



SYSTEME de CULTURE EXPE

à la recherche de systèmes très économes en phytosanitaires

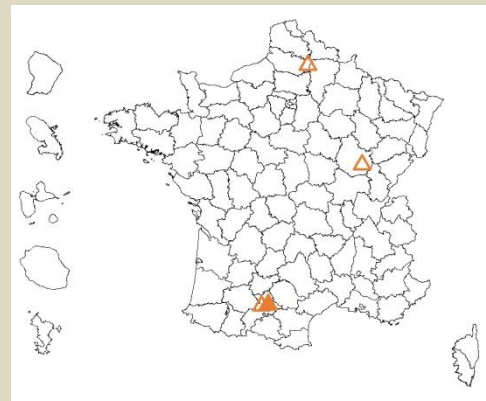
Projet : System-Eco-Puissance4 - Evaluation multicritère et modélisation quantitative de systèmes à faible usage de pesticides en réseau multi-sites

Site : INRA Toulouse-Auzeville

Localisation : 31326 CASTANET-TOLOSAN
(43.528283, 1.500181)

Système DEPHY : TBI-CI

Contact : Catherine Bonnet (catherine.bonnet@inra.fr)
Didier Raffailac (didier.raffailac@inra.fr)
Eric Justes (eric.justes@inra.fr; eric.justes@cirad.fr)



Localisation du système (▲)
(autres sites du projet △)

Production intégrée Très Bas Intrants avec couverts intermédiaires

Site : en station expérimentale

Durée de l'essai : 2010-2016

Conduite : très bas intrants

Dispositif expérimental : 18 parcelles de 3000m² chacune. 6 systèmes de culture expérimentés. Toutes les composantes des rotations sont présentes sans répétition spatiale.

Système de référence : rotation blé dur / tournesol conduite en parallèle sur le domaine expérimental

Type de sol : alluvions de bas coteaux hétérogènes pour partie argilo-calcaire avec horizon molassique entre 1 et 1.5 m

Origine du système

Dans le contexte pédoclimatique du Lauragais toulousain, la rotation « classique » est courte avec alternance de blé dur suivi d'un tournesol.

Pour réduire la dépendance aux intrants de synthèse, les leviers actionnés dans le système « Très bas intrants avec cultures intermédiaires multi-services (CIMS) » sont : l'**allongement** de la rotation, l'**utilisation de légumineuses** en culture principale et en CIMS, le **désherbage mécanique** (herse étrille, faux semis, herse rotative,...), le **décalage des dates de semis** et l'utilisation de **variétés multi-tolérantes** seules ou en mélange.

Cette rotation est issue des projets de recherche qui ont précédé sur le domaine expérimental abordant ces différents aspects (par exemple : Légumineuses à bas niveau d'intrants (LGBI) et MicMac-design (projet ANR)).

Objectif de réduction d'IFT

 **75 %**

Par rapport au système de référence
conduit sur le site

Mots clés

Allongement de la rotation –
Cultures intermédiaires multi-
services – Mélange variétal –
Désherbage mécanique

Stratégie globale

Efficience ★★☆☆☆
Substitution ★★★★★
Reconception ★★★★★

Efficience : amélioration de l'efficacité des traitements

Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif

Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires



Le mot du pilote de l'expérimentation

« Cette expérimentation a pour but de tester des systèmes de culture pour une production agroécologique où les intrants de synthèse sont fortement réduits, et utilisés en dernier recours pour sauvegarder la culture en cas de forte attaques de bio-agresseurs. Cette étude démontre que l'utilisation de différents moyens à effet partiel peut être efficace et permet de maintenir un bon niveau de rendement et de marge semi-nette. Il reste toutefois à améliorer certaines techniques pour qu'elles soient efficaces. C'est un apprentissage aussi pour l'INRA ! ». *Eric JUSTES*

Caractéristiques du système

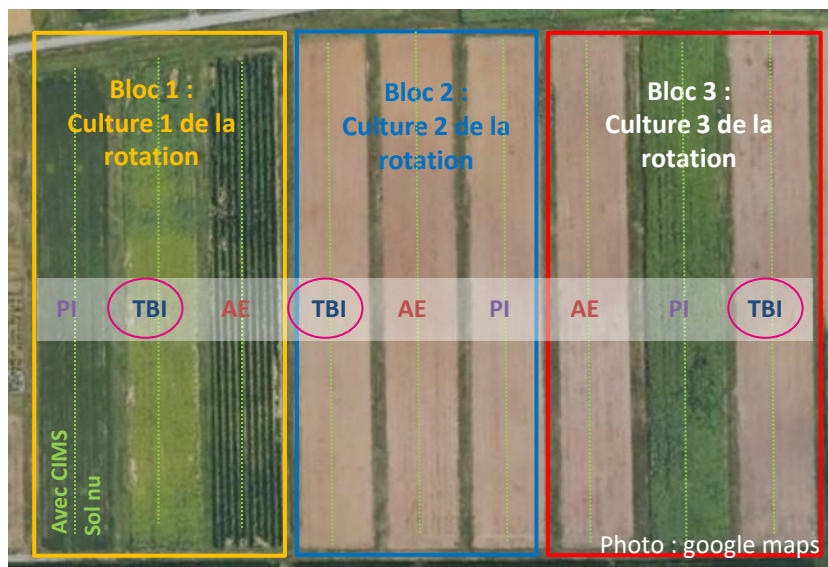
Rotation :

*CIMS : Cultures Intermédiaires Multi-Services



Travail du sol : labour profond (25-30 cm) entre fin novembre et mi-décembre avant l'implantation de la culture de tournesol au printemps et passage du cover-crop (plusieurs passage possible) avant le semis du blé dur et de la féverole.

Interculture : dans la région, malgré la réglementation, les cultures intermédiaires (CIMS) sont peu utilisées du fait des périodes estivales chaudes et sèches. Ici, les mélanges testés dans le dispositif sont : vesce/avoine avant le tournesol ; sorgho fourrager/moutarde avant la féverole et moutarde/vesce pourpre avant le blé dur.



Mode d'irrigation : système conduit sans irrigation.

Infrastructures agroécologiques : présence de bandes enherbées autour des parcelles expérimentales.

Photo du dispositif expérimental :

→ 3 blocs de 6 parcelles (6 SdC testés)

- **PI** : sorgho - () - tournesol - (trèfle d'Alexandrie) - blé dur - (vesce - avoine)
- **TBI** : tournesol - (sorgho fourrager/moutarde) - féverole d'hiver - (moutarde + vesce) - blé dur - (vesce + avoine)
- **AE** : tournesol/soja - () - triticales/féverole - (mout. + vesce) - blé dur/pois - (vesce + phacélie)

TBI : système de culture présenté dans cette fiche.

Objectifs de l'expérimentation « système »

Les objectifs poursuivis par ce système sont de quatre ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux	Socio-économiques
Rendement attendus - Tournesol : 30 q/ha - Féverole : 30 q/ha - Blé dur : 50 q/ha	Maîtrise des adventices Pas d'impact d'adventices sur les rendements ni sur la culture suivante	IFT - Tendre vers le 0 « phyto » pour toutes les familles de produit (75 % minimum de réduction de l'IFT total) - Traitements de semences tolérés	Marge semi-nette Objectif de 90 % de la rotation de référence, à l'échelle du système de culture.
Qualité Commercialisables pour toutes les cultures principales : taux de protéines (toutes) et teneur en huile (tournesol) + taux de mycotoxine (céréales)	Maîtrise des maladies Tolérance des maladies avec pas ou peu d'impact sur le rendement (faible nuisibilité sur quantité et qualité des graines)	Engrais azotés Réduction de de l'engrais azotés par l'implantation de CIMS avec légumineuses	Temps de travail Eviter de dégrader le temps de travail
	Maîtrise des ravageurs - Peu de problème de ravageurs sur blé et tournesol - Tolérance de ravageurs minimum sur féverole		

Tous les objectifs ont été déterminés préalablement à la conception du système. Les objectifs agronomiques et de maîtrise des bioagresseurs sont définis à l'échelle de la culture, comme objectifs intermédiaires et sont gérés par des règles de décision formalisées. Les objectifs socio-économiques et environnementaux sont définis sur l'ensemble du système de culture. Ils peuvent être regardés par culture également.

Résultats sur les campagnes de 2010 à 2016

> Maîtrise des bioagresseurs

	Tournesol			Féverole			Blé dur			Système de culture
2011										
2012										
2013										
2014										
2015										
2016										
Sur les 6 ans										

= satisfaisant ; = moyennement satisfaisant ; = non satisfaisant.

Le **tournesol** est une culture qui se comporte très bien dans le système de culture « très bas intrants ». Cependant c'est déjà, en culture conventionnelle, une culture **peu exigeante** en terme d'eau, produits phytosanitaires et engrais.

La culture du **blé dur** dépend fortement des **conditions météorologiques**. En effet, un hiver très pluvieux, des passages de désherbages mécaniques et chimiques non effectués, les adventices et les maladies se développent rapidement.

Enfin, la culture de la **féverole** nous semblait une culture « rustique » mais nous avons eu, pendant ces deux rotations, des problèmes récurrents de **maladies** nécessitant un ou deux fongicides pour réduire la nuisibilité.

> Performances

	Agronomique		Environnementales				Technico-économiques				
	Rendement q/ha		IFT totaux	IFT herbicides	IFT fongicides	Nombre de TS	Apports d'azote kg/ha	Charges opérationnelles * €/ha	Charges mécaniques totales* €/ha	Marge semi- nette** €/ha	Temps de travail*** h/ha
Tournesol	25,5 ± 9,1		1,8 ± 0,7	1,8 ± 0,7	0,0 ± 0,1	1,17 ± 0,4	36 ± 26	250 ± 47	182 ± 22	715 ± 427	8,0 ± 1,3
Blé dur	59,5 ± 9,5		2,7 ± 1,3	1,3 ± 0,9	1,4 ± 0,6	1,42 ± 1,0	186 ± 38	474 ± 101	172 ± 24	1022 ± 289	8,1 ± 2,0
Système de Référence			2,3 ± 1,0	1,6 ± 0,7	0,8 ± 0,9	1,30 ± 0,5	107 ± 81	366 ± 132	180 ± 19	850 ± 289	8,0 ± 1,2
Tournesol	34,8 ± 5,9		0,7 ± 0,9	0,7 ± 0,9	0	1,23 ± 0,4	26 ± 20	276 ± 58	283 ± 26	835 ± 360	12,8 ± 1,4
Féverole d'hiver	25,1 ± 12,4		1,5 ± 0,6	0,2 ± 0,3	1,4 ± 0,5	0,50 ± 0,5	0	190 ± 42	242 ± 38	344 ± 208	10,6 ± 1,7
Blé dur	58,0 ± 4,3		2,4 ± 1,8	1,6 ± 1,3	0,8 ± 0,8	0,95 ± 0,7	129 ± 16	459 ± 96	274 ± 41	838 ± 189	11,9 ± 1,9
Système TBI_CIMS			1,6 ± 1,3	0,8 ± 1,0	0,7 ± 0,8	0,90 ± 0,6	52 ± 59	308 ± 133	266 ± 38	672 ± 344	11,8 ± 1,9
Tournesol	😊 +36%	😊 -61%	😊 -61%	😊	😐 +6%	😊 -27%	😐 +10%	😞 +56%	😊 +17%	😞 +60%	
Féverole d'hiver	😞	😐	😊	😞	😊	😊	😊	😞	😞	😞	
Blé dur	😊 -3%	😐 -12%	😞 +23%	😊 -45%	😊 -33%	😊 -31%	😊 -3%	😞 +59%	😐 -18%	😞 +47%	
Système TBI_CIMS	😊	😐 -30%	😐 -50%	😐 -13%	😐 -31%	😊 -51%	😊 -16%	😞 48%	😐 -21%	😞 48%	

TS : traitement de semence

* hors carburant

** MSN = produit + primes - charges opérationnelles - charges mécaniques - carburant

*** hors et dans la parcelle

= satisfaisant ; = moyennement satisfaisant ; = non satisfaisant.

Moyenne (+/- écart-type) sur 6 années d'expérimentation par culture et à l'échelle du système pour le système de culture TBI_CIMS (en vert) et pour le système de référence du domaine expérimental (en jaune).

En bleu : comparaison des performances exprimée en % de la référence (calculées à partir des moyennes pluriannuelles) et niveau de satisfaction correspondant. N'ayant pas de féverole d'hiver sur le système de référence, seul le niveau de satisfaction à dire d'experts peut être présenté.

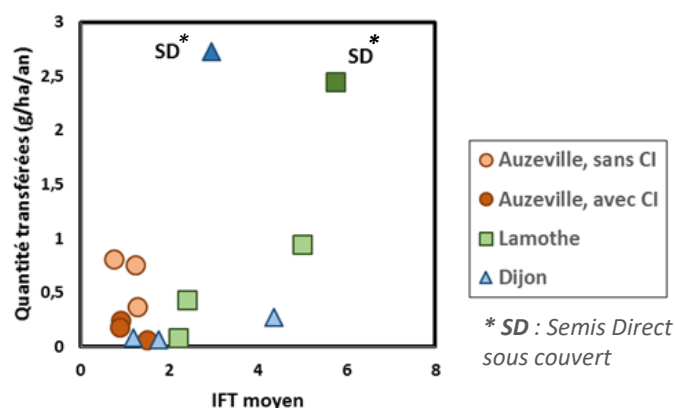


Zoom sur les transferts des pesticides dans les eaux de lixiviation...

Le projet **Eco-puissance4** aborde également la question des pesticides dans les eaux de lixiviation par des mesures en champ et par modélisation (voir focus thématique issu de la synthèse EXPE GC-PE).

Sur le site de Toulouse-Auzeville, les **CIMS** auraient une tendance à la **réduction des transferts**, avec l'hypothèse que l'évapotranspiration due aux couverts en interculture réduirait le drainage donc le transfert de pesticides (confirmant les résultats de Alletto et al., 2012).

Il est aussi possible que les résidus de CIMS favorisent la dégradation microbienne de certaines molécules phyto (cf. Cassigneul et al., accepté et en révision, STOTEN).



Alletto et al., 2012. Tillage and fallow period management effects on the fate of the herbicide isoxaflutole in an irrigated continuous-maize field. AEE 153, 40–49

Transfert vers les exploitants, pistes d'améliorations du système et perspectives



Les parcelles du site INRA de Toulouse-Auzeville, dont le système de culture TBI_CIMS, et également les autres systèmes expérimentés, sont toutes gérées avec des **outils agricoles classiques de large dimension** (travail du sol, désherbage mécanique, semis).

Toutes les interventions peuvent, potentiellement, être utilisées par les exploitants agricoles.



Cependant, dans le système TBI_CIMS, **les cultures n'ont pas toutes eu le même comportement** dans des situations de très bas niveau d'intrants. Pendant la durée du projet, le blé dur et le tournesol sont des cultures qui se sont bien comportées avec des objectifs de rendement très souvent atteints et une qualité commercialisable des produits. En ce qui concerne l'application de pesticides, le blé dur étant une culture d'hiver, la réduction de leur utilisation et les désherbages mécaniques n'ont pas toujours été possibles, mais la réduction de l'IFT-fongicide de 45 % a été possible en moyenne sur les 6 ans, sans conséquence sur la rentabilité. Pour le tournesol, le gros problème reste les oiseaux avec beaucoup de dégâts pendant la phase semis-levée et à maturité. Les autres bio-agresseurs ont été maîtrisés : c'est une culture agroécologique.

Dans le **pédoclimat du Lauragais**, la **féverole n'est pas une espèce bien adaptée aux conduites bas intrants en conditions pluviales**, contrairement aux avis d'experts ; elle produit un rendement très aléatoire car elle est très sensible aux maladies. Elle a donc été remplacée par une autre légumineuse (pois chiche) dans les nouveaux prototypes du dispositif mis en place pour la campagne 2017.



L'**implantation des cultures intermédiaires (CIMS)** restent à travailler dans des conditions estivales chaudes et sèches du Sud-Ouest, par un meilleur **choix d'espèces** et de **dates de semis** (avec une réactivité accrue par rapport aux prévisions de pluie pour favoriser la levée).

Leur **destruction tardive au printemps** n'est pas adaptée aux sols de la région d'Auzeville : sols argileux où la reprise du labour ne s'effectue pas dans de bonnes conditions. Malgré le passage d'outils, les lits de semence ne sont pas satisfaisants. Leur **destruction en novembre ou décembre** est toutefois une solution qui permet des bons compromis, entre production de services écosystémiques et bonne implantation de la culture de printemps suivante.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Catherine BONNET**, INRA – UMR AGIR

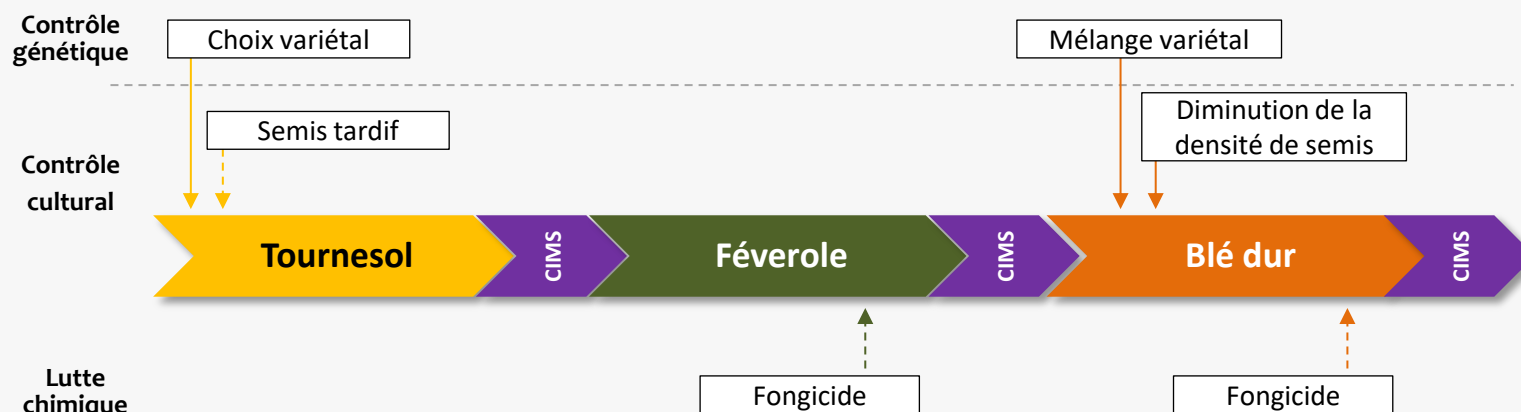


Stratégie de gestion des maladies



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des maladies.

Légende : → : Action systématique --> : Action non systématique



Maladies cibles :

Tournesol : phomopsis, phoma, verticillium
Féverole : anthracnose, rouille, botrytis
Blé : rouille brune, septoriose, fusariose

Objectifs :

- Faible nuisibilité des maladies
- Marge semi-nette du SdC innovant $\geq$ SdC de référence

Leviers

Principes d'action

Enseignements

Semis tardif	Si le sol est suffisamment réchauffé : semis tardif du tournesol pour qu'il se développe plus rapidement.	Peu d'impact sur le développement des maladies du tournesol.
Choix variétal	Variété de tournesol très peu sensible aux principales maladies du tournesol (phomopsis et verticillium).	Efficace, peu de développement des maladies.
Fongicide	Utiliser en dernier recours pour conserver un bon niveau de rendement quand l'année est favorable : fongicides contre anthracnose et rouille sur féverole ; fongicides contre septoriose et rouille sur blé dur.	Selon les conditions climatiques, ce levier a été utilisé surtout sur la culture de la féverole, plus sensible aux maladies que prévu par expertise.
Mélange variétal	Semis de 3 variétés de blé dur avec différentes tolérances pour diminuer les effets des maladies sur le rendement et la qualité des grains (moucheture).	Résultats moyennement satisfaisants : peu d'effets apparents sur la réduction des maladies ; le mélange de variétés pourrait être construit sur des bases différentes.
Diminution de la densité de semis	Augmenter l'espace entre les plantes et changer le microclimat du couvert, et ainsi créer des conditions moins favorables au développement des maladies	Résultats moyennement satisfaisants, peu visibles sur la réduction des maladies ; l'effet dépend probablement des conditions météo de l'année.

Blé dur en mélange variétal

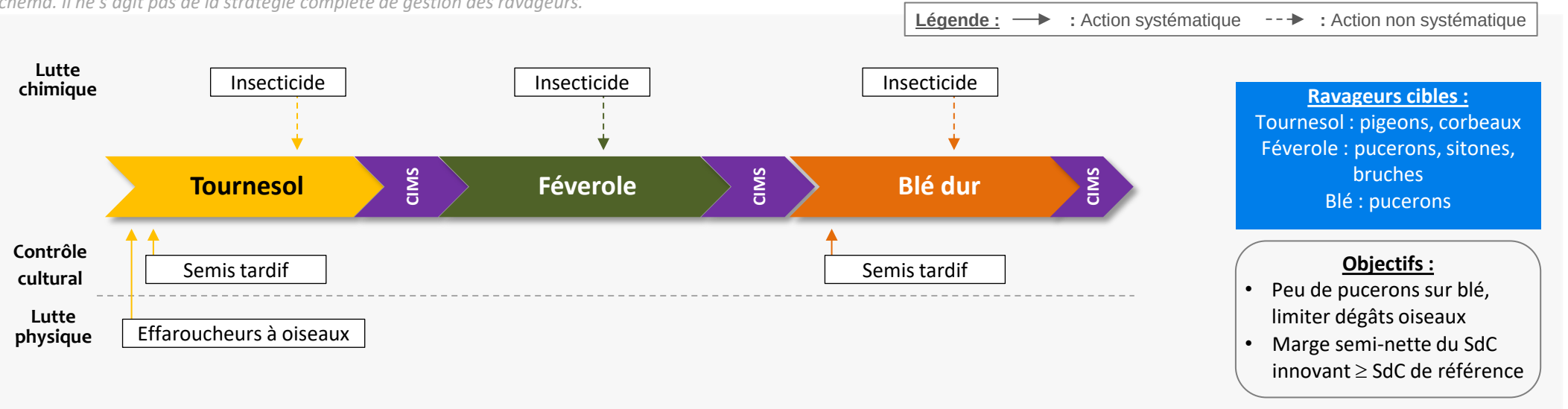


Photo INRA : G. Véricel

Stratégie de gestion des ravageurs



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs.



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Semis tardif	- Semis tardif du blé pour éviter les dommages des pucerons d'automne sur le blé dur. - Semis tardif du tournesol pour que le sol soit suffisamment réchauffé et permettre une levée rapide des semences et donc éviter les dégâts d'oiseaux.	- Très efficace. - Résultats satisfaisants avec des conditions météorologiques favorables et des populations d'oiseaux peu importantes.
Effaroucheurs à oiseaux	Utiliser divers effaroucheurs sonores et visuels afin de dissuader les oiseaux de venir sur les cultures.	Résultats très décevants. Les oiseaux s'habituent très vite aux effaroucheurs. Solution autre : faire appel à un fauconnier (prix élevé !).
Insecticide	Utilisé en dernier recours pour conserver un bon niveau de rendement selon les avertissements du BSV et les observations.	Très peu utilisé car peu de problèmes de ravageurs. Les éléments de lutte partielle cumulés semblent être efficaces dans nos conditions pédoclimatiques.

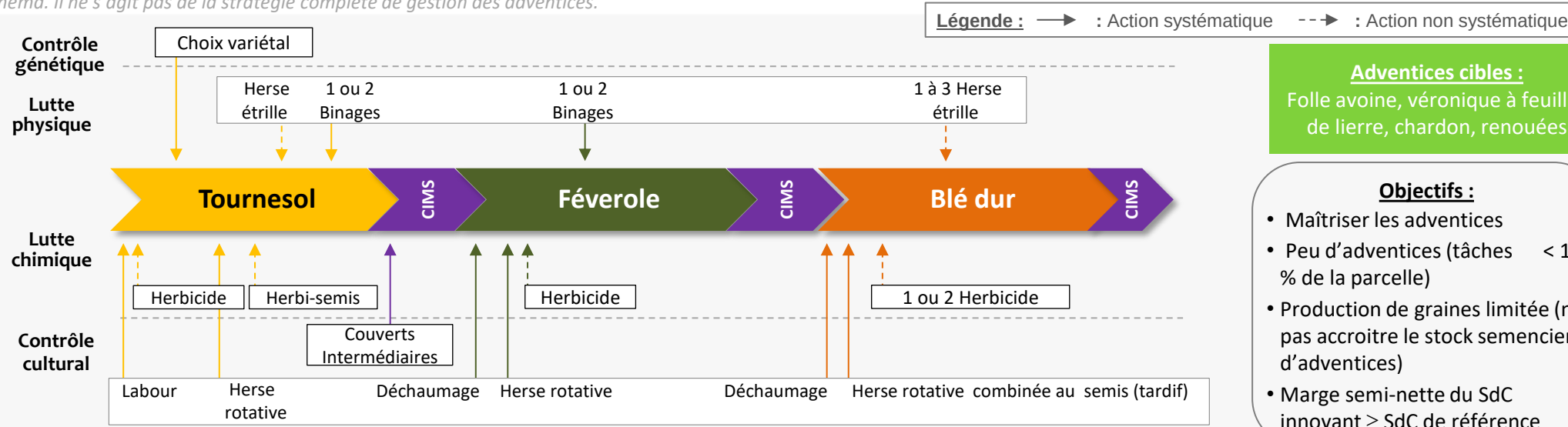
Effaroucheur utilisé au cours de l'expérimentation



Photo INRA : D. Raffaillac

Stratégie de gestion des adventices

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des adventices.



Leviers

Principes d'action

Enseignements

Lutte physique	Travailler le sol pour éliminer les repousses d'adventices avant grainaison.	Pour la féverole et le tournesol, très bon résultats car réalisables dans de bonnes conditions au printemps. Pour le blé dur, levier peu utilisé car peu de conditions favorables en hiver dans nos conditions (état optimal obtenu peu souvent).
Contrôle cultural (mécanique)	Enfouissement des graines d'adventices et limiter leur germination.	Charrue et herse rotative très efficaces.
Couverts Intermédiaires	Installation de CIMS pour concurrencer le développement des adventices.	Résultats moyennement satisfaisants. L'effet est variable selon les espèces et le développement des CIMS. Les CIMS doivent être « pensés » pour cet effet, or cela n'a pas été le cas ici.
Herbicide et Herbi-semis	- Utiliser en dernier recours pour conserver un bon niveau de rendement quand l'année est favorable. - Herbi-semis : utiliser au moment du semis pour limiter la concurrence.	Selon les conditions climatiques ce levier a été +/- utilisé, surtout sur la culture du blé dur : désherbage mécanique avec herse étrille peu souvent possible dans nos conditions. Combiné avec les binages, c'est une méthode efficace pour lutter contre les adventices.
Choix variétal	Variété de tournesol précoce.	Peu visible sur le développement des adventices.

Culture de féverole après binage



Photo INRA G. Mercet