



HAL
open science

Conditions de mise en oeuvre de l'agriculture de conservation dans les exploitations de grandes cultures du Sud-Ouest

Christian Longueval, Sylvain Hypolite, Mathieu Abella, Lionel Alletto, Marie-José Blazian, Sylvain Doublet, Gilles Eschenbrenner, Bernard Huntz, Véronique Lecomte, Alain Rodriguez

► To cite this version:

Christian Longueval, Sylvain Hypolite, Mathieu Abella, Lionel Alletto, Marie-José Blazian, et al.. Conditions de mise en oeuvre de l'agriculture de conservation dans les exploitations de grandes cultures du Sud-Ouest. Innovations Agronomiques, 2013, 30, pp.139-159. 10.17180/15qh-xz87 . hal-04659724

HAL Id: hal-04659724

<https://hal.inrae.fr/hal-04659724>

Submitted on 23 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Conditions de mise en œuvre de l'agriculture de conservation dans les exploitations de grandes cultures du Sud-Ouest

Longueval C.¹, Hypolite S.², Abella M.³, Alletto L.⁴, Blazian M.J.², Doublet S.⁵, Eschenbrenner G.⁶, Huntz B.⁷, Lecomte V.⁸, Rodriguez A.⁹

¹ Chambre régionale d'agriculture Midi-Pyrénées, BP 22107, 31321 Castanet-Tolosan cedex

² Agro d'Oc, Union des CETA d'OC, RN124, 32490 Monferran-Saves

³ Chambre d'agriculture du Gers, route de Mirande, BP 70161, 32003 Auch cedex

⁴ Ecole d'Ingénieurs de Purpan, 75 voie du TOEC, BP27608, 31076 Toulouse cedex 3

⁵ Solagro, 75 voie du TOEC, CS27608, 31076 Toulouse cedex 3

⁶ ARVALIS-Institut du végétal, station inter-instituts, 6 chemin de la côte vieille, 31450 Baziège

⁷ Chambre d'agriculture de la Haute-Garonne, 28 route d'Eaunes, BP214, 31605 Muret

⁸ CETIOM, station inter-instituts, 6 chemin de la côte vieille, 31450 Baziège

⁹ ACTA, station inter-instituts, 6 chemin de la côte vieille, 31450 Baziège

Correspondance : christian.longueval@mp.chambagri.fr

Résumé :

Le projet analyse la faisabilité de techniques très simplifiées d'implantation des grandes cultures (TTSI : du non-labour superficiel au semis direct) en s'appuyant sur l'expérience d'agriculteurs pionniers innovants. Les cultures du Sud-Ouest ont des comportements et des résultats différents vis à vis de la suppression du travail du sol. Si le semis direct donne de bons résultats sur céréales à paille, colza et soja, il est plus problématique pour le tournesol, le pois et le sorgho, cultures pour lesquelles un travail superficiel doit être maintenu. Pour le maïs, le semis direct est possible pour des objectifs de rendement de 100-110 q/ha. Le salissement est très lié à la densité de la culture et on n'a pas constaté de problèmes majeurs nécessitant le retour au retournement. Toutefois les TTSI utilisent un peu plus d'herbicides que le système conventionnel. La réduction ou la suppression du travail du sol nécessite la rotation des cultures et la mise en place de couverts pour faire de la fissuration racinaire et développer l'activité biologique du sol. Les résultats économiques des TTSI sont satisfaisants. Les investigations sur le sol ont quantifié l'augmentation des taux de matière organique en surface ainsi que l'intensité de l'activité biologique. Les consommations d'énergie et les émissions de GES ont été mesurées ou calculées et sont plus faibles que les références du conventionnel.

Mots clés : non-labour, semis direct, conservation des sols, stockage carbone, couverts.

Abstract: Conditions for implementation of conservation agriculture in holdings of annual crops in Southwest of France

The project explores the feasibility of very simplified techniques of arable crops sowing (TTSI: from the superficial till to direct sowing) by relying on the experience of innovative pioneer farmers. Crops in southwest of France have contrasting behaviors and results in response to the reduction of soil management. If direct sowing gives good results on cereals, rapeseed and soybeans, it is less successful for sunflower, peas and sorghum, crops where a tillage must be maintained. For corn, direct seeding is possible to achieve a grain yield of 100-110 q/ha. Weed density is closely related to crop density and no major problem requiring the return to ploughing was met. However TTSI uses more herbicide than the conventional tillage system. The reduction or removal of soil tillage requires crop rotations and implementation of intercrops able to ensure soil cracking in depth and to support soil biological activity. The TTSI economic results are satisfactory. Investigations have documented increase in organic matter of topsoil and intensity of the biological activity. Energy consumption and GHG emissions have been

measured or calculated and are lower than values for the conventional tillage system.

Keywords: no-tillage, direct sowing, soil conservation, carbon storage, covered

Introduction

Contexte

L'abandon du labour pour l'implantation des grandes cultures présente un certain nombre d'atouts pour l'agriculteur (gain de temps, réduction de la consommation de fioul, préservation et amélioration du potentiel agronomique des sols, ...) et a également des avantages environnementaux (économie d'énergie et réduction des GES, stockage de carbone, limitation de l'érosion des sols et de la pollution des eaux, biodiversité des sols...). Ces avantages sont d'autant plus nets que le travail du sol est réduit et que ces techniques sont adoptées de façon permanente sur les parcelles. Les techniques très simplifiées d'implantation (TTSI) se définissent par une profondeur de passage des outils comprise entre 0 (Semis direct) et 15 cm (non-labour superficiel). Ces techniques très simplifiées peuvent contribuer à l'adaptation des systèmes de grandes cultures pour préserver le potentiel agronomique des sols et réduire leur impact sur l'environnement.

Les techniques très simplifiées d'implantation sont très peu développées aujourd'hui, en particulier sur les cultures d'été et donc de manière continue sur la parcelle. Les agriculteurs s'interrogent sur leur faisabilité et sur les conditions de maîtrise du rendement, de la qualité et des résultats économiques.

Objectifs du projet

L'objectif général du projet est de définir les conditions de développement de techniques très simplifiées d'implantation dans le contexte pédoclimatique et de structures d'exploitation du Sud-Ouest, soit concrètement de répondre à la question, jusqu'où est-il possible d'aller dans la simplification du travail du sol sans compromettre les résultats de production (rendement, qualité) et les résultats économiques.

Plus précisément, on identifie trois objectifs qui constituent les actions du projet :

- **Analyser la faisabilité de la mise en œuvre de ces techniques très simplifiées** (du non-labour superficiel au semis direct, avec ou sans couverts végétaux) à partir de l'expérience d'agriculteurs pionniers engagés dans ces démarches depuis au moins 10 ans. A cette fin, 18 exploitations agricoles du Sud-Ouest ont été suivies pendant 3 ans (Action 1).

- **Apporter des éléments de réponse aux questions posées par leur mise en œuvre et tester des techniques innovantes** par des travaux d'expérimentation (Action 2) et de recherche (Action 3). Cinq thèmes ont été explorés :

- la mise au point d'itinéraires techniques de semis direct sous couvert végétal,
- la simplification du travail du sol en maïs irrigué en sol limoneux,
- la recherche de solutions alternatives réduisant l'emploi d'herbicides, notamment lors de la destruction des couverts d'interculture,
- les transferts de produits phytosanitaires par ruissellement et érosion en labour et non-labour,
- le devenir d'une molécule herbicide en non-labour (Action 3).

- **Définir les conditions de leur développement et de leur diffusion auprès des agriculteurs et agents de développement** : élaboration de fiches-témoignage globalisant l'expérience et les résultats des agriculteurs du réseau, synthèse des résultats des actions, élaboration d'une plaquette de synthèse et organisation d'un colloque de restitution (Action 4).

Partenaires

La Chambre régionale d'agriculture de Midi-Pyrénées est pilote du projet ; treize partenaires institutionnels ont contribué à sa réalisation ; cinq chambres départementales (Ariège, Aude, Haute-Garonne, Gers et Tarn), trois instituts techniques (ACTA, Arvalis et CETIOM), la coopérative Agrod'Oc, la Fédération départementale des CUMA du Gers, l'Association des agriculteurs d'Auradé, l'association SOLAGRO, l'école d'ingénieurs de Purpan.

Par ailleurs, le projet s'appuie sur trente agriculteurs-pionniers (18 dans l'action 1 et 12 dans l'action 2), engagés dans la démarche de simplification depuis au moins 10 ans, dont une partie adhère à l'Association occitane de conservation des sols (AOC sols). Leur contribution a été déterminante dans la réussite du projet.

1. Démarche (méthodes et outils)

1.1. L'action 1

L'action 1, la plus structurante du projet, est une action de diagnostic de l'expérience, des pratiques et des résultats des 18 agriculteurs pionniers qui ont donc été suivis sur trois campagnes.

La démarche générale de l'action 1 a été la suivante :

1.1.1 Choix des agriculteurs (constitution du réseau)

Des critères de choix ont été définis et chaque partenaire a eu à chercher 1 à 3 agriculteurs volontaires sur son territoire d'intervention. Les propositions ont été validées en comité technique.

1.1.2 Réalisation d'un diagnostic exploitation à la fois qualitatif et quantitatif.

Les objectifs de ce diagnostic étaient 1) de recueillir par un entretien qualitatif l'expérience de l'agriculteur : historique de la démarche de simplification, problèmes actuels, perception des avantages et des limites du non-labour, perspectives d'évolution...2) de collecter une série de données au niveau de l'exploitation : données descriptives générales (caractéristiques de l'exploitation : SAU, assolement, rotation, milieu pédoclimatique...), données descriptives détaillées (parc matériel, itinéraires techniques habituels, charges de mécanisation, résultats techniques et économiques de la campagne précédente ...).

Méthodes de travail utilisées : un guide d'entretien ainsi qu'un document cadre de recueil des informations ont été réalisés en commun par les partenaires sur la base d'un document élaboré et utilisé par un des partenaires. Chaque partenaire a fait ce diagnostic sur les exploitations dont il a la charge. Une synthèse des entretiens qualitatifs ainsi qu'une synthèse des données chiffrées ont été réalisés.

1.1.3 Choix des parcelles de suivi :

L'objectif est de suivre chaque année l'ensemble des cultures de la rotation, soit 2 à 6 parcelles par exploitation. Le choix des parcelles a été réalisé sur des critères de représentativité de sol (au niveau de l'exploitation et régionale) et d'homogénéité intraparcellaire. Ce choix s'est fait au cours d'une visite d'exploitation par échanges avec l'agriculteur et par des sondages à la tarière.

1.1.4 Caractérisation des sols de ces parcelles :

La caractérisation des sols a fait l'objet d'un travail de terrain important dont le protocole a consisté dans le creusement d'un profil cultural et sa description qualitative, dans la réalisation de comptages et de mesures in situ (comptages de galeries de vers et mesures de densité apparente) et dans le prélèvement d'échantillons de terre autour du profil pour des analyses physico-chimiques classiques et des analyses de biomasse microbienne. Pour les analyses physico-chimiques, le prélèvement a été réalisé sur 3 tranches standardisées de profondeur 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm. L'objectif était de

quantifier les gradients de teneur obtenus dans la couche 0-30 cm après plusieurs années de non retournement. Pour les analyses de biomasse microbienne, on a prélevé deux échantillons par site : 0-5 cm et 5-10 cm. Les analyses physico-chimiques ont été réalisées par le laboratoire agronomique de la Chambre d'agriculture de l'Aude, les analyses de biomasse microbienne par le laboratoire CELESTA à Montpellier. Les investigations de terrain sur les sols ont été réalisées par la Chambre régionale avec l'aide de deux stagiaires élèves-ingénieurs au printemps 2009 et au printemps 2010. Sur deux ans, plus de 60 parcelles ont été caractérisées.

1.1.5 Suivi parcelle-culture pendant trois campagnes

Ce suivi comprend deux types d'investigations :

- Un suivi agronomique pluriannuel qui a porté sur l'implantation des cultures (et les pertes à la levée), le salissement par les mauvaises herbes, les ravageurs (notamment limaces sur colza et tournesol...), les maladies (notamment fusarioses.....), l'état sanitaire (mycotoxines) et enfin sur les résultats de rendement.
- Un enregistrement précis des interventions sur la parcelle de manière à pouvoir calculer des temps de travaux, des coûts de production, de renseigner des indicateurs tels que quantités de produits phytosanitaires utilisées, consommations de fuel et d'énergie et émissions de GES, etc...

Méthodes de travail : un protocole de suivi agronomique et un document d'enregistrement a été élaboré collectivement par l'ensemble des partenaires et a été amendé en cours de projet.

Le traitement des données économiques a été réalisé avec l'outil Compéti-LIS® (Arvalis). Les pratiques phytosanitaires ont été caractérisées par le calcul des IFT en utilisant le catalogue e-phy. Les consommations d'énergie et les émissions GES ont été calculées avec les logiciels Planète et Planète GES adaptés à la parcelle.

Chaque partenaire, responsable du suivi de 1 à 3 exploitations, remplit ce document pour chaque campagne et le transmet aux personnes chargées du traitement des données et de leur synthèse. Des prélèvements et analyses ont été réalisés sur les grains : PMG, analyses mycotoxines, teneurs en huile...

1.2. L'action 2 « expérimentation »

L'action 2 comprend quatre volets. Si l'action 1 est l'analyse et l'évaluation de l'expérience et des pratiques d'agriculteurs très engagés dans la démarche de simplification, l'action 2 est constituée d'expérimentation parcellaire : il s'agit soit de tester des techniques innovantes qui vont au delà des pratiques actuelles (volet 1, mise au point de techniques de semis direct sous couvert), soit de répondre à des questions posées par la mise en place de la simplification : comment se situent les performances du maïs en semis direct par rapport à différents niveaux de réduction de travail du sol sur un même site (volet 2), comment réduire l'utilisation des herbicides dans un système avec couverts (volet 3) et enfin, d'un point de vue environnemental, le non-labour permet-il de réduire les transferts vers les eaux des fertilisants et des produits phytosanitaires (volet 4).

Deux types de dispositifs ont été mis en oeuvre : des tests en réseau de parcelles chez une douzaine d'agriculteurs (volets 1 et 3) et des sites expérimentaux pluriannuels (volet 2 et 4). Les protocoles des volets 1, 2 et 3 ont été élaborés en groupe de travail. Sur le site instrumenté d'Auradé (volet 4), l'objectif a été de comparer ruissellement, érosion et transferts d'intrants (produits phytosanitaires et fertilisants) vers les eaux de surface sur deux modalités de travail du sol, labour et non-labour (NL), différenciées depuis 1997 avec une même succession tournesol-blé. Un dispositif mobile (tôles enfoncées dans le sol) permet de collecter et de mesurer les quantités d'eau ruisselées (2 répétitions).

1.3. L'action 3 « recherche » : le comportement des herbicides en techniques de conservation des sols : exemple du Smétolachlore.

Il s'agit de caractériser les propriétés d'adsorption et de minéralisation du Smétolachlore (SMOC) sur des échantillons de sols de parcelles conduites selon différents niveaux de simplification. La démarche comprend les phases suivantes :

- Collecte des échantillons sur les parcelles du réseau à deux profondeurs,
- Préparation des échantillons pour les mesures en laboratoire,
- Mesure de l'adsorption du SMOC en batch (Kd et Koc),
- Mesure de la minéralisation (incubations à pF 2,5 soit à la capacité au champ et 25°C dans l'obscurité durant 113 jours.),
- Analyse statistique des résultats.

2. Résultats

2.1 Synthèse de l'expérience des agriculteurs

Le tableau 1 caractérise les 18 exploitations du réseau constitué, avec une entrée mode d'implantation des cultures d'été, montrant différents niveaux de simplification (SD : semis direct ; NLts : non-labour très superficiel 5 cm ; NLs : non labour superficiel 5-15 cm ; NLP : non-labour profond +de 15 cm)

Implantation des cultures d'été	Nombre d'exploitations	Pratique des couverts	Durée rotation		Irrigation		Systèmes d'exploitation
			Longue (≥ 6 ans)	Courte (2 ans)	Oui	Non	
SD ou NLts	7 (2 avec NLP très occasionnel)	5	5	1	2	5	GC sec : 5 GC irrig + arbo : 1 BL+GC irrig : 1
Strip-till ou SD	4 (5 en 2011)	4	0	1	3	1	BL+GC irrig : 1 GC sec + semences : 1 GC irrig : 2
NLs	7 (4 avec NLP occasionnel)	5	0	3	3	4	GC irrig : 3 GC sec : 2 GC sec + semences : 1 GC sec + arbo : 1
Total	18	14	5	5	8	10	GC sec : 10 GC irrig : 6 BL+GC irrig : 2

GC : grandes cultures ; BL : bovins lait

Tableau 1 : Caractéristiques des exploitations du réseau TTSl

2.1.1 Historique du passage au non-labour

Tous les agriculteurs du réseau ont abandonné le labour sur l'ensemble de l'exploitation depuis au moins 10 ans. Cette transition a été progressive pour la majeure partie d'entre eux (16/18) :

- Etape 1 : test du non-labour sur quelques parcelles,
- Etape 2 : arrêt complet du labour sur toute l'exploitation,
- Etape 3 : test du NLts et du SD sur céréales à paille et remontée progressive de la profondeur de travail sur les autres cultures (maintien du NLP sur les cultures de pois, tournesol et maïs),
- Etape 4 : généralisation de l'étape 3.

13 agriculteurs sont allés plus loin que cette étape 4 : NLp très occasionnel seulement avant tournesol (2), abandon total du NLp (2), passage au strip-till pour les cultures en ligne (4), ou encore SD sur toutes les cultures (4). Un agriculteur en SD sur toutes cultures est revenu à du NLs. Enfin, 2 agriculteurs ont eu un parcours de rupture : abandon du labour et passage immédiat au SD.

2.1.2 Motivations du passage au non-labour

Les motivations évoquées pour le passage au non-labour sont le gain de temps (80 %), la volonté d'enrayer la dégradation des sols (56%), des raisons économiques (50%) et enfin le « retour à plus d'agronomie » (25%).

2.1.3 Allongement des rotations

Une partie de ces agriculteurs ont allongé leur rotation en sec (Tableau 1). Leurs motivations sont de réduire la pression des maladies et des ravageurs, de mieux gérer le salissement (et en particulier les résistances aux anti-graminées), de répartir les risques économiques et d'étaler le travail dans le temps. En irrigué, les rotations sont courtes (2 ans) ou moyennes (3 à 4 ans), dominées par le maïs. Deux éleveurs incluent la luzerne et les prairies temporaires dans leurs rotations.

2.1.4 Motivations pour les couverts végétaux

14 agriculteurs sur les 18 sèment des couverts végétaux en interculture ; leurs motivations sont d'améliorer la fertilité des sols (physique, chimique et biologique) (77%), de protéger la structure du sol et réduire l'érosion, de recycler et capter des nutriments, et enfin d'apporter de l'azote dans le système. Certains les déclarent indispensables pour compenser l'absence de travail du sol. Ceux qui n'en font pas évoquent des contraintes dans l'organisation du travail, des conditions trop sèches en fin d'été pour assurer la levée et leur coût.

2.1.5 Le matériel

En termes d'utilisation de semoirs, deux stratégies ont été adoptées :

- Une stratégie à 2 semoirs (13 agriculteurs) : un semoir volumétrique pour les cultures d'hiver et les couverts, un semoir monograine pour les cultures d'été ; ces semoirs sont parfois en CUMA
- Une stratégie à un seul semoir SD pour toutes les cultures (5 agriculteurs) : il s'agit alors de semoirs volumétriques à disques en propriété.

En termes de matériel, la charrue a disparu et deux stratégies d'équipement ont été adoptées :

- Conservation du parc matériel de préparation et d'un outil de travail profond pour l'implantation du tournesol (volonté de ne pas s'endetter avec du matériel spécifique souvent cher)
- Disparition des outils classiques et adaptation progressive du parc matériel à une chaîne de travail du sol spécifique (décompacteur, herse peigne, strip-till, rouleau face). Dans ce cas la CUMA facilite l'accès à du matériel innovant et performant.

La plupart des agriculteurs ont réalisé des adaptations ou des modifications sur leur matériel. Certains ont réalisé de l'auto-construction. L'expérience de chaque agriculteur du réseau a été transcrite sur des fiches-témoignages individuelles avec une présentation harmonisée ; elles sont disponibles sur le site de la Chambre régionale d'agriculture.

2.2 Résultats agronomiques du réseau de parcelles sur les 3 campagnes

La question récurrente face à l'adoption de techniques très simplifiées d'implantation et du semis direct concerne le niveau de rendement par rapport aux techniques conventionnelles. Les questions

agronomiques qui en découlent sont : 1) ces techniques permettent-elles de mettre en place un peuplement suffisant non limitant du rendement ? 2) le salissement est-il gérable ? 3) le travail du sol réduit ou le semis direct ne limitent-ils pas l'enracinement et donc l'expression du potentiel de production du sol ?

Les résultats présentés ci-après sont issus d'un suivi agronomique mené pendant 3 ans chez 18 agriculteurs sur une soixantaine de parcelles chaque année, soit au total 167 suivis sur 10 cultures (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition des parcelles suivies selon le mode d'implantation et les cultures (2009-2011)

	TO	BD	BT	MA	SG	CO	SJ	PO	FV	OH	TOTAL
SD	8	14	16	5	12	6	6	9	3	3	82
NLts	5	9	4		2	5	2				27
ST	1			7	1		2				11
NLs	12	3	2	3	1	2	4	2	1		30
NLp	8			5		2		2			17
TOTAL	34	26	22	20	16	15	14	13	4	3	167

TO : tournesol ; BD : blé dur ; BT : blé tendre ; MA : maïs ; SG : sorgho ; CO : colza ; SJ : soja ; PO : pois ; FV : féverole ; OH : orge d'hiver

2.2.1 Concernant les rendements et la qualité

Les rendements obtenus sur les 167 parcelles suivies sont en moyenne (Figure 1) :

- au moins équivalents aux rendements moyens régionaux pour les blés, le colza, le soja irrigué et le maïs irrigué,
- plutôt inférieurs aux rendements moyens régionaux pour le tournesol, le pois et le sorgho.

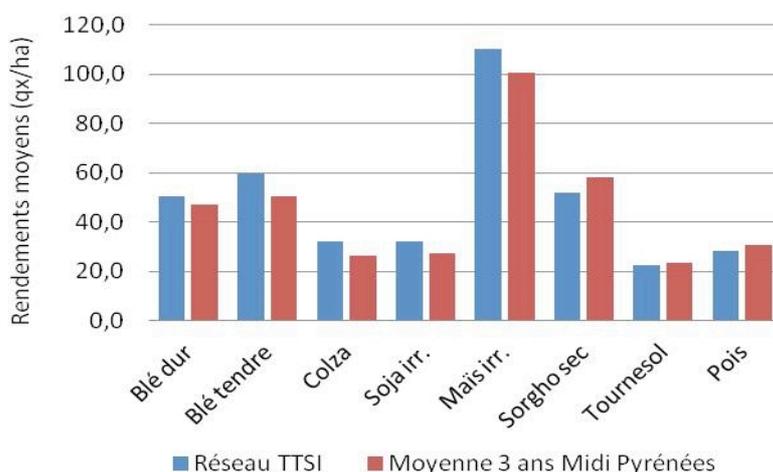


Figure 1 : Rendements moyens par culture (2009-2011)

Si on analyse plus particulièrement les rendements obtenus en SD par rapport aux autres modes simplifiés d'implantation, on constate qu'ils sont au moins égaux aux rendements de la modalité NLs sauf pour le tournesol et le pois, cultures qui accusent une baisse en SD. Pour le maïs et le colza, on met en évidence un meilleur rendement en NLp qu'avec les autres modalités mais l'échantillon est réduit et ce résultat est influencé par les bonnes performances d'un agriculteur.

Concernant la qualité des productions, on note des dépassements de seuils de mycotoxines dans 3 cas sur 42 pour les blés et dans 11 cas sur 29 pour le maïs. On n'établit pas de lien global avec la technique de semis. Concernant le tournesol, on note que les peuplements faibles (<ou= 40000 pieds/ha) s'accompagnent souvent d'une teneur en huile inférieure à la norme commerciale.

2.2.2 Concernant l'implantation

D'une façon générale, les taux de levée et les peuplements obtenus sont plus faibles qu'en techniques conventionnelles, en particulier sur tournesol, pois, sorgho (mais aussi pour soja et colza), et en particulier derrière céréales à paille. C'est un facteur limitant majeur du rendement pour le tournesol qui n'a aucune capacité de compensation des peuplements faibles alors que les autres espèces peuvent compenser par tallage (céréales à pailles, sorgho) ou ramification (colza, soja, pois).

Concernant le tournesol, dans 50% des cas, le peuplement obtenu est inférieur à 50000 pieds/ha, ce qui est considéré par le CETIOM comme le seuil en dessous duquel le rendement et la qualité sont affectés. C'est assurément l'espèce la plus difficile à réussir en SD (avec le pois). Pour améliorer la levée du tournesol, une piste explorée par un agriculteur du réseau est de lui trouver un autre précédent que la céréale à paille (sorgho...).

Le peuplement s'avère aussi un facteur limitant du rendement pour le pois et le sorgho (majoritairement implantées en SD) car les capacités de compensation de ces deux espèces sont limitées. A l'inverse, le colza et le soja, malgré des taux de levée faibles, donnent de bons résultats de rendement en SD-NLts. Les céréales à paille implantées en SD ont des peuplements non limitants du rendement et équivalents à ceux des techniques traditionnelles. Le maïs présente des bons taux de levée, proche du conventionnel, même en SD.

Les pertes à la levée ont pour origines, soit le mauvais positionnement de la graine, soit des attaques de ravageurs. Le mauvais positionnement de la graine résulte de 1) un mauvais enfouissement lié à des amas de résidus de récolte (après pailles), d'adventices ou de couverts 2) une fermeture insuffisante de la ligne de semis 3) une trop grande irrégularité de profondeur du semis.

Concernant la gestion des pailles du précédent, les préconisations en SD-NLts ou NLs sont 1) de réduire les quantités de paille à terre en faisant une coupe haute (30 cm) en SD-NLts (moins en Nls) 2) d'avoir une moissonneuse-batteuse équipée obligatoirement d'un broyeur et d'un répartiteur de pailles et menues-pailles 3) d'ajouter un ou plusieurs passages de herse peigne pour répartir et «user» les pailles en SD-NLts.

Pour assurer la fermeture de la ligne de semis, il est nécessaire d'avoir un minimum de terre fine : passage d'outils au préalable, adaptations sur le semoir et intervention en conditions ressuyées. Pour le tournesol, un travail du sol superficiel est indispensable : en fin d'été ou à l'automne en sol argileux, avant le semis en sol limoneux.

Pour assurer la régularité de profondeur, il est essentiel de bien contrôler la capacité de pénétration des semoirs de SD, le contrôle du système de terrage, l'état d'humidité et le nivellement du sol. Les problèmes les plus fréquents sont dus à des sols trop secs, dans lesquels la pénétration des éléments semeurs peut s'avérer très délicate, soit au contraire à des sols trop humides, défavorables à la fermeture du sillon.

Concernant les attaques de ravageurs et en particulier des limaces : le maintien des résidus de récolte en surface et l'absence de travail du sol favorisent les populations de limaces en particulier les noires. Un travail du sol superficiel aide à réduire les populations (mortalité des œufs, moins de résidus en surface). Pour certaines cultures comme le tournesol et le colza, il est préconisé l'apport systématique d'un anti-limaces au semis même en printemps sec puis une surveillance pour décider d'un apport complémentaire avant la sortie du stade de sensibilité. Pour les autres espèces, il s'agira d'un traitement à vue.

2.2.3 Concernant le salissement

La flore adventice observée dans les parcelles du réseau varie très sensiblement de celle rencontrée classiquement dans le Sud-Ouest. L'absence de labour peut favoriser les graminées, les espèces bisannuelles (certaines ombellifères et composées), et surtout les pluriannuelles (rumex, mauves...) et vivaces (liserons, chardons, chiendents, ronces...) Les vivaces n'ont pas été observées dans le réseau (probablement bien maîtrisées par des applications régulières de glyphosate en interculture). Le tableau 3 présente les résultats des observations de salissement traduites en classes de qualité du désherbage.

Cultures	Nombre parcelles	satisfaisant	acceptable	insuffisant	préjudiciable	% ins. + préj. / total
Blés	45	36	5	4	0	9%
Colza	15	12	0	3	0	20%
Mais	18	10	3	5	0	28%
Soja	13	7	2	2	2	31%
Tournesol	29	12	3	9	5	48%
Sorgho	14	5	2	5	2	50%
Pois-Féverole	16	4	2	3	7	63%

Tableau 3 : Classes de qualité de désherbage sur 150 parcelles du réseau (2009-2011).

Dans les cultures hivernales de céréales à paille et de colza, il n'y a pas de problème particulier de maîtrise du salissement. Cependant, le ray-grass d'Italie est très présent ainsi que les bromes (brome stérile en grande majorité). Les problèmes rencontrés se situent dans les pois et féverole (63% de cas de désherbage insuffisant ou préjudiciable) et sont souvent liés à un peuplement trop faible de la culture. D'une façon générale, le pois est considéré comme une culture salissante dans la rotation.

Dans les cultures de printemps nous observons une forte pression des graminées estivales. Les vivaces sont présentes mais bien maîtrisées dans l'interculture.

Les deux cultures les plus délicates à conduire sont le sorgho et le tournesol. Ces deux cultures présentent des levées souvent irrégulières et insuffisantes qui laissent la place au développement des adventices. De plus, le sorgho souffre d'un démarrage lent qui l'expose plus fortement au salissement. Enfin, la présence abondante de résidus végétaux en surface pénalise l'action des herbicides de post-semis-prélevée (herbicide à pénétration racinaire). En maïs, l'enherbement est globalement bien maîtrisé, l'outil herbicide disponible en prélevée étant très efficace et les possibilités de rattrapage en post-levée nombreuses. En soja, seules 2 parcelles sur 13 présentent de forts problèmes d'enherbement liés à un programme de désherbage mal positionné ou inadéquat.

Le glyphosate reste un outil incontournable de ces techniques. Il est présent de façon quasi-systématique en interculture longue avant cultures de printemps dans la destruction des couverts, la maîtrise du verdissement, le contrôle régulier des vivaces, l'application au semis avant la levée... Il faudra être vigilant quant à son usage et le développement de populations résistantes.

Concernant la rotation, on n'observe pas d'effet de sa durée sur la qualité du désherbage, néanmoins les agriculteurs de ce réseau en rotation longue (≥ 6 ans) utilisent moins d'herbicides que les autres.

Il paraît donc essentiel d'utiliser les trois piliers de la gestion agronomique de la flore adventice :

- une bonne gestion de l'interculture avec pour objectif un appauvrissement du stock semencier de surface et l'absence de mauvaises herbes le jour du semis : pratique des faux semis (travail très superficiel et roulage si nécessaire) et utilisation d'herbicide non sélectif ou destruction mécanique quand elle est possible.

- l'utilisation des herbicides les plus performants vis à vis des adventices présentes, pour l'ensemble des cultures de la rotation. Cependant, la présence de mulch souvent important en SD, réduit l'efficacité des

herbicides à action racinaire et pousse à privilégier les herbicides de post-levée à action foliaire. Mais ces derniers sont à l'origine du développement de populations de graminées résistantes, favorisé par l'absence de travail du sol. Il convient donc de garder un bon équilibre dans les programmes herbicides de la rotation en alternant modes de pénétration (racinaire ou foliaire) et familles chimiques.

- enfin, la rotation des cultures permet, lorsque son allongement est possible, et par une meilleure alternance des cultures, de limiter les impasses de la chimie.

2.2.4 Concernant la qualité de l'enracinement

La grande diversité des situations observées ne nous permet pas de conclure sur les qualités d'enracinement des cultures du réseau. Globalement, il n'y a pas de problèmes sur les céréales à pailles, à l'inverse on observe des situations très contrastées sur tournesol, colza et pois (des observations d'enracinement sur tournesol ont montré 38% de situations avec pivots coudés, fourchus ou réduits).

2.2.5 Concernant les pratiques phytosanitaires

Les itinéraires techniques de chaque parcelle suivie ont été enregistrés, il a donc été possible de calculer les IFT (indice de fréquence de traitement) pour chaque parcelle. Un des objectifs était de positionner ce groupe et ces techniques vis-à-vis de l'agriculture conventionnelle. Pour cela, on compare l'IFT des agriculteurs du réseau à un IFT de référence régional (élaboré par le SCEES en 2008 sur la base des enquêtes pratiques culturales de 2006). Pour le colza et le pois, il n'existe pas d'IFT référence régional, nous avons donc comparé avec l'IFT référence national. Pour le soja et le sorgho, il n'y a pas de d'IFT de référence.

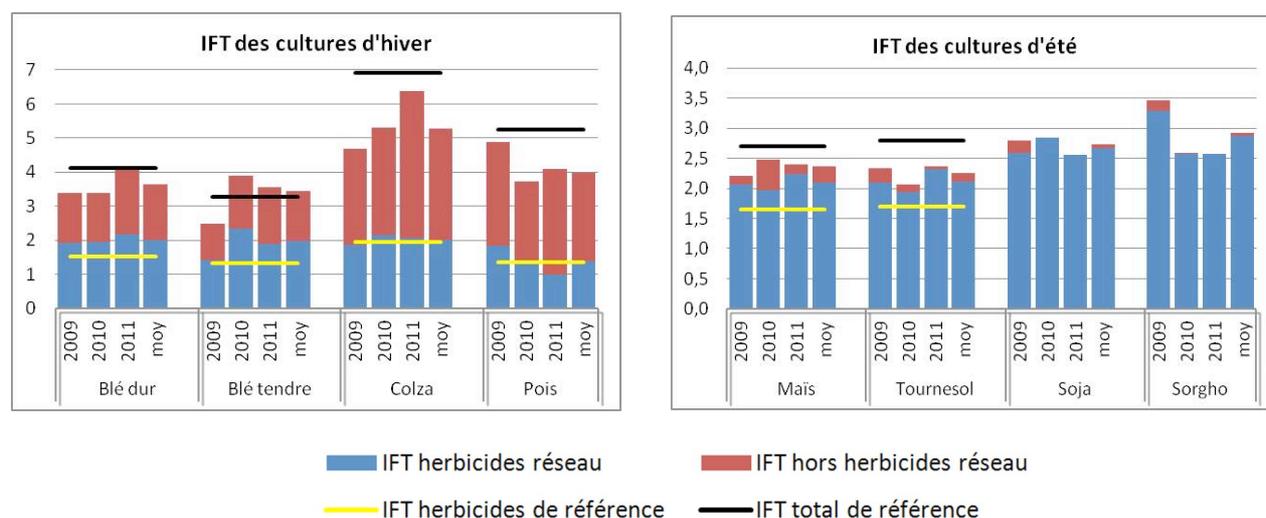


Figure 2 : Comparaison des IFT herbicides et totaux du réseau aux IFT de références

Les agriculteurs du réseau utilisent en moyenne plus d'herbicides que la référence moyenne mais moins d'autres produits phytosanitaires (fongicides et insecticides). Tous produits phytosanitaires confondus (hors anti-limaces) les agriculteurs de ce réseau non-labour utilisent un peu moins de produits phytosanitaires que la référence moyenne (sur la base d'un IFT de référence déjà ancien).

2.2.6 Concernant les couverts

Etat des lieux des pratiques des agriculteurs du réseau

Sur les 84 parcelles de culture d'été suivies, 44 ont été précédées d'un couvert. La date de semis moyenne est très différente entre les sols argileux et les sols limoneux (28 août, 13 octobre), la date moyenne de destruction est également différente (24 février, 26 mars). Le délai moyen entre la

destruction du couvert et le semis de la culture principale suivante est de 2 mois en sols argileux et de 1 mois en sols limoneux.

Les couverts sont le plus souvent des mélanges d'espèces (31/44), mais il y a aussi des semis monospécifiques, principalement de féverole (10/13). La féverole est globalement l'espèce la plus utilisée (29/44), elle domine en sols argileux, seule ou associée avec de la vesce, de la phacélie ou de l'avoine. En sols limoneux, avoine et féverole sont les 2 espèces les plus fréquentes, les autres espèces associées sont la phacélie et la vesce.

Le semis du couvert est réalisé soit avec un semoir SD volumétrique (28/44) soit à la volée (15/44) accompagné d'un travail superficiel, cette technique étant plus fréquente en sols limoneux. La destruction du couvert est le plus souvent mixte (mécanique+chimique) (25/40) dont 8 cas de roulage en SD-NLts (ce mode de destruction mixte est dominant en sols limoneux). La destruction chimique seule est pratiquée dans 15 cas, essentiellement en sols argileux.

Les couverts avant cultures de printemps sont plus fréquents en sols limoneux (65% des parcelles couvertes contre 46% en sols argileux) traduisant des conditions de réalisation plus propices dans ce type de sol.

Préconisations : l'ensemble des observations réalisées nous a permis de définir des préconisations de conduite optimale d'un couvert dans le Sud-Ouest (choix des espèces, dates de semis et de destruction et types de destruction). Ces préconisations sont résumées dans la plaquette 16 pages de résumé du projet.

2.3 Résultats agronomiques de l'expérimentation

2.3.1 Tests de semis direct de maïs et tournesol sous couvert végétal

Des tests de semis de cultures de printemps sous couvert végétal ont été réalisés chez et avec 11 agriculteurs sur les 3 campagnes 2009 à 2011 (11 parcelles de maïs et 8 de tournesol).

Dans ces parcelles, les agriculteurs ont semé des couverts de mi-août à mi-octobre, couverts à base de féverole (17/19) dont 13 en féverole pure. Au printemps, les semis de la culture principale se font soit dans un couvert végétal vivant (SDCV, 10 maïs et 3 tournesol) soit dans un couvert végétal mort (SDCM, 5 tournesol, 1 maïs), détruit chimiquement en moyenne 2 mois avant le semis. La destruction du couvert a été soit chimique avec du glyphosate (parfois associé à du 2,4D), soit mécanique par roulage-écrasement sur des féveroles développées, avec un rouleau (type Cambridge ou lisse) utilisé à vitesse lente, le plus souvent par les 2 moyens combinés. L'utilisation d'un herbicide a été généralement nécessaire (17/19) au semis de la culture de printemps pour maîtriser les adventices présentes.

En maïs, le taux moyen de levée est de 80% pour un peuplement moyen néanmoins un peu faible (66 000 plantes/ha). Les peuplements sont plus élevés et homogènes avec des semoirs dotés d'équipements spécifiques. Les rendements obtenus se situent entre 80 et 100q/ha. La composante nombre d'épis est un peu faible.

En tournesol, les résultats sont plus problématiques et l'itinéraire technique prévisionnel a souvent dû être ajusté. Pour 3 des 8 parcelles, il a fallu faire une reprise très superficielle juste avant le semis, car l'état de surface ne permettait pas d'envisager un semis avec le matériel disponible. Pour trois autres parcelles en SD, les trop faibles taux de levée ont nécessité un resemis (dégâts de limaces, semis trop superficiel dans le sec). Les deux parcelles implantées en direct et menées à leur terme ont obtenu des peuplements trop faibles (41 000 pieds/ha) considérés comme limitants.

La réussite du semis sous couvert végétal passe par l'utilisation d'un semoir monograine adapté aux implantations simplifiées qui devra comporter au minimum : un disque ouvreur indépendant de l'élément semeur, des chasses-débris rotatifs et des roues de fermeture crantées. Le SDCV est à réserver aux parcelles irriguées car le couvert peut entraîner un assèchement trop important du sol en surface, perturbant la mise en terre et la levée de la culture.

En conclusion, au vu des tests réalisés et du constat des échecs, cette technique est déconseillée pour le tournesol car elle n'est pas encore au point : un travail du sol superficiel ou très superficiel avant le semis du couvert ou avant le semis du tournesol est préconisé pour sécuriser l'implantation qui est délicate en général. Cette technique est moins risquée et peut s'envisager sur maïs irrigué, mais elle demande une grande maîtrise et des équipements spécifiques, en particulier sous couvert végétal vivant. Certains agriculteurs du projet la pratiquent avec succès sur des parcelles de potentiel moyen et des objectifs de rendement de 100-110q/ha.

2.3.2 Comparaison de techniques d'implantation du maïs en sol limoneux

Un essai a été conduit pendant 3 ans sur une parcelle de sol limoneux sur la terrasse de l'Ariège à Auterive, chez un agriculteur irrigant du maïs et équipé d'un semoir de SD polyvalent (Bertini 22 000). 3 modalités de travail du sol (NLp, NLs et SD) ont été mises en place au printemps 2009 sur un précédent blé suivi d'un couvert en mélange d'espèces. En 2010, ces trois modalités ont été recoupées avec deux modalités de couvert (avec ou sans). Les deux premières années, la parcelle a porté du maïs irrigué, la troisième du soja irrigué.

Pour les trois premières années de mise en œuvre du SD dans ces sols limoneux et avec des cultures de printemps irriguées, on constate des rendements plus faibles en SD que sur les modalités travaillées en NLs et NLp (de -9 à -25%). Pour le maïs, le facteur limitant n'est pas le peuplement (le SD permet de bonnes levées) mais plutôt les autres composantes du rendement (nombre de grains par épis et poids de mille grains). Pour le soja, c'est l'ensemble des composantes du rendement qui est affecté en SD. En 2010, l'impact des couverts végétaux sur le rendement du maïs est négatif en NLp et NLs, mais positif en SD. Sur cet essai, la réduction des charges de carburant et de mécanisation en SD ne compensent pas les baisses de rendements. Cette expérimentation mériterait d'être poursuivie afin d'évaluer si l'écart de performances observé les trois premières années se réduit avec l'évolution des caractéristiques du sol en SD.

2.3.3 Tests de réduction de l'utilisation d'herbicides notamment pour la destruction des couverts.

Seuls 6 tests ont été mis en place durant une seule campagne (2010-2011) chez des agriculteurs. Les enseignements de ces tests sont 1) les couverts sont délicats à implanter, même à la fin de l'été (difficulté de levée, densité de levée obtenue très faible à moyenne) 2) le salissement important de certains couverts a parfois nécessité un passage de glyphosate non prévu dans le protocole (indispensable pour gérer le salissement de la culture suivante) 3) très peu de couverts ont été assez denses et compétitifs pour avoir un effet bénéfique sur le salissement de la parcelle 4) les conditions optimales pour la destruction mécanique ne sont pas toujours réunies à la fin de l'hiver ou au printemps 5) la destruction mécanique par des outils à dents est efficace en conditions sèches 6) la destruction par roulage n'est efficace que sur les plantes à port dressé en reprise de végétation (surtout la féverole) ; elle n'est pas efficace sur graminées (avoine) 7) sur un seul des 6 sites, la destruction mécanique a permis de diminuer le recours aux herbicides, avec un salissement et un rendement équivalents à la modalité destruction chimique 8) le travail mécanique peut venir en appui d'une destruction chimique, l'efficacité de maîtrise du salissement est augmentée.

3. Résultats économiques

L'étude économique a pour objectif d'analyser la compétitivité et la rentabilité des cultures en techniques très simplifiées d'implantation. Quand c'est possible, le SD est comparé aux autres modalités de travail du sol simplifié.

3.1 Compétitivité des cultures : le coût de production complet

Le coût de production complet (CPC) permet de comparer la compétitivité des cultures et des modes de production ; il correspond au rapport entre la somme de toutes les charges (Figure 3) et le rendement et s'exprime en €/t. Les charges d'intrants utilisées dans le calcul sont celles réellement mises en œuvre sur les parcelles. Pour les charges de mécanisation, Compéti-LIS® calcule un amortissement technique du matériel (basé sur son utilisation) en prenant la valeur à neuf des machines (il est alors possible de comparer les exploitations entre elles). Les charges de main d'œuvre et les autres charges fixes sont calculées à partir de normes établies. Le fermage est volontairement identique pour toutes les parcelles (100€/ha), de même que la cotisation MSA (90€/ha en 2009, 140 en 2010 et 2011) .

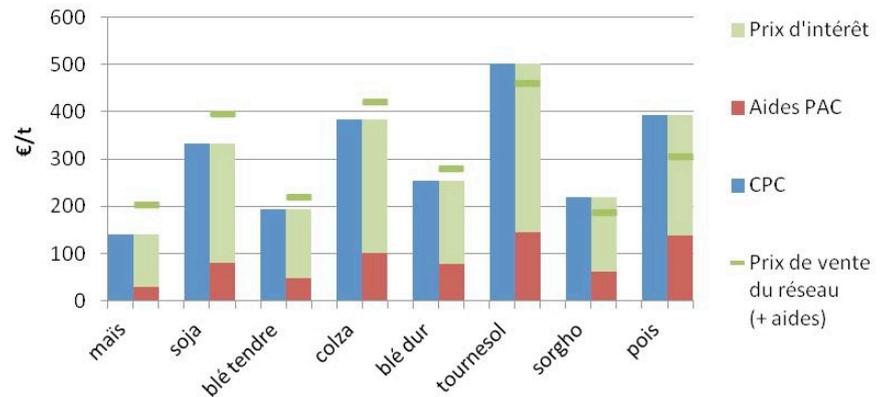
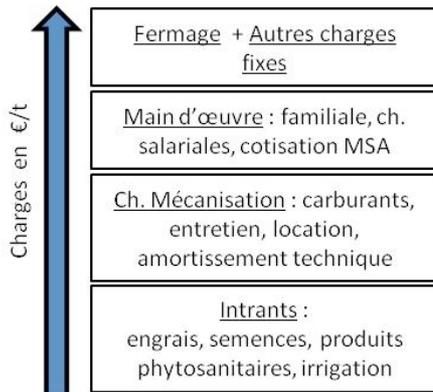


Figure 3 : Les charges du CPC

Figure 4 : Coûts de production complets et prix d'intérêt (moyennes 2009-2011 ; en €/t)

Une valeur de CPC est obtenue pour chaque parcelle, on effectue ensuite des moyennes par culture et par mode d'implantation (certaines modalités d'implantation ont été regroupées pour pouvoir comparer des effectifs significatifs). Le prix d'intérêt est la différence entre le CPC et le montant des aides (ramené en €/t), il correspond au prix de vente minimum pour que la culture soit rentable (Figure 4).

Sur le réseau TTSl, les cultures de maïs, soja, colza et les blés présentent en moyenne sur 2009-2011 des CPC inférieurs aux prix de vente (auxquels on ajoute les aides) : elles sont donc compétitives. En revanche, pour le tournesol, le sorgho et surtout le pois, le prix de vente ne permet pas, en moyenne, de couvrir l'ensemble des charges (particulièrement en 2009) en raison surtout des rendements moyens trop faibles de ces cultures en TTSl.

Pour le colza, le blé tendre, le sorgho et le soja, les CPC sont moins élevés en SD, qu'en NLs ou Nlts, grâce à des charges de mécanisation plus basses (colza), un meilleur rendement moyen (blé tendre) ou un niveau d'intrants plus faible (sorgho et soja). Pour le blé dur et le maïs, les écarts de CPC sont faibles mais à l'avantage de la modalité travaillée (NLs/ts pour blé dur, NLs/p pour maïs). Pour le maïs, la modalité strip-till présente un CPC plus élevé, dû à des charges de mécanisation plus importantes que pour les autres modalités. Pour le pois, le niveau d'intrants élevé couplé à un rendement moyen faible en SD pénalisent directement le CPC. Enfin pour le tournesol, malgré un rendement moyen plus faible en SD comparé à NLs/NLp, la diminution des charges de mécanisation rapproche le CPC du SD de celui du NLs/NLp. La modalité NLts présente un CPC bien plus élevé en raison d'un rendement moyen faible.

Globalement, on observe des situations plus contrastées en SD en raison d'une plus grande variabilité des résultats agronomiques (rendement, niveaux d'intrants), mais aussi d'un échantillon observé plus grand qu'en NL. La compétitivité du SD se positionne donc bien pour les cultures étudiées à l'exception du pois et du tournesol.

3.2 Rentabilité des cultures : les marges brutes et nettes

Les marges brutes et nettes avec aides (Figure 5) sont des moyennes des trois années de suivi. Elles sont calculées avec des prix de vente moyens, issus des prix de vente des agriculteurs du réseau (Figure 5).

Le maïs irrigué dégage les marges les plus importantes, grâce à un rendement élevé et malgré des charges opérationnelles importantes (651 €/ha, irrigation incluse). Le soja présente des résultats très stables, inter-annuellement et entre exploitations (avec le niveau de charges opérationnelles le plus faible du réseau après tournesol).

Le blé tendre, le colza et le blé dur montrent des marges correctes (assez stables sauf sur blé tendre).

Enfin, le tournesol le sorgho et surtout le pois ont les marges les plus faibles, accompagnées d'une variabilité importante.

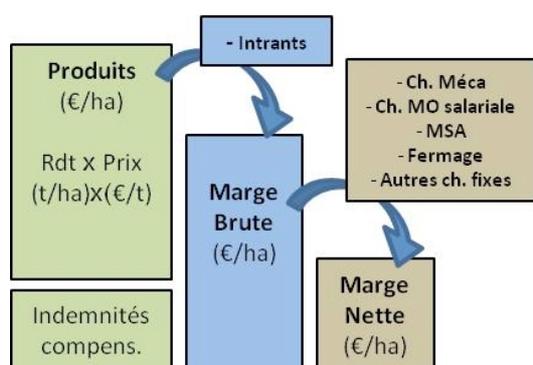
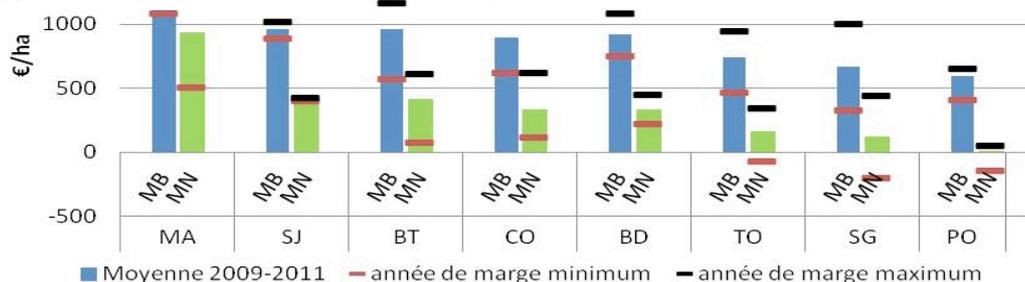


Figure 5 : Marges brutes (MB) et nettes (MN) avec aides (couplées et DPU) (moyennes 2009-2011 en €/ha)



3.3 Impacts des charges opérationnelles et de mécanisation : améliorations possibles

Les marges de progrès se situent plus au niveau des charges opérationnelles (optimisation des intrants) qui présentent une grande variabilité à rendements équivalents qu'au niveau des charges de mécanisation globalement déjà bien optimisées et avec une variabilité faible au sein de ce réseau (avec un bon positionnement du SD).

4. Impacts sur le sol et l'environnement

4.1 Impact des techniques très simplifiées et du semis direct sur le sol

La réduction, voire l'arrêt du travail du sol (SD) se traduit d'une part par le maintien en surface ou à faible profondeur des résidus végétaux, d'autre part par l'augmentation de l'activité biologique du sol. Il s'en suit une évolution importante des caractéristiques du sol que l'on a voulu quantifier par des mesures et des analyses sur les parcelles du réseau TTSI (60 parcelles).

4.1.1 Une nouvelle répartition de la matière organique (MO)

Sur les parcelles du réseau analysées, on constate (Figure 6) une teneur moyenne supérieure à 2.8%

sur 0-5 cm et à 2,2% sur 0-10 cm (avec une variabilité importante). Un gradient assez net s'installe sur ces parcelles en NL depuis au moins 8 ans, avec un écart de 0.66 point de MO entre la tranche 0-10 cm et la tranche 10-20 cm (0.8 point entre 0-10 cm et 20-30cm).

Si on sélectionne les parcelles qui régulièrement ne sont pas travaillées au-delà de 5 cm de profondeur (33 sur les 60), on obtient un taux de MO un peu plus élevé en surface (3% sur 0-5 cm et 2,3% sur 0-10 cm).

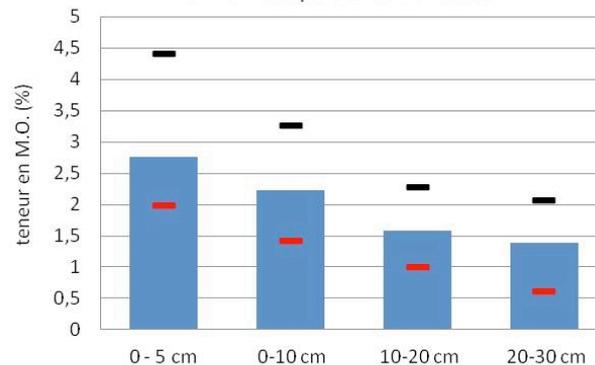


Figure 6 : Teneurs moyennes en matière organique selon la profondeur

4.1.2 Une augmentation globale du taux de MO sur 0-30 cm

La teneur moyenne sur la couche 0-30 cm : 1,74 % (mini 1,15, maxi 2,5) reste toutefois à un niveau à priori proche des parcelles conduites de façon conventionnelle.

Dans les deux situations où des comparatifs ont pu être faits entre parcelles voisines, on a pu mettre en évidence un taux de MO sur 0-30 cm supérieur dans les parcelles conduites en TTSI (à celui des parcelles en labour). Ce résultat est dû à une augmentation en surface et une non-diminution sur la tranche 10-30 cm.

4.1.3 Stockage de carbone dans les sols

Les calculs du carbone stocké se font grâce à la teneur en carbone et la densité apparente du sol qui ont été mesurées sur une profondeur de 30 cm, par tranche de 10 cm.

On constate un stock moyen sur 0-30 cm de 47 TC/ha sur l'ensemble des parcelles du réseau, avec une variabilité importante. La différence de stock entre les sols de brouillards (teneur en argile inférieure à 20%) et les sols argilo-calcaires et argilo-calcaïques (teneur en argile entre 25 et 40%) est de plus de 7 T/ha. Ce point est à relier aux teneurs en M.O. plus faibles en brouillards qu'en sols argileux.

4.1.4 Estimation du taux annuel d'augmentation du carbone stocké

Cette estimation a pu être réalisée dans deux situations (une en sol argileux, l'autre en sol limoneux). L'accroissement annuel du stock de C sans travail du sol (SD) ou avec un travail réduit à quelques centimètres (NLts) est évalué à 0,8 TC/ha/an.

4.1.5 L'activité des vers de terre

Elle est caractérisée par le nombre de galeries de vers dans le sol, qui est compté sur un plan horizontal selon deux classes de taille. Les parcelles non travaillées au-delà de 5 cm (SD-NLts) sont bien pourvues en grosses galeries ainsi que les parcelles en strip-till (Figure 7). Les parcelles en NLp sont les plus pauvres, avec toutefois une variabilité élevée.

Les sols argilo-calcaires sont globalement plus riches en galeries de vers que les sols de brouillards.

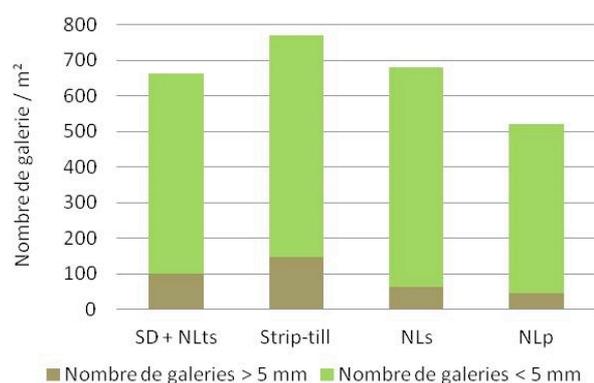


Figure 7 : Nombre de galeries de vers de terre.

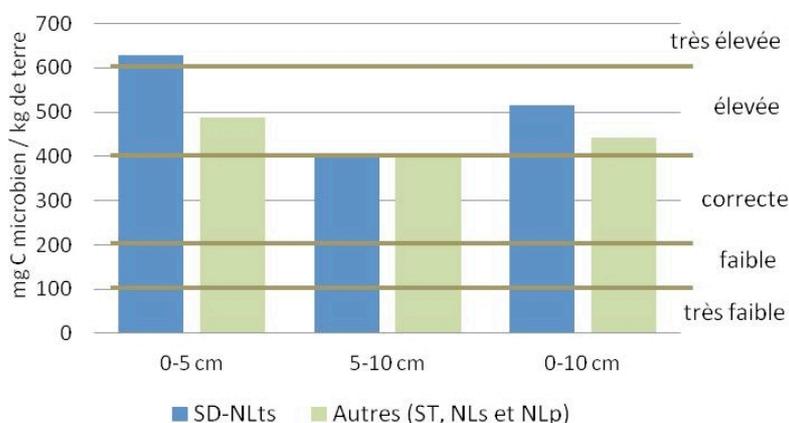


Figure 8 : Biomasses microbiennes selon la profondeur par m2 et par type de travail du sol.

4.1.6 La biomasse microbienne

La biomasse est analysée sur 2 échantillons par parcelle (0-5 cm et 5-10 cm). Les résultats sont exprimés en mgC microbien / kg de terre. Selon l'échelle de notation du laboratoire, les biomasses moyennes sont correctes à élevées (Figure 8). La biomasse est plus élevée en surface (0-5 cm) que sur la couche inférieure (5-10 cm). L'écart est d'autant plus marqué pour les parcelles en SD ou NLts.

4.2 Incidence sur le ruissellement, l'érosion et les transferts d'intrants vers les eaux de surface

Au cours des trois années d'étude, la pluviométrie a déclenché assez peu d'évènement de ruissellement (7 en 2009 sur un blé, 5 en 2010 sur un tournesol, aucun en 2011 sur un blé).

4.2.1 Flux de ruissellement et érosion : les quantités ruisselées sont plus importantes en NL surtout en 2009 et excepté un seul épisode en juin 2010. Un seul évènement d'érosion a été enregistré durant les 3 campagnes (en juin 2010) ; il a été mesuré sur la parcelle de tournesol labourée à l'automne précédent. La quantité de terre perdue a été de 4.6 t/ha alors que sur le NL, aucun phénomène d'érosion n'a été observé.

4.2.2 Concentration des eaux de ruissellement et pertes en produits phytosanitaires : parmi les produits appliqués on retrouve dans les eaux sept herbicides (glyphosate, AMPA, métolachlore, trifluraline, aclonifen, iodosulfuron et mésosulfuron) et deux fongicides (époconazole et flusilazole) à des teneurs inférieures au microgramme/litre, sans tendance nette de hiérarchie des teneurs entre les 2 modalités.

Les flux ou pertes en 2009 sont bien plus importantes en NL, en lien avec les quantités de ruissellement plus élevées pour cette modalité, avec un niveau de pertes allant de 4 à 300 mg/ha selon les molécules. Les flux ou pertes de 2010 sont beaucoup plus faibles et sont inférieurs à 6mg/ha.

4.2.3 Concentration des eaux de ruissellement et pertes en éléments minéraux : sur les deux années, les concentrations en éléments minéraux et les pertes sont plus élevées en NL mais ne dépassent pas 1,3 kg/ha/an pour l'azote et 2,8 pour le calcium.

4.2.4 Conclusion : sur ce dispositif, les quantités ruisselées sont globalement plus élevées en NL. Mais il convient de signaler qu'en labour, une part significative des écoulements se fait sur le fond du labour (écoulements hypodermiques) mais n'est pas mesurée par ce dispositif. Des pertes peuvent avoir lieu à ce niveau et ne sont pas prises en compte ici.

4.3 Le comportement des herbicides en techniques de conservation des sols : exemple du Smétolachlore

Les changements dans la répartition des matières organiques ont des effets importants sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, lesquelles conditionnent fortement le comportement des produits phytosanitaires. Le S-métolachlore (SMOC) est un herbicide sélectif de la famille des chloroacétamides utilisé en pré et post-levée sur plusieurs cultures telles que le maïs, le sorgho, le tournesol et le soja. Avec une demi-vie de dégradation d'environ 26 jours, il est considéré comme moyennement persistant dans les sols. Sa rétention sur la fraction solide du sol est faible et sa solubilité dans l'eau est élevée. Compte-tenu de ses propriétés, le SMOC présente un fort potentiel de contamination des eaux superficielles et souterraines. Les objectifs de cette étude sont d'évaluer la rétention et la minéralisation (dégradation biologique) du SMOC dans des échantillons de sol prélevés à 0-5 cm et 5-10 cm de profondeur sur 53 parcelles du réseau.

La rétention est corrélée positivement à la teneur en carbone organique du sol. Les valeurs de rétention les plus élevées sont obtenues dans les horizons supérieurs (0-5 cm) du sol. Par ailleurs, on met en évidence une différence significative de la rétention du SMOC (0-5 cm) entre les parcelles ayant reçu un couvert végétal en interculture (valeurs les plus élevées) et celles sans couvert, et ce malgré des teneurs en carbone égales entre ces deux types de gestion de l'interculture.

La minéralisation cumulée du SMOC après 113 jours est fortement variable entre les échantillons et varie de moins de 1% à près de 30 % de la dose appliquée. Elle est corrélée positivement au pH du sol et à sa biomasse microbienne totale. En revanche, elle est négativement corrélée avec la teneur en carbone organique et le coefficient d'adsorption, ce qui illustre la compétition entre rétention et dégradation (le SMOC qui est retenu dans la fraction du sol ne peut pas être dégradé).

Les résultats de rétention et de minéralisation du SMOC obtenus sur les parcelles en techniques très simplifiées d'implantation sont, pour la plupart, significativement plus élevés que ceux identifiés dans la littérature pour des systèmes en techniques conventionnelles (avec labour). Ces accroissements de rétention et de dégradation devraient permettre de contribuer à une réduction des transferts de cet herbicide vers les eaux souterraines et superficielles comparativement à des parcelles labourées.

4.4 Impact sur les consommations d'énergie et les émissions de GES

Les consommations d'énergie et émissions de GES ont été enregistrées ou calculées sur l'ensemble des parcelles du réseau. Les résultats sont issus de l'outil PLANETE.

4.4.1 Consommation énergétique

La consommation moyenne de carburant pour l'ensemble de l'itinéraire technique des 167 parcelles est de 53 équivalent litre de fioul/ha (EQF/ha), hors irrigation et avec récolte, avec les différenciations présentées dans la Figure 9. Dans le référentiel PLANETE 2010 de SOLAGRO pour les grandes cultures (270 fermes en conventionnel), la consommation moyenne est proche de 100 EQF/ha.

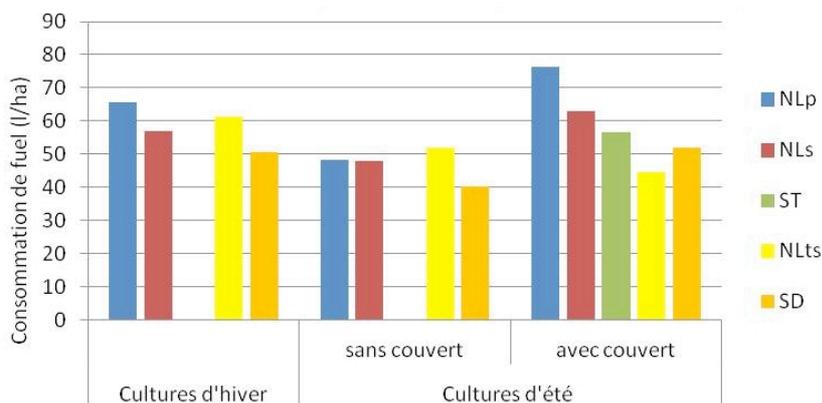


Figure 9 : Consommation moyenne de fuel (l/ha/année culturale).

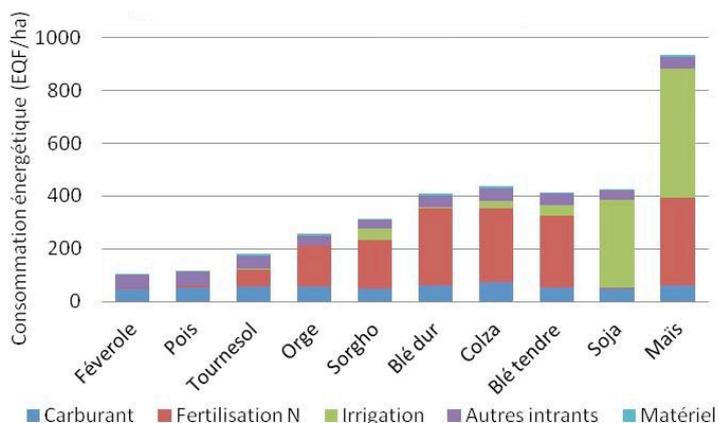


Figure 10: Consommation énergétique totale par culture.

L'énergie directe est l'énergie directement consommée sur l'exploitation (fioul, électricité, etc...). L'énergie totale inclut l'énergie indirecte, c'est à dire celle mobilisée pour la fabrication des intrants. L'énergie directe ne représente sur les 167 parcelles que 15% en moyenne de l'énergie totale.

Les consommations d'énergie totale (Figure 10) sont en moyenne de 390 EQF/ha sur le réseau (dont 15% pour le poste « carburant » et 46% pour le poste « fertilisation »). Cette valeur est à comparer à la valeur de référence de 470 EQF/ha, issu du référentiel PLANETE 2010 (21% pour le poste « carburant » et 49% pour le poste « fertilisation »).

Avec l'irrigation, la fertilisation azotée est le plus gros facteur contributif à la consommation d'énergie totale (de 35 % à 70% pour les cultures fertilisées). Introduire des légumineuses dans la rotation contribue fortement à faire baisser la consommation d'énergie totale.

4.4.2 Emissions de GES

Les émissions de GES varient de 0,4 à 3,4 t CO₂eq/ha/an en fonction des cultures car elles sont fortement dépendantes de la quantité d'azote minéral épandue (fabrication de l'engrais et émissions au champ lié au cycle de l'azote) ; les émissions sont élevées pour le maïs, le colza, le blé tendre, le blé dur, dans une moindre mesure pour l'orge, le sorgho et le tournesol, et elles sont faibles pour les légumineuses : fèverole, soja, pois. La valeur moyenne des émissions des exploitations du réseau est de 1,9 t CO₂-eq/ha dont 63% sous forme de N₂O et 37% sous forme de CO₂. Cette valeur moyenne est à comparer à la valeur de référence de 2,16 t CO₂-eq/ha du référentiel PLANETE de 2010 (58% sous forme de N₂O et 42% sous forme de CO₂). Les émissions GES des exploitations du réseau ne sont que peu réduites globalement car elles dépendent surtout de l'azote minéral apporté. Toutefois, au vu des premiers résultats sur le stockage de carbone dans les systèmes SD + couverts, les émissions GES pourraient être compensées par le stockage de carbone

Conclusion

En guise de conclusion, nous proposons de tirer un bilan sur les grands volets (agronomie, économie et environnement).

1. Bilan agronomique (semis direct, implantation, salissement, couverts) :

Concernant le semis direct, on témoigne :

- 1) De résultats favorables pour les blés, le colza et le soja irrigué ;
- 2) De difficultés de maîtrise (du SD et du NLts) pour le tournesol, le sorgho et le pois, cultures pour lesquelles il faudrait maintenir un travail superficiel du sol, 3) d'une incertitude à conclure pour le maïs par insuffisance de cas étudiés (SD possible en potentiel moyen 100-110qx/ha avec rotation et couverts).

Concernant l'implantation :

- 1) Un travail superficiel est bénéfique pour faire de la terre fine et bien refermer la ligne de semis, pour mélanger les pailles dans le sol, pour faire un désherbage mécanique (faux semis, destruction des couverts..), pour la lutte contre les limaces. Ce travail superficiel est obligatoire pour le tournesol, le pois et le sorgho ;
- 2) Le strip-till permet de sécuriser les implantations de cultures de printemps ; 3) l'importance des équipements (type de semoirs, équipements complémentaires sur semoirs et outils spécifiques pour du travail très superficiel) est à souligner.

Concernant le salissement, on témoigne :

- 1) De l'absence de situation critique ayant contraint à un retour au labour ;
- 2) D'une bonne maîtrise globale du salissement dans les blés, le colza, le soja et le maïs ;
- 3) De difficultés dans le tournesol, le pois et le sorgho ;
- 4) D'une utilisation d'herbicides a priori un peu supérieure à celle du conventionnel et du fait que le projet n'a pas mis en évidence d'alternatives pour la réduire,
- 5) De la nécessité de raisonner le désherbage dans la rotation avec alternance de familles chimiques et de modes d'action.

Concernant les couverts, le projet met en évidence :

- 1) Des difficultés d'implantation en fin d'été ;
- 2) Une espèce appréciée par les agriculteurs, la féverole ;
- 3) Le caractère encore incontournable du glyphosate (il sert surtout à avoir un sol propre au semis),
- 4) Un effet positif sur l'activité biologique (nourrir le sol) et sur la structuration (enracinement).

2. Bilan économique

Il est très lié aux performances agronomiques et à l'optimisation des intrants, on enregistre :

- 1) De bons résultats en terme de compétitivité et de rentabilité pour la maïs et le soja irrigués, le colza et les blés,
- 2) Des résultats insuffisants pour tournesol, pois et sorgho,
- 3) Une compétitivité du SD au moins équivalente à celles des autres modes d'implantation sauf pour pois et tournesol.

3. Bilan environnemental (sols, énergie et GES)

Bilan sols : On note :

- 1) Une augmentation de la teneur en matière organique en surface et globale sur le profil,
- 2) Une augmentation du stock de carbone du sol en particulier en SD,
- 3) Une activité biologique élevée (vers de terre et biomasse microbienne).

Bilan énergie et GES : On note :

- 1) Un niveau de consommation d'énergie directe à 50 % de la référence,
- 2) Une réduction plus limitée de l'énergie totale et des émissions GES en raison du poids de l'azote,
- 3) L'intérêt en conséquence de l'introduction de légumineuses en culture principale ou en couverts,
- 4) Le fait qu'en SD avec couverts, le stockage annuel de C pourrait couvrir les émissions.

4. Bilan global du projet

Le projet a été très enrichissant pour l'ensemble des partenaires du fait de sa construction autour d'agriculteurs innovants et pionniers et des échanges entre techniciens et chercheurs d'une part et agriculteurs d'autre part ; les apports mutuels ont été de nature différente (agriculteurs : conduite des cultures et innovations machinisme ...; techniciens et chercheurs : impact sur le sol, GES et devenir des herbicides...)

5. Perspectives

Durant ce projet certains thèmes n'ont pas été assez développés et d'autres n'ont pas été traités car ils n'étaient pas identifiés au départ et ont émergé pendant la réalisation du projet ; ces thèmes mériteraient d'être approfondis ou traités. Ce sont : 1) le potentiel du maïs en semis direct, 2) l'intérêt du strip-till :

approfondissement sur maïs et étude sur d'autres cultures (tournesol, colza, sorgho...), 3) la recherche de solutions pour réduire l'utilisation des herbicides, 4) le fonctionnement hydrique des sols en SD-NLts, 5) le stockage du carbone et le taux annuel d'augmentation, 6) la gestion de la fertilisation et pertes N₂O

....

Références bibliographiques

Alletto L., Coquet Y., Benoit P., Heddadj D., Barriuso E., 2010. Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 367-400.

Arrouays D., Balesdent J., Germon J.C., Jayet J.F., Soussana J.F., Stengel P., 2002. Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Expertise scientifique collective. Synthèse. INRA

Collectif 2007. Impacts environnementaux des techniques culturales sans labour en France, état des connaissances. Actes du colloque du 23 octobre 2007. Arvalis-ADEME Solagro 2011. Références PLANETE : énergies et GES des 3500 exploitations ayant fait le bilan.

Crochet F., Labreuche J., Rochet F., Eschenbrenner G., Costes J.L., 2007. Techniques sans labour : réduire ses coûts d'implantation dans le Lauragais. *Perspectives agricoles* 339, 38-42

Delaunoy A., Ferrié Y., Bouché M., Colin C., Rionde C., 2009. Guide pour la description des sols et l'évaluation de leur fertilité. Chambre d'agriculture du Tarn.

Labreuche J., Couture D., Martin M., Duval R., Quere L., Chambelant T., Beets B., Bousquet N., Rettel C., 2007. Techniques sans labour : pour réussir ses implantations. *Perspectives agricoles* 332, 23-42.

Lecomte V., Quéré L., Saulzet G., Simonin P., 2006. Travail du sol sans labour et cultures oléagineuses. *Dossier Oléoscope* 87, 11-27

Mamarot J., 2005. Gérer les mauvaises herbes en non-labour. Des références obtenues dans le Sud-ouest. *Phytoma* 582, 60-64

Thomas F., Waligora C., Archambeaud M., 2009. Techniques culturales simplifiées. Bilan, acquis et perspectives. *TCS* 51, 3-46.

Zablotowicz R.M., Locke M.A., Gaston L.A., Bryson C.T., 2000. Interactions of tillage and soil depth on fluometuron degradation in a Dundee silt loam soil. *Soil and Tillage Research* 57, 61-68.