A (principalement des fop mais aussi des dime en 94 et 95) et C2 sont principalement utilisés dans la lutte graminicide. A partir de 2002, les sulfonilurées (groupe HRAC B), constituent de nouveaux herbicides homologués et ont donc été très largement utilisées, souvent en complément de substances actives du groupe C2, voire du groupe N. Il y a eu régulièrement 2 à 3 applications de produit à action graminicide contenant au moins une substance active de ce groupe au cours d'une campagne.

Tableau 1: Nombre d'application de substances actives par groupe HRAC et par campagne (seul les préparations commerciales ayant une action antigaminée sont prises en compte)

Table1: Number of application of active ingredient by HRAC group and campaigns.

Campagne	Groupe HRAC									
	A	B	C2	E	F1	F2	K1	K2	K3	N
1990	1									
1991	2									
1992			1	1						
1993			1		1					
1994	1		1							
1995	1		1							
1996	1		1							
1997	2									
1998	1		1							
1999	1									
2000	2									
2001	2		1							
2002	2	1	1							
2003		2								
2004	2	2								
2005		2	1							1
2006		3	1							
2007		2	1							
2008		1								1
2009		1								
2010	1	2	1		1					
2011	1							1		
2012	1						1		2	
2013		1			1					
2014		1								
2015		2				2				
2016	Aucun herbicide antigaminée n'a été appliqué en 2016									
Somme 1990-2015	22	35	12	1	4	2	1	1	2	2

#### LEVIERS MIS EN ŒUVRE FACE A L'EXPLOSION DE LA DENSITE DE RAY-GRASS (A PARTIR DE 2010)

##### Destruction de la culture

La densité de ray-grass dans le blé 2010 était telle qu'aucune récolte n'était possible. Il a donc été détruit en mai, à l'aide d'une application de glyphosate suivie d'un broyage. Cette destruction a permis d'empêcher toute production de semences de ray-grass en 2010.

##### Mise en place d'une succession culturale diversifiée sur l'essai

Suite à la destruction du blé 2010, il a été choisi de mettre en rotation l'essai, et de conserver les trois modalités de travail du sol. Les critères pris en compte pour définir une nouvelle succession sont les suivants :

- Alternance de culture de printemps et d'automne ;
- Alternance de dicotylédones et de céréales, qui permet aussi de varier les substances actives ;
- Utiliser des cultures « cultivables » dans la région sans irrigation ;
- Eviter les cultures qui n'offrent pas de bonnes conditions de contrôle du ray-grass (trop peu couvrantes ou sans solutions herbicides disponibles) ;

- En début de rotation, ne pas introduire de céréales à paille pendant 2 ans pour effectuer une rupture forte après la monoculture de blé.

La succession de culture finalement mise en œuvre est la suivante : pois de printemps (2011), colza (2012), blé tendre d'hiver (2013), orge de printemps (2014), maïs (2015) et blé tendre d'hiver (2016).

#### Conduite herbicide

A l'interculture, chaque modalité a reçu trois applications de glyphosate en 2010 et 2011, deux en 2012 et une en 2013. En 2014, une application a été effectuée sur les modalités travaillées et deux en semis direct. En 2015, le labour n'a été désherbé chimiquement qu'une seule fois à l'interculture alors que le semis direct et le travail superficiel l'ont été trois fois. Ces applications avaient pour but d'implanter la culture sur un sol propre et d'empêcher toute grenaison lors de l'interculture.

En culture, les substances actives utilisées ont été diversifiées grâce notamment à l'introduction de nouvelles cultures et à une utilisation plus importante de produits racinaires d'automne sur les céréales (Tableau 1). Les groupes HRAC K1, K2, K3 et F1 ont pu être utilisés contre les graminées. Des substances actives des groupes A et B sont encore appliquées mais avec une diversification des familles employées dans ces groupes (sulfonylamino-carbonyl-triazolinones pour le groupe B et dime pour le groupe A). De plus, elles sont principalement utilisées au sein de programmes.

En 2016, aucun herbicide antigraminée n'a été appliqué sur la parcelle afin d'évaluer le niveau de pression du ray-grass sans désherbage.

#### **SUIVI DE LA FLORE**

La densité de ray-grass a été mesurée chaque année avant la récolte, depuis 2009. Pour cela, des cadres de 0,25m<sup>2</sup> sont lancés aléatoirement dans chaque modalité. Le nombre de cadres varie de 12 à 36 par modalité suivant les années en fonction du temps disponible pour la réalisation des comptages.

En complément, un test de résistance en pot a été effectué sur des semences de ray-grass provenant de l'essai monoculture de blé, prélevées en juillet 2009 sur l'ensemble de l'essai sans viser une modalité en particulier (échantillon « moyen »). Le test porte sur la résistance aux antigraminées foliaires de la famille des sulfonylurées type mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl.

#### **CALCUL DE L'IMPACT ECONOMIQUE**

L'impact économique de la mise en place d'une succession culturale diversifiée pour remplacer la monoculture a été estimé par comparaison de la somme des marges brutes de 2010 à 2015 entre la réalité de l'essai mis en rotation et la simulation du maintien de la monoculture. Etant donné qu'il n'y a pas eu de modification de travail du sol ni du parc matériel suite à la remise en rotation de l'essai, on considère que les charges de mécanisation sont identiques entre les deux types de rotation. De même, on néglige le différentiel de temps de travail, et donc de charges de main d'œuvre, existant entre les systèmes. Enfin, le reste des charges fixes (fermage, frais de gestion, etc.) n'est pas affecté par le changement de système. Ainsi, le calcul de la marge brute permet déjà une bonne comparaison de la rentabilité des deux systèmes. Celle-ci est calculée hors aides PAC car l'objectif est de mesurer l'effet du changement de rotation en l'absence d'incitation politique particulière (soutien aux protéagineux, etc.).

#### Prix utilisés :

Les prix utilisés sont des prix moyens sur les cinq dernières années, issus des bases de prix d'ARVALIS Institut du végétal, que ce soit pour le coût des intrants et pour les prix de vente des cultures.

#### Calcul de l'essai en rotation :

Les rendements réels obtenus sur l'essai sont utilisés. De même, les intrants et doses utilisés pour les calculs sont ceux qui ont été appliqués sur l'essai de 2010 à 2015.

#### Simulation de marge brute obtenue si la monoculture de blé avait été maintenue :

Les intrants et doses utilisés sont identiques chaque année. Il s'agit des intrants et doses utilisés en réalité sur le blé 2013 de l'essai remis en rotation pour les semences, la fertilisation et la protection fongique. Pour le désherbage, les produits et doses utilisés sont ceux préconisés par Arvalis en cas de forte infestation de ray-grass avec populations résistantes aux herbicides des groupes HRAC A et B, à savoir une double application d'automne (au lieu d'une application à l'automne et une en sortie hiver).

Dans les calculs, les rendements utilisés correspondent à la moyenne des rendements de blé obtenus sur l'essai monoculture entre 2007 et 2009, soit 57 q/ha pour la modalité travail du sol superficiel et 69 q/ha pour la modalité labour, affectée de la variabilité annuelle observée dans l'essai travail du sol voisin (essai A). Aucune dégradation du rendement par le ray-grass n'a été prise en compte entre 2010 et 2015, car il est impossible de définir quelle aurait été la perte de rendement. Pour la campagne 2010, aucune récolte n'a eu lieu en rotation (d'où une marge brute négative) alors qu'on a simulé une récolte dans l'hypothèse du maintien de la monoculture.

#### Modalités concernées :

Le calcul a été effectué pour les deux modalités de travail du sol les plus contrastées en termes de rendement :

- Le travail du sol superficiel, car c'est la modalité sur laquelle le ray-grass s'est le plus développé et les rendements décrochent fortement lors des dernières années de monoculture (-3 q/ha/an de baisse tendancielle sur les six dernières années de l'essai).
- Le labour, modalité pour laquelle les rendements ont nettement moins baissé.

## **RESULTATS**

### **RESISTANCE**

Le test en conditions contrôlées met en évidence une perte de sensibilité de la population de ray-grass issue de l'essai monoculture à l'herbicide antigaminée Archipel (mésosulfuron méthyl + iodosulfuron méthyl + méfenpyr -diéthyl) quelle que soit la dose testée. A la dose de 0,25 kg/ha d'Archipel (dose homologuée), seulement 11% des ray-grass présents le jour du traitement sont détruits. On observe aussi dans chaque pot entre 0 et 3 plantes très fortement affectées par le traitement, mais la majorité des ray-grass ne présente qu'un retard de stade ou de développement par rapport aux plantes non traitées. Dans nos conditions d'essais, le comportement des ray-grass issus de la monoculture s'avère proche de la population WRL1 présente dans le test pour sa réponse médiocre aux herbicides de la famille des sulfonyles.

### **EVOLUTION DE LA DENSITE DE RAY-GRASS**

#### Effet de la rotation et du désherbage associé suivant la modalité de travail du sol

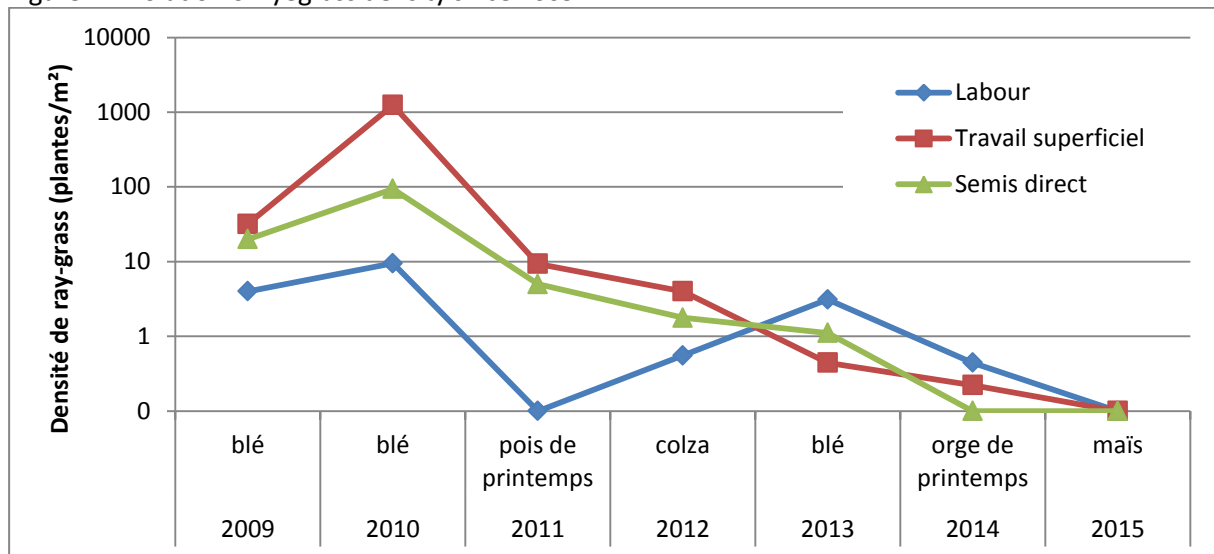
La densité de ray-grass à la récolte était élevée en 2009 dans les modalités sans labour : 20 plantes/m<sup>2</sup> en semis direct et 32 plantes/m<sup>2</sup> en travail superficiel (figure 2). Cette densité augmente de manière exponentielle en 2010 : on dénombre 94 plantes/m<sup>2</sup> en semis direct et 1248 en travail superficiel. Pour limiter la production d'un stock semencier trop élevé, le ray-grass et la culture ont été détruits avant la grenaison du ray-grass, et ce pour toutes les modalités afin de ne pas créer de biais (essai analytique).

Depuis 2011 et la remise en rotation de l'essai, on observe une diminution régulière de la densité de ray-grass sur toutes les modalités (figure 2). Lors de la récolte 2015, aucun ray-grass n'a été trouvé dans les cadres de comptages lors de la récolte.

Le développement du ray-grass a été beaucoup plus rapide et important dans la modalité en travail superficiel et dans une moindre mesure en semis direct que dans le labour. Entre 2009 et 2010, la densité de ray-grass est multipliée par 2,4 dans la partie labourée, alors que le facteur multiplicatif est de l'ordre de 40 sans labour (39 en travail superficiel, 47 en semis direct). Ceci illustre bien l'intérêt du labour dans la gestion du ray-grass, en particulier en cas d'échec de désherbage. Cependant, la situation a pu être assainie en 5 ans sur tout l'essai, sans réintroduire de labour dans les modalités en semis direct et travail superficiel.

Figure 2 : Evolution de la densité de ray-grass depuis 2009.

Figure 2: Evolution of ryegrass density since 2009



#### Etat des lieux en 2016 sans désherbage :

Etant donné qu'il n'y avait pas de ray-grass avant récolte en 2015, il a été décidé de ne pas appliquer d'herbicide anti-graminée dans le blé 2016. L'objectif était d'extrémiser la situation pour évaluer si la propreté de l'essai reste dépendante des herbicides ou si le stock semencier a été suffisamment réduit. A la récolte du blé, les densités moyennes de ray-grass sont les suivantes :

- Travail superficiel : 0,3 plantes/m<sup>2</sup>
- Semis direct : 1,3 plantes/m<sup>2</sup>
- Labour : 7 plantes/m<sup>2</sup>

Le ray-grass est maîtrisé de manière satisfaisante en travail superficiel et semis direct. Par contre le labour présente des densités relativement élevées. Il est possible que le brassage du stock semencier sur un horizon important ait facilité la mise en dormance et la survie d'une proportion plus grande du stock semencier. Le dernier labour aurait ensuite remonté proche de la surface des graines encore viables.

#### **IMPACT ECONOMIQUE DE LA MISE EN ROTATION**

##### En travail superficiel

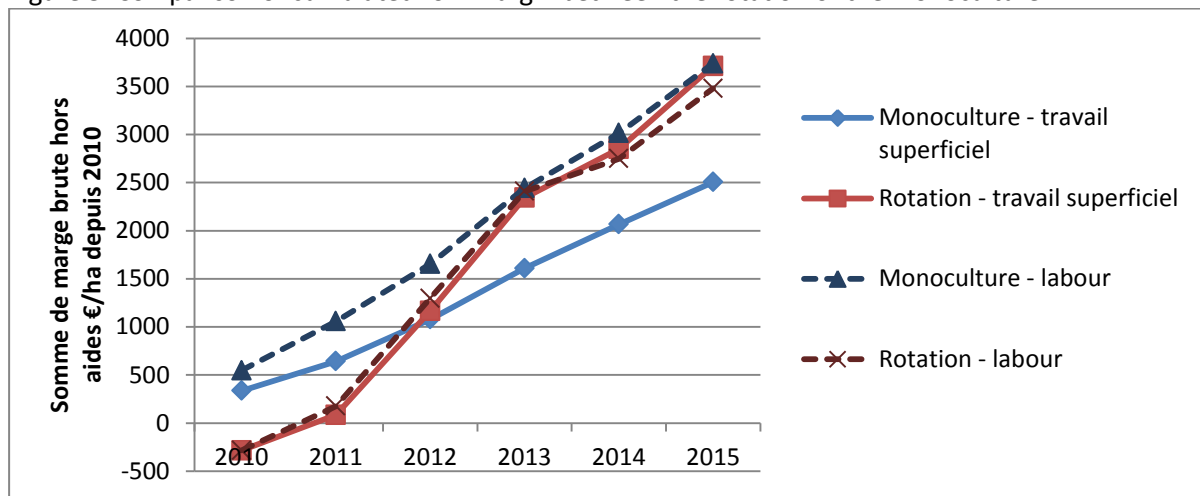
Dans notre situation, la première année de rotation, la marge brute dégagée est inférieure à celle permise par la monoculture (pas de blé récolte en 2010 dans l'essai mis en rotation). L'écart est faible en 2011 sur le pois (370 €/ha) par rapport au blé en monoculture (306 €/ha). Dès 2012, les hauts rendements obtenus en colza (43 q/ha) permettent à la marge brute cumulée depuis 2010 de la rotation de dépasser la marge brute cumulée de la monoculture, et ce malgré une année sans récolte en 2010 donnant lieu à une marge négative (-285€/ha). Sur 6 ans, la marge brute cumulée est ainsi bien meilleure pour la rotation diversifiée que pour la monoculture de blé (Figure 3). Ceci est principalement dû aux faibles rendements obtenus sur la monoculture de blé en travail du sol simplifié : les rendements estimés varient de 48,8 à 61,5 q/ha.

##### En labour

Conséquence directe d'un niveau d'infestation en ray gras bien plus faible, les rendements de la monoculture de blé labourée sont meilleurs que ceux en travail superficiel. Ainsi il faut plusieurs campagnes pour compenser la marge négative de 2010 et le passage à la succession diversifiée. L'équilibre est atteint suite au blé tendre d'hiver de 2013 mais les marges de la rotation ne dépassent pas celle de la monoculture (Figure 3).

Figure 3 : Comparaison du cumul de marge brute depuis 2010 entre la rotation mise en place (marge brute réelle) et la poursuite de la monoculture (marge brute estimée).

Figure 3: Comparison of cumulated row margin between the rotation or the monoculture.



## DISCUSSION

Cet essai illustre plusieurs fondamentaux de la gestion du ray-grass et de la résistance :

- La monoculture de blé, par le manque de diversité des modes d'action (application répétée d'herbicides sortie d'hiver inhibiteur de l'ALS), favorise le développement de population de ray-grass résistants (Busi *et al*, 2014; Vacher et Aliaga, 2015).
- La densité de ray-grass augmente d'autant plus vite qu'il n'y a pas de labour. Le rôle prépondérant du labour dans la gestion des graminées adventices a été mis en évidence dans plusieurs études françaises (Vacher et Aliaga, 2015; Aliaga *et al*, 2015) et internationales (Lutman *et al*, 2013; Turner, 2005; Walsh et Powles, 2004)
- La destruction d'une culture, la mise en place d'une succession diversifiée et la diversification des modes d'action « herbicide » ont permis de se défaire d'une situation critique.
- Il est intéressant de noter que dans cet exemple, il a été possible de gérer la situation sans nécessairement réintroduire le labour dans les modalités semis direct et travail superficiel. Six campagnes plus tard, la modalité labour est celle où il reste le plus de ray-grass, probablement car les semences se sont dégradées moins vite lorsqu'elles étaient enfouies et donc moins sollicitées.

Ici, la situation est extrémisée, avec d'une part une monoculture de blé puis ensuite une succession de pois de printemps, colza, blé, orge de printemps, maïs et blé. Il est donc difficile d'en déduire les résultats obtenus en partant d'une situation plus classique de type colza – blé – orge ou blé, des résultats similaires ont été obtenus dans des situations moins tranchées (Vacher et Aliaga, 2015; Walsh et Powles, 2004; Ball *et al*, 2007). Cet essai a le mérite d'illustrer l'importance d'introduire un maximum de rupture pour faire face à un problème important de graminées. Dans l'exemple présenté ici, la réussite est très probablement liée à l'association de deux éléments :

- La destruction de la récolte en 2010 qui a permis d'éviter toute grenaison et d'empêcher l'alimentation du stock semencier ;
- La succession de deux cultures dicotylédones (pois de printemps puis colza) qui a permis des périodes d'implantation bien distinctes et a offert des possibilités de désherbage nouvelles. Ainsi, le stock semencier a pu être sollicité tout en limitant fortement la production de nouvelles semences.

Ces deux éléments ont un coût, non négligeable, mais qui peut être raisonné comme un investissement pour revenir à une situation saine. Ici, étant donné les faibles rendements de la monoculture en travail superficiel (Labreuche et Deroulède, 2013), cet investissement a été vite « amorti » puisque que le manque à gagner de 2010 est compensé dès 2012 par la très bonne

réussite du colza. Avec une situation de départ moins défavorable, on peut supposer que le retour sur investissement sera plus long. C'est notamment le cas sur la modalité labourée. Cependant, il faut noter que les simulations réalisées ici s'appuient sur une hypothèse de stabilité des rendements dans le temps en monoculture. Or, avec plus de 1000 ray-grass/m<sup>2</sup>, il est peu probable que le rendement aurait pu être maintenu, en témoigne la baisse tendancielle de 3 q/ha/an observée dans la modalité travail superficiel de 2004 à 2009. Dans une monoculture à bout de souffle, l'introduction d'une succession culturale diversifiée couplée à une alternance des modes d'action employés s'est avéré être une combinaison efficace et économiquement supportable pour gérer l'infestation de ray-grass. Dans d'autres situations, la combinaison de leviers à mobiliser sera à adapter au contexte et aux contraintes, afin de créer une forte rupture dans le système de culture.

Enfin, on note que de 2008 à 2010, le développement du ray-grass est plus important en travail superficiel qu'en semis direct, malgré la réalisation de faux-semis. On peut donc se demander quelle a été l'efficacité de ces faux-semis : est-ce que le temps sec et les dormances ont limité les levées de ray-grass entre août et mi-octobre ? Ces faux semis auraient créé un lit de semence plus favorable à la levée du ray-grass, et ce d'autant que les semis n'ont peut-être pas été assez retardés.

## CONCLUSION

La monoculture de blé, l'absence de labour et l'utilisation répétée de substances actives de la famille des sulfonylurées ont conduit au développement d'une population de ray-grass résistants, particulièrement dense dans la modalité avec travail superficiel du sol et, dans une moindre mesure, en semis direct. Plusieurs facteurs ont été combinés afin de rétablir une situation saine: destruction des ray-grass avant grenaison en 2010, mise en place d'une succession diversifiée avec deux ans de rupture sans céréales à paille, et changement des modes d'action herbicides employés. Ceci a permis d'endiguer le problème en cinq campagnes, sans changer de technique de travail du sol et d'implantation des cultures. Économiquement, la destruction de la culture et la mise en rotation ont créé un fort manque à gagner en 2010, mais qui est rattrapé dès 2012 en travail superficiel et à partir de 2013 en labour.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les techniciens et le personnel d'ARVALIS Institut du végétal ayant participé à la conduite et au suivi de cet essai depuis sa mise en place. La présente étude était financée par le projet CoSAC (ANR-15-CE18-0007)

## BIBLIOGRAPHIE

- Aliaga C. et al, 2015. Pratiques culturales: Combiner les techniques pour maîtriser les adventices. *Perspect. Agric.*, 46-50.
- Ball B.C., Batey T., Munkholm L.J., 2007. Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. *Soil Use Manag.*, 23, 329-337.
- Busi R., Gaines T.A., Vila-Aiub M.M., Powles S.B., 2014. Inheritance of evolved resistance to a novel herbicide (pyroxasulfone). *Plant Sci.*, 217-218, 127-134.
- Labreuche J., Deroulède M., 2013. Essai travail du sol de Boigneville: Blé sur Blé: des rendements qui finissent par décrocher. *Perspect. Agric.*, Mai, 26-31.
- Lutman P.J.W., Moss S.R., Cook S., Welham S.J., 2013. A review of the effects of crop agronomy on the management of *Alopecurus myosuroides* D.-S. Kim, éd. *Weed Res.*, 53, 299-313.
- Turner W.B.R., 2005. A review of tillage and weed control. *Org. Weeds*. Consultable : <http://www.gardenorganic.org.uk/sites/www.gardenorganic.org.uk/files/tillage.pdf> [Consulté le 30 septembre 2016].
- Vacher C., Aliaga C., 2015. Effects of combination of different agronomic practices on weed in french cereals rotation. In : EWRS (Eds), *Weed management in changing environments*, 217. Montpellier.
- Walsh M., Powles S., 2004. Herbicide resistance: an imperative for smarter crop weed management. In *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia*, Consultable : [http://www.cropscience.org.au/icsc2004/pdf/1401\\_powles.pdf](http://www.cropscience.org.au/icsc2004/pdf/1401_powles.pdf) [Consulté le 22 février 2016].