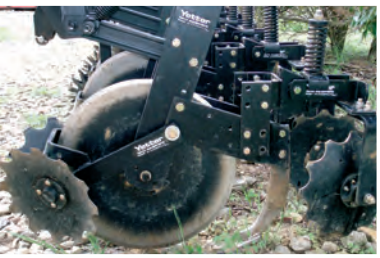
Techniques Très Simplifiées d'Implantation des cultures

CasDAR TTSI

Mise au point de techniques très simplifiées d'implantation pour améliorer la durabilité des systèmes de grandes cultures dans le Sud-Ouest

novembre 2008 / janvier 2012



Pilote

AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE MIDI-PYRÉNÉES

Partenaires techniques

AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE ARIÈGE

AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE AUDE

AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE HAUTE-GARONNE

AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE GERS

AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE TARN

ACTA

ARVALIS Institut du végétal

CETIOM

Solagro

Partenaires financiers

RÉGION MIDI-PYRÉNÉES

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «développement agricole et rural»

cuma Gers

INP PURPAN Ecole d'ingénieurs

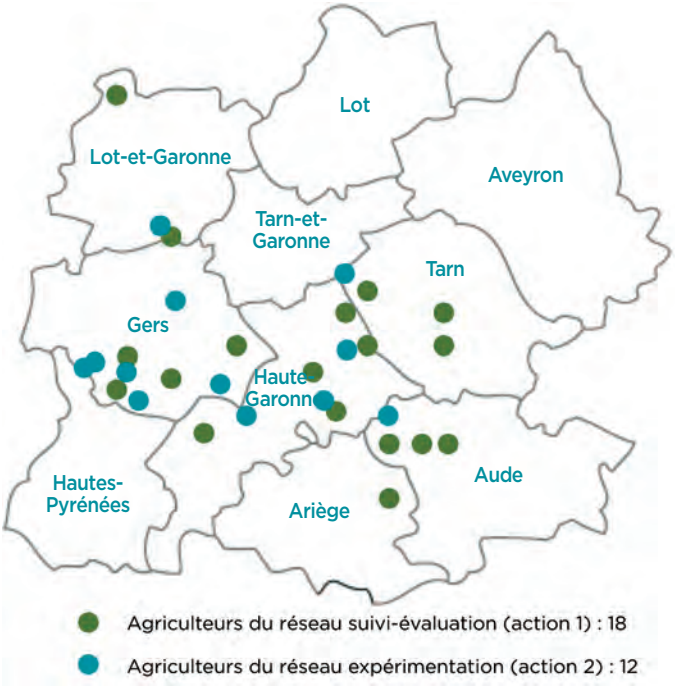
AGRO D'OC UNION DES CETA D'OC

Association des Agriculteurs d'Auradé

La problématique

L'abandon du labour pour des techniques très simplifiées d'implantation (TTSI) des grandes cultures présente un certain nombre d'atouts pour l'agriculteur et l'environnement : réduction du temps de travail, des consommations d'énergie, des phénomènes d'érosion, amélioration de l'activité biologique des sols, etc, avantages d'autant plus nets que le travail du sol est réduit et que ces techniques sont adoptées de façon permanente sur les parcelles. Ces techniques très simplifiées peuvent contribuer à l'adaptation des systèmes de grandes cultures pour préserver le potentiel agronomique des sols et pour 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.

30 agriculteurs associés au projet



Définitions

NL = Non-Labour : abandon définitif du labour

NLp = Non-Labour profond : passage d'outils à dents à plus de 15 cm de profondeur

NLs = Non-Labour superficiel : passage d'outils à dents ou à disques entre 5 et 15 cm de prof.

ST = Strip-Till : travail localisé sur le futur rang de semis

NLts = Non-Labour très superficiel : passage d'outils à moins de 5 cm de profondeur

SD = Semis Direct : aucun passage d'outils de travail du sol avant le passage du semoir

TTSI
Techniques Très Simplifiées d'Implantation

Les objectifs et les actions du projet

Analyser et évaluer la faisabilité de la mise en œuvre de ces techniques simplifiées (non-labour superficiel ou semis direct, avec ou sans couverts végétaux) dans les conditions pédo-climatiques et les contextes d'exploitation du Sud-Ouest, à partir de l'expérience d'agriculteurs pionniers. A cette fin, 18 exploitations agricoles du Sud-Ouest, très impliquées dans ces démarches, ont été suivies pendant 3 ans.

Apporter des éléments de réponse aux questions posées par leur mise en œuvre et **tester des techniques innovantes** par des travaux d'expérimentation et de recherche. 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 et des fertilisants par ruissellement et érosion en labour et non-labour ;
- le devenir d'une molécule herbicide en non-labour.

Définir les conditions de leur développement et de leur diffusion auprès des agriculteurs et agents de développement : élaboration de fiches-témoignages globalisant l'expérience et les résultats des agriculteurs du réseau, synthèse des résultats des actions, élaboration de cette plaquette de synthèse et organisation d'un colloque de restitution.

Ce document présente les principaux acquis de ce projet, regroupés en trois thèmes : l'agronomie, l'économie et l'environnement, avec en préambule, la présentation du réseau d'agriculteurs associés.

CARACTÉRISATION DU RÉSEAU DES AGRICULTEURS PARTENAIRES ET SYNTHÈSE DE LEURS EXPÉRIENCES

L'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) :

- étape 1 : test du non-labour sur quelques parcelles ;
- étape 2 : arrêt complet du labour sur toute l'exploitation ;
- étape 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) ;
- étape 4 : généralisation de l'étape 3.

Treize 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), SD sur toutes les cultures (4). Un agriculteur en SD sur toutes cultures est revenu à du NLs.

Deux agriculteurs ont eu un parcours de rupture : abandon du labour et passage immédiat au SD.

Les 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 %).

L'allongement des rotations

Aucun des agriculteurs n'est en monoculture. La plupart ont allongé leur rotation et cinq d'entre eux (en sec) ont des rotations de 6 ans ou plus. 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.

La féverole est souvent utilisée comme couvert végétal.

Caractéristiques des exploitations du réseau TTSI

Implantation des cultures d'été	Nombre exploitations	Pratique des couverts	Durée rotation		Irrigation		Systèmes d'exploitation
			Longue ≥6ans	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

Des motivations pour les couverts végétaux

Quatorze 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 de 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.

Le matériel

Côté semoirs, 2 stratégies ont été adoptées :

- une stratégie à 2 semoirs (13 agriculteurs) : 1 semoir volumétrique pour les cultures d'hiver et les couverts, 1 semoir monograine pour les cultures d'été ; ces semoirs sont parfois en cuma ;
- une stratégie à 1 seul semoir SD pour toutes les cultures

Cinq agriculteurs ont opté pour un seul semoir de semis direct pour toutes les cultures.

(5 agriculteurs) : il s'agit alors de semoirs volumétriques à disques en propriété.

Côté matériel, la charrue a disparu et 2 stratégies d'équipement ont été adoptées :

- la 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) ;
- la disparition des outils classiques et l'adaptation progressive du parc matériel à une chaîne de travail du sol spécifique (décompacteur, déchaumeur à disques indépendants, strip-till, herse peigne, rouleau faca). 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 leurs matériels. Certains ont réalisé de l'auto-construction (semoirs et outils de préparation).

Des conséquences sur le comportement du sol

Les agriculteurs observent des évolutions de comportement de leurs sols, listées ci-dessous par fréquence de citations :

1- la réduction des manifestations d'érosion ;
2- l'amélioration de la portance des sols ;
3- l'augmentation de l'activité biologique des sols ;
4- l'amélioration de la stabilité structurale ;

On observe une augmentation de l'activité biologique.

5- une meilleure infiltration de l'eau dans le sol ;
6- l'augmentation des taux de matière organique (MO) en surface ;
7- une réduction de l'hétérogénéité des sols ;
8- une meilleure décomposition des résidus.

Des conséquences sur les rendements

Les agriculteurs considèrent qu'ils obtiennent globalement des rendements identiques à ceux obtenus en conventionnel-labour avec 2 précisions: certains (2) évoquent une baisse de rendement dans les premières années, d'autres (5) de grosses pertes (accidents) certaines années en particulier sur tournesol. Certains (3) considèrent que leurs rendements ont augmenté ou encore qu'ils sont plus réguliers dans le temps (4).

L'AGRONOMIE

Les résultats agronomiques et techniques sur les 3 campagnes 2009 à 2011

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. Des questions agronomiques en découlent:

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 sont-ils pas préjudiciables à l'expression du potentiel de production?

Résultats de rendements et de qualité

Les rendements obtenus par les 18 agriculteurs pendant ces 3 ans de suivi sont, en moyenne, supérieurs aux rendements moyens régionaux pour les blés, le colza, le soja irrigué et le maïs irrigué, et inférieurs aux rendements moyens régionaux pour le tournesol, le pois et le sorgho.

Si l'on analyse plus particulièrement les rendements obtenus en SD par rapport aux autres modes 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.

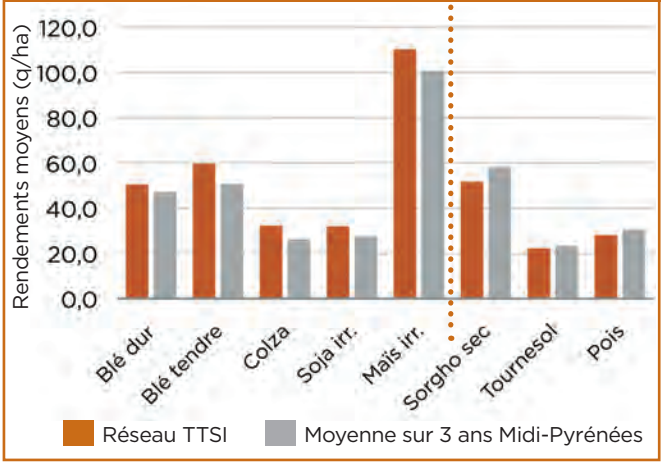
Concernant la qualité des productions, on note des

Répartition des parcelles suivies dans le réseau TTSI (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

Rendements moyens par culture (2009-2011)



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, la taille de l'échantillon ne permet pas de conclure avec certitude. Toutefois, pour les 10 parcelles dont le peuplement est inférieur ou égal à 40 000 pieds/ha, on note une teneur moyenne en huile de 42,3 %, inférieure de 1,7 point à la norme commerciale de 44 %, confirmant l'impact négatif des peuplements insuffisants sur la richesse en huile.

Résultats 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 sur colza et soja 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 de peuplements faibles alors que les autres espèces compensent par tallage (céréales à paille, sorgho) ou ramification (colza, soja, pois).

Concernant le tournesol, dans 50 % des cas, le peuplement obtenu est inférieur à 50 000 pieds/ha, ce qui est considéré 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, certains agriculteurs ont essayé de l'implanter après un sorgho (meilleur état de surface, moins de menues-pailles). Cette piste intéressante reste à approfondir néanmoins.

Le peuplement s'avère aussi un facteur limitant du rendement pour le pois et le sorgho (majoritairement implantés en SD) car les capacités de compensations de ces 2 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.

Semis direct de soja sur méteil récolté.

Les céréales à paille implantées en SD ont des peuplements non limitants du rendement et équivalents à ceux des techniques traditionnelles. Enfin, le maïs présente des bons taux de levée, proche du conventionnel, même en SD.

Les pertes à la levée ont pour origine 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 un amas de résidus de récolte (après paille), d'adventices ou de couverts ;

2- une fermeture insuffisante de la ligne de semis ;

3- une trop grande irrégularité de profondeur de la ligne de semis.

■ **Concernant la gestion des pailles du précédent,** les préconisations pour une implantation en SD-NLts ou NLs, sont :

1- réduire la quantité de pailles à terre en faisant une coupe haute (30 cm) en SD-NLts (en NLs, elle pourra être de 10-20 cm) ;

2- avoir une moissonneuse-batteuse équipée obligatoirement d'un broyeur et d'un répartiteur de pailles et de menues-pailles ;

3- ajouter un ou plusieurs passages de herse-peigne pour répartir et 'user' les pailles (en NLs, le travail de la herse est remplacé par un travail superficiel).

Le strip-till, un matériel intéressant pour sécuriser l'implantation des cultures de printemps

La technique du strip-till (travail du sol en bandes) consiste à ne travailler que la future ligne de semis. Elle concerne surtout les cultures de colza, de maïs, de tournesol et de sorgho. Elle consiste à préparer un lit de semence favorable à la levée et à ameublir localement le sol pour les premières phases du développement racinaire.

Il existe plusieurs types d'équipements : dents et disques associés ou bien disques seuls. Dans tous les cas, il est important de bien dégager les résidus de la bande travaillée. En sol argileux, on conseille d'intervenir en fin d'été ou à l'automne quand les conditions sont favorables (éventuellement dans un couvert végétal en place). Attention au risque de créer un lissage en conditions de ressuyage insuffisant et un sol creux en conditions trop sèches (observé avec des strip-till à dents).

En sol limoneux, l'intervention peut avoir lieu peu de temps avant le semis de printemps.

Pour implanter la culture de printemps, il est souhaitable d'utiliser un semoir monograine équipé de chasse-débris rotatifs. En dévers, il faudra être vigilant pour bien semer dans la ligne travaillée.

En maïs, les résultats observés sont équivalents à ceux en NLs. En tournesol, les résultats des premiers suivis sont intéressants mais il faut poursuivre les investigations dans cette voie.

Le passage du strip-till à l'automne peut également être l'occasion de semer un couvert végétal (ici de la féverole).

Le strip-till à dents est utilisé par 3 agriculteurs du réseau.

En sols argileux, le strip-till est passé à l'automne.

■ **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, au minimum 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.

Attaque de limace noire sur graine de tournesol.

Résultats concernant le salissement

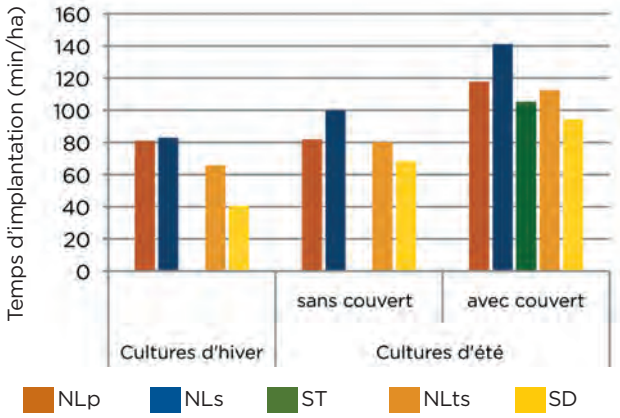
La flore adventice observée dans les parcelles du réseau diffère très sensiblement de celle rencontrée classiquement dans le Sud-Ouest. L'absence de labour peut favoriser les graminées, les espèces bisannuelles (certaines ombellifères et composées), et surtout les pluriannuelles (rumex, mauves...) et les vivaces (liserons, chardons, chiendents, ronces...) ; mais ces dernières n'ont pas été observées dans le réseau (probablement bien maîtrisées par des applications régulières de glyphosate en interculture).

■ **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 2 cultures les plus délicates à conduire sont le sorgho et le tournesol. Ces 2 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 postsemis-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 dans

Temps moyens d'implantation des cultures du réseau (moyennes 2009-2011, en min/ha)



Temps d'implantation

Les temps d'implantation des cultures incluent l'ensemble des interventions sur la parcelle, de la récolte du précédent jusqu'au semis de la culture principale (+roulage éventuel). On retient que l'implantation d'une culture à l'automne est réalisée en 41min/ha en SD, contre 83min/ha en NLs.

Concernant les cultures d'été, on note une différence de 25min/ha en moyenne entre les itinéraires avec et sans couvert en interculture (respectivement 108 et 83min/ha).

Les temps d'implantation moyens plus importants en NLs par rapport au NLp s'expliquent par un nombre plus élevé de passages en NLs.

Classes de qualité de désherbage sur 150 parcelles du réseau (2009-2011)

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%

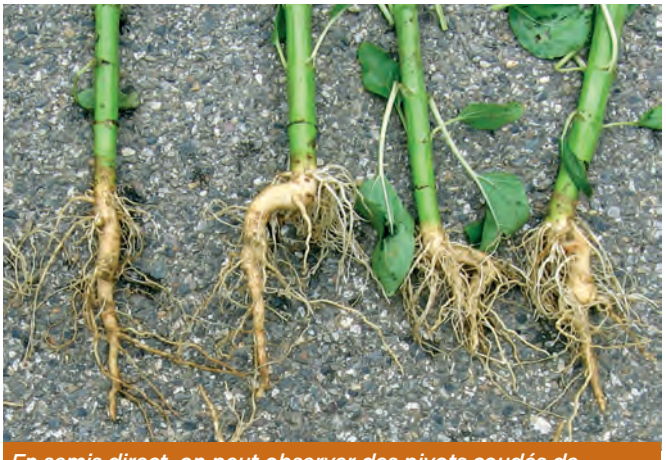
En tournesol, les peuplements faibles et irréguliers favorisent le salissement.

la destruction des couverts, la maîtrise du verdissement des intercultures longues, le contrôle régulier des vivaces, l'application au semis avant la levée... Il faudra être vigilant quant à son usage et au 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.
1- 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, par la pratique des faux-semis (travail très superficiel et roulage si nécessaire) et l'utilisation d'herbicide non sélectif ou la destruction mécanique quand elle est possible.
2- 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'activité des herbicides à action racinaire et incite 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..
3- 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.

Résultats 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 (observations de pivots coudés ou fourchus sur certaines parcelles).
Dans les situations où l'activité structurale naturelle du sol n'est pas suffisante pour permettre à la culture d'exprimer son potentiel, un travail profond (localisé ou non) doit être envisagé sur, d'une part, les cultures à pivot (colza, mais surtout tournesol) et, d'autre part, les cultures à enracinement peu puissant (pois et maïs). Il est pour cela nécessaire d'observer le sol sur les 30 premiers centimètres avant de décider des opérations culturales.

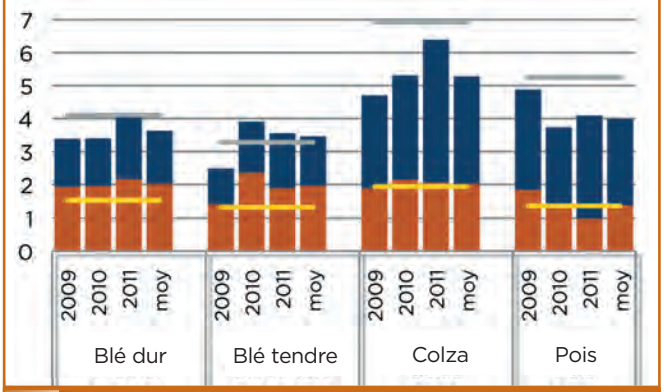


En semis direct, on peut observer des pivots coudés de tournesol.

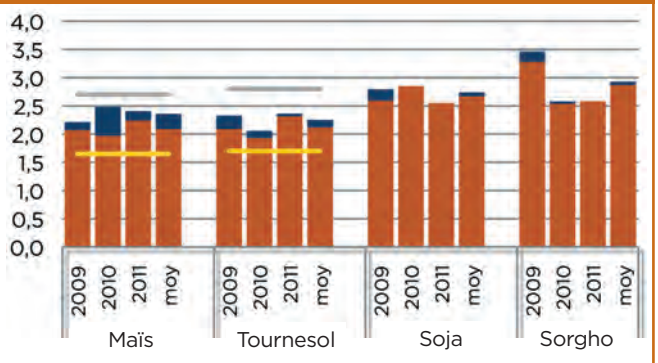
Résultats concernant les pratiques phytosanitaires

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. L'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. Les graphes suivants comparent les IFT herbicides et totaux du réseau aux IFT de références.

Indice de Fréquence de Traitement -IFT- des cultures d'hiver



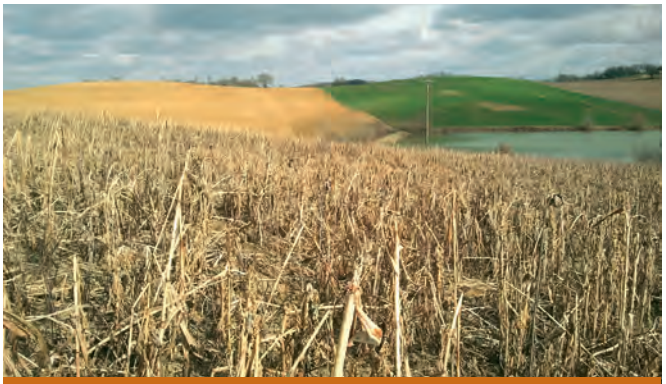
Indice de Fréquence de Traitement -IFT- des cultures d'été



IFT herbicides réseau
IFT hors herbicides réseau
IFT herbicides de référence
IFT total de référence

(IFT total = IFT herbicides + IFT hors herbicides)

Les agriculteurs du réseau utilisent en moyenne plus d'herbicides qu'un agriculteur conventionnel 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 l'agriculteur conventionnel (sur la base d'un IFT de référence déjà ancien).



Couvert à base de plantes à port dressé : tournesol, sorgho, féverole et radis.

Couvert de féverole semé en bandes sur le passage du strip-till.

Résultats 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.

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.

La conduite optimale d'un couvert

Choix des espèces

Mélange de 2 à 3 espèces (dont une légumineuse) : les mélanges sont intéressants pour compenser les difficultés de levée et pour la complémentarité entre espèces. Privilégier des espèces à port dressé, pour produire de la biomasse tout en laissant passer la lumière, ce qui facilite le ressuyage du sol au printemps. La légumineuse la plus intéressante est la féverole de printemps (production de semences à la ferme, germination facile, port dressé, fourniture d'azote, possibilité de destruction mécanique par roulage-écrasement) semée à 20-25 graines/m^2 ; on peut aussi utiliser la vesce commune. Une graminée utilisable est l'avoine diploïde mais jamais seule et à dose limitée (15 à 20 kg/ha) surtout en sols argileux (l'avoine se couche au sol et favorise les populations de limaces). On peut aussi utiliser la phacélie (répulsive des limaces) ou la moutarde blanche (à éviter dans une rotation avec colza). Tournesol et sarrasin peuvent être semés dès juillet et sont gélifs (couvert de tournesol à éviter dans les rotations courtes incluant cette culture).

Pour le semis, le mélange de graines de taille voisine est possible, mais la féverole doit être semée à part, à une profondeur plus importante (4 cm).

Dates de semis

Optimales du 20 août au 15 septembre dans le Sud-Ouest. On peut envisager un travail du sol superficiel au moment de l'implantation du couvert (la terre fine produite sera bénéfique pour implanter la culture au printemps suivant).

Dates de destruction

A partir de fin novembre quand les conditions le permettent et si la biomasse est suffisante (1,5 tMS/ha). Ne pas aller au-delà de fin janvier (soit au moins 2 mois avant le semis de la culture d'été) en sols argileux et de fin février en sols limoneux (risque d'assèchement du sol et de faim d'azote pour la culture suivante) sauf pour la féverole qui se détruit mieux en redémarrage de végétation.

Types de destruction

- Plutôt mixte en sols argileux (mécanique+chimique) : mécanique par roulage-écrasement (peu efficace sur graminées) ou cultivateur (si les conditions d'humidité du sol sont compatibles, 1 à 2 passages), chimique pour gérer les graminées et les adventices. La destruction mécanique doit être réalisée sur un sol ressuyé pour ne pas provoquer de lissage qui serait très pénalisant pour la culture suivante. La destruction chimique reste efficace sur toutes les espèces.
- Plutôt mécanique en sols limoneux (intervention avec des outils plus aisée qu'en sols argileux) en fin d'hiver.

Un rouleau pour écraser les couverts (auto-construction).

Couvert de trèfle violet dans le colza et jusqu'au maïs suivant

Un agriculteur du réseau réussit un couvert de trèfle entre colza et maïs dans une rotation irriguée en boulbènes (sud Gers).

«Après la récolte du blé, je réalise un déchaumage (déchaumeur à dents) vers la fin juillet. Si nécessaire, je réalise ensuite un décompactage pour bien fissurer le sol en profondeur. Fin août, j'effectue une fertilisation en P et K. Le jour du semis du colza, je passe une première fois en quad pour semer le trèfle violet à la volée (avec de l'anti-limaces), je passe ensuite les rouleaux pour mettre les graines au contact du sol. Je sème ensuite le colza avec un semoir monograine, à 80 cm d'écartement entre les rangs.

Le trèfle reste en place dans la culture puis jusqu'au printemps suivant la récolte du colza (soit un an et demi). Je le détruis alors mécaniquement puis chimiquement. J'ai aussi fait des essais pour le maintenir en place dans l'inter-rang du maïs qui suit. L'effet 'précédent trèfle' est très bénéfique à la culture du maïs ; je diminue l'apport d'azote minéral d'environ 50 kg/ha par rapport à un maïs sur maïs, pour des rendements équivalents. »

A la levée.

A la récolte du colza.

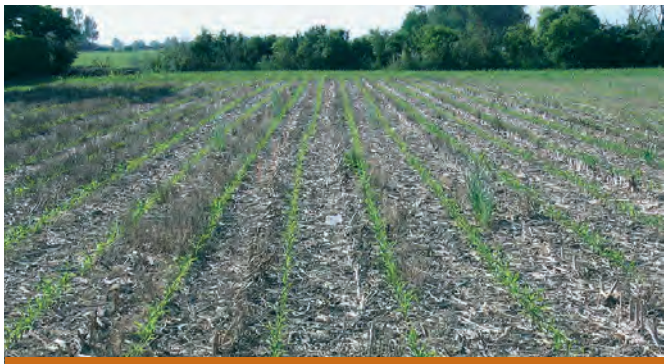
A l'automne suivant.

Les résultats de l'expérimentation

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 (Haute-Garonne), chez un agriculteur irrigant du maïs et équipé d'un semoir de SD polyvalent (Bertini 22 000). Trois 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 3 modalités ont été recoupées avec 2 modalités de couvert (avec ou sans). Les 2 premières années, la parcelle a porté du maïs irrigué, la troisième du soja irrigué.

Pour les 3 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 travaillés 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 épi 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 compense pas les baisses de rendements. Cette expérimentation mériterait d'être poursuivie afin d'évaluer si l'écart de performances observé les 3 premières années se réduit avec l'évolution des caractéristiques du sol en SD.



En semis direct, les levées de maïs sont aussi bonnes que sur les traitements travaillés.

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. Onze parcelles de maïs et 8 de tournesol ont été suivies.

Dans ces parcelles, les agriculteurs ont semé des couverts de mi-août à mi-octobre : 11 parcelles avec un travail très superficiel (<5 cm), 8 sans. Les couverts semés sont 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), détruit chimiquement en moyenne 2 mois avant le semis (5 tournesol, 1 maïs). 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

Semis direct de maïs dans un couvert vivant de féverole écrasé après le semis.

Des adaptations sur le semoir monograine sont indispensables pour réussir en SDCV.

Destruction mécanique d'un couvert.

avec un rouleau (type Cambridge ou lisse) utilisé à vitesse lente, le plus souvent par les 2 moyens combinés. L'utilisation d'un herbicide total 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. On ne note pas de meilleurs taux de levée et rendements pour les parcelles ayant reçu un travail très superficiel à l'automne pour l'implantation du couvert.

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 3 autres parcelles en SD, les trop faibles taux de levée (dégâts de limaces, semis trop superficiel dans le sec) ont nécessité un resemis. Les 2 parcelles implantées en direct et menées à leur terme ont obtenu des peuplements trop faibles (41000 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 chasse-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.

Les enseignements

Au vu des tests réalisés et du constat des échecs, la technique du semis sous couvert végétal 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.

Tests de destruction mécanique de couverts d'interculture hivernale

Le réseau d'essai comprend 6 sites mis en place durant la campagne 2010-2011. Un seul essai est conduit sur sol limoneux battant, les 5 autres se situent en sol argilo-calcaire de coteaux. Les espèces testées sont, par ordre d'importance décroissant, la féverole - avec ou sans avoine diploïde -, la phacélie, puis des mélanges commerciaux (vesce, trèfles). Les semis se font en majorité entre la mi-août et la fin septembre. Les modalités de destruction prévues comparent destruction mécanique (déchaumeur ou herse rotative ou cultivateur ou rouleau lourd) et destruction chimique (glyphosate 2 à 4 l/ha parfois complété d'un antigraminées).

Les modalités de destruction prévues ont été réalisées dans 2 sites sur 6 seulement. Pour les 4 autres, soit les couverts ont peu ou pas levé du fait de la sécheresse de la fin de l'été, soit l'agriculteur a décidé de déroger au protocole et d'utiliser le désherbage chimique sur tout l'essai afin de maîtriser l'enherbement.

Dans les 2 situations où le protocole a pu être suivi, on observe une bonne qualité de destruction pour la ou les modalités de destruction mécanique (cultivateur sur un site, herse rotative ou bêches roulantes sur l'autre). L'enherbement de la culture suivante est identique aux modalités avec destruction chimique. Concernant les espèces des couverts, c'est la modalité féverole + avoine qui présente les meilleurs développements (hauteur, biomasse et recouvrement) ; on ne note pas de différence de qualité de destruction entre les mélanges d'espèces.

Les enseignements

- ***Les couverts sont délicats à implanter, même à la fin de l'été.***
- ***Dans ces parcelles, très peu de couverts ont été assez compétitifs pour avoir un effet bénéfique sur le salissement de la parcelle.***
- ***Le salissement important de certains couverts a parfois nécessité un passage non prévu de glyphosate (indispensable pour gérer le salissement de la culture suivante).***
- ***La destruction mécanique par des outils à dents est efficace en conditions sèches, mais les conditions optimales pour cette destruction mécanique ne sont pas toujours réunies à la fin de l'hiver ou au printemps.***
- ***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).***
- ***Sur un des sites, la destruction mécanique a permis de diminuer le recours aux herbicides, avec un salissement et un rendement équivalents à la modalité destruction chimique.***
- ***Le travail mécanique peut venir en appui d'une destruction chimique, l'efficacité de maîtrise du salissement est augmentée.***

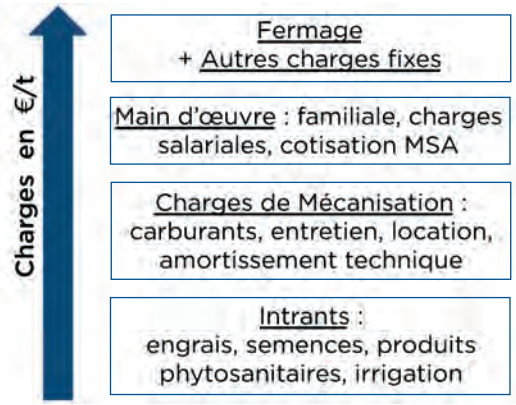
ANALYSE ÉCONOMIQUE

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.

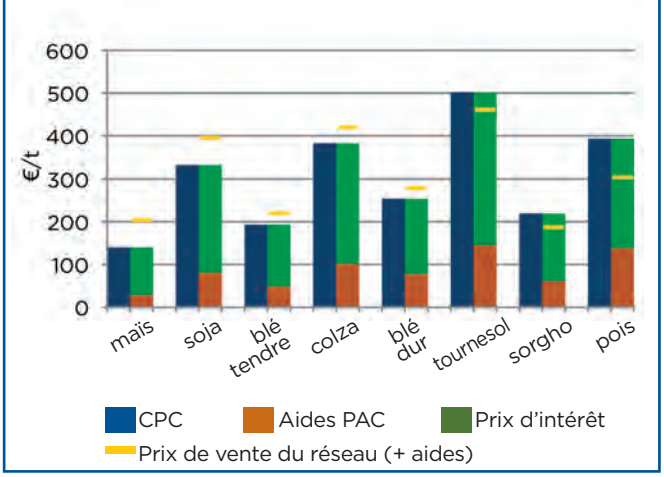
Compétitivité des cultures : le coût de production complet

Le coût de production complet (CPC) permet de comparer la compétitivité des cultures et des modes de production. Les CPC ont été calculés par l'outil Compéti-LIS® (Arvalis). Ils correspondent au rapport entre la somme de toutes les charges et le rendement, et s'expriment 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). 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.
Sur le réseau TTSI, 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

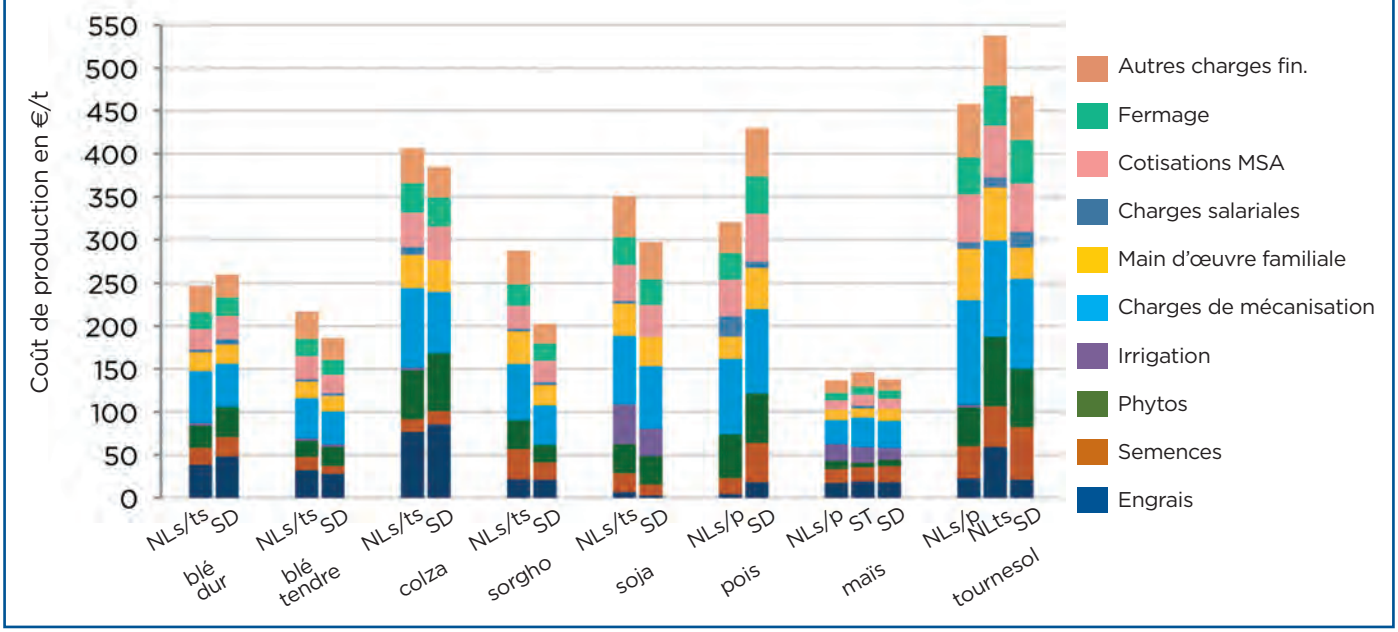
Le coût de production complet: total des charges/rendement



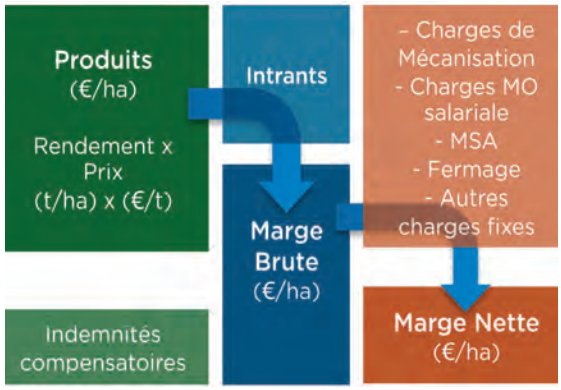
Coût de production complet et prix d'intérêt par culture, tous modes d'implantation confondus (moyenne 2009-2011, en €/t)



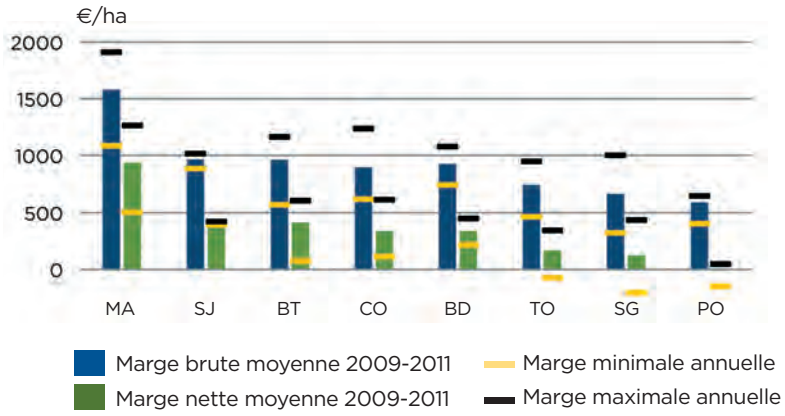
Coût de production et contribution des différents postes de charges, par culture et par mode d'implantation (moyenne 2009-2011, en €/t)



Calcul des marges brutes et marges nettes



Marges brutes (MB) et nettes (MN) avec aides (couplées et DPU) sur le réseau TTSI (moyenne 2009-2011, en €/ha)



moyens trop faibles de ces cultures en TTSI.
Pour le colza, le blé tendre, le sorgho et le soja, les CPC sont moins élevés en SD, qu'en NLs ou NIts, 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.
Le SD présente une compétitivité au moins équivalente à celle des autres modes d'implantation pour les cultures étudiées, à l'exception du pois et du tournesol.

Rentabilité des cultures : les marges brutes et nettes

Les marges brutes et nettes avec aides sont des moyennes des 3 années de suivi. Elles sont calculées avec des prix de vente moyens, issus des prix de vente des agriculteurs du réseau.
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 ont des marges équivalentes et d'un bon niveau (assez variables pour le blé tendre et le colza, plus stables pour le blé dur).
Enfin, le tournesol le sorgho et surtout le pois ont les marges les plus faibles, accompagnées d'une variabilité importante.
Afin de compléter cette étude, des résultats économiques régionaux permettent de positionner les techniques très simplifiées (chiffres disponibles pour 2009 uniquement). Les marges brutes du réseau sont supérieures en blé tendre, équivalentes en maïs irrigué et colza, légèrement inférieures en blé dur et très inférieures en tournesol. Sur les 3 ans du projet, 2009 est l'année la moins favorable d'un point de vue économique en raison d'un contexte de prix bas et de rendements plus faibles.

Impacts des charges opérationnelles et de mécanisation : des améliorations possibles

Les charges opérationnelles

Au sein du réseau TTSI, le niveau de charges opérationnelles observé durant les 3 années de suivi est d'une très grande variabilité, avec des charges opérationnelles pouvant varier du simple au triple pour une même culture avec des niveaux de rendement équivalents. C'est d'autant plus vrai pour les cultures de sorgho et surtout de tournesol (de 132 à 659 €/ha de charges opérationnelles en tournesol).
Des améliorations importantes semblent encore possibles dans ce domaine, notamment sur le pilotage de la fertilisation azotée (dose, formes). L'allongement et la diversification des rotations (couverts y compris) sont susceptibles de permettre une meilleure maîtrise des intrants.

Les charges de mécanisation

Les charges de mécanisation sont globalement déjà optimisées dans le réseau TTSI. Il y a assez peu de variabilité entre exploitations et donc entre systèmes d'implantation (le SD se positionne toutefois systématiquement mieux que le NLs). La mutualisation du matériel est fréquente et participe aux bons résultats, notamment en optimisant l'utilisation du matériel.
Etant déjà optimisées dans ce réseau, les charges de mécanisation constituent un levier moins important que celui des charges opérationnelles.

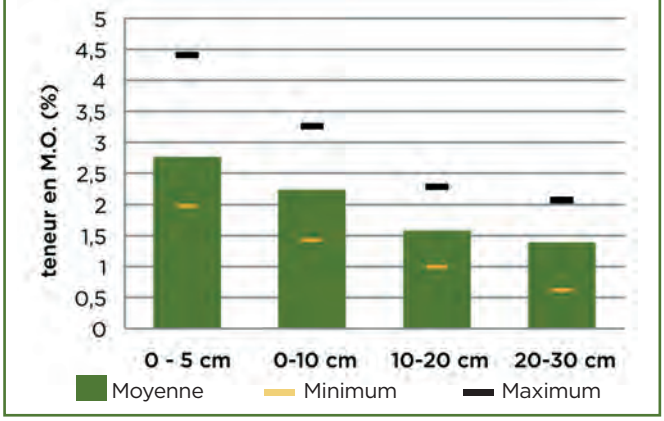
Les impacts des techniques très simplifiées d'implantation et du semis direct sur le sol

La réduction, voire l'arrêt du travail du sol (SD), se traduisent d'une part par le maintien en surface ou à faible profondeur de 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).

Une nouvelle répartition de la matière organique (MO)

On constate 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 20-30 cm).
Si l'on sélectionne les parcelles qui, de façon permanente, 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).
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.

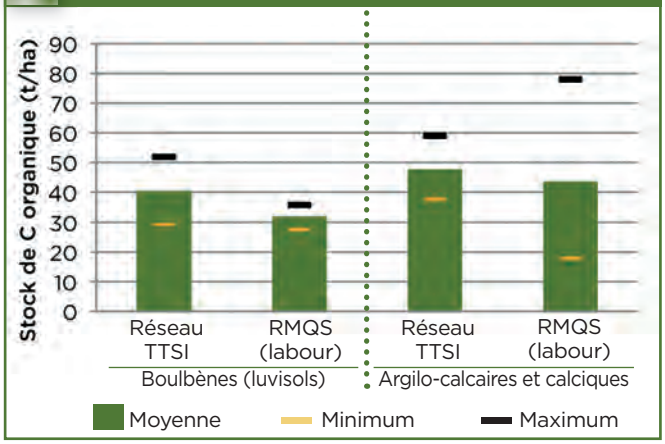
Teneurs moyennes en matière organique par horizon des parcelles du réseau



Le stockage de carbone dans les sols

Les calculs du carbone stocké se font grâce à la teneur en carbone et à 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 47tC/ha sur l'ensemble des parcelles du réseau, avec une variabilité importante. La différence de stock entre les sols de boulbènes (teneur en argile inférieure à 20%) et les sols argilo-calcaires et argilo-calciques (teneur en argile entre 25 et 40%) est de plus de 7t/ha. Ce point est à relier aux teneurs en MO plus faibles en boulbènes qu'en sols argileux.
On peut comparer les valeurs statistiques de l'échantillon de 60 parcelles du réseau TTSI avec les valeurs statistiques d'un échantillon de 66 parcelles du réseau RMQS (réseau de mesures de la qualité des sols) INRA-ECOLAB de Midi-Pyrénées. On constate un stock moyen plus élevé dans le réseau TTSI (+6 tC/ha) et une variabilité très forte dans le réseau RMQS avec des extrêmes plus marqués. L'écart est plus important en sols limoneux (+8 tC/ha pour le réseau TTSI) qu'en sols argileux (+4 tC/ha). L'analyse détaillée montre que ce n'est pas la teneur en MO qui fait la différence mais la densité apparente qui est plus forte en TTSI.

Stock moyen de carbone organique sur 0-30cm



Estimation du taux annuel d'augmentation du carbone stocké

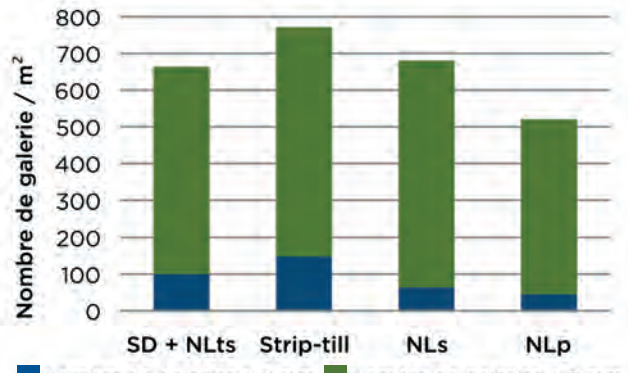
Cette estimation a pu être réalisée dans 2 situations (l'une en sol argileux, l'autre en sol limoneux). L'accroissement annuel du stock de C sans travail du sol (SD) ou avec un travail réduit à quelques centimètres (NLts) est évalué à 1 tonne de carbone par hectare et par an.

L'activité des vers de terre

Elle est caractérisée par le nombre de galeries de vers dans le sol, compté sur un plan horizontal selon 2 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. Les parcelles en NLp sont les plus pauvres, avec toutefois une variabilité élevée.

Certains profils montrent de nombreuses galeries de gros vers de terre.

Nombre de galeries de vers de terre par m² sur les parcelles du réseau TTSI



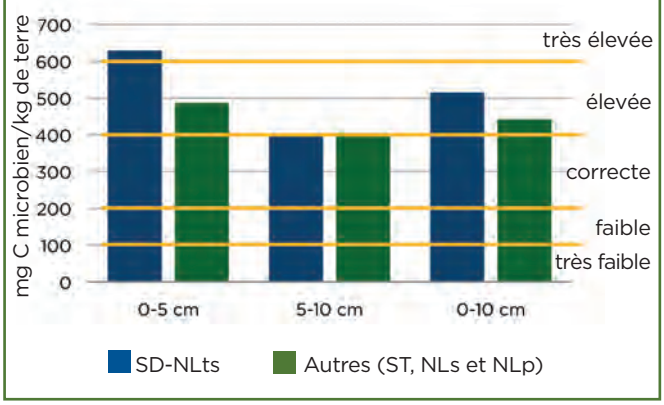
Les sols argilo-calcaires sont globalement plus riches en galeries de vers que les sols de boulbènes.

Turricules de vers de terre en surface.

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 élevées. 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 NIts.

Biomasse microbienne des parcelles du réseau par horizon et par type de travail du sol



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

Sur le site instrumenté d'Auradé (Gers), l'objectif a été de comparer ruissellement, érosion et transferts d'intrants (produits phytosanitaires et fertilisants) vers les eaux de surface sur 2 modalités de travail du sol, labour et non-labour (NL), différenciées depuis 1997, avec une même succession tournesol-blé. La modalité NL consiste dans une préparation superficielle (<10 cm) chaque année, la modalité labour correspond à une alternance labour avant tournesol et travail superficiel avant blé (standard régional). Le sol est argilo-calcaire et les pentes de la parcelle varient entre 7 et 15%. Un dispositif mobile (tôles enfoncées dans le sol) permet de collecter les quantités d'eau ruisselées. Au cours des 3 années d'étude, la pluviométrie a déclenché assez peu d'événements de ruissellement (7 en 2009 sur un blé, 5 en 2010 sur un tournesol, aucun en 2011 sur un blé).

Flux de ruissellement et érosion

Les résultats sont différents selon les 2 années. En 2009, la modalité NL a généré beaucoup plus de ruissellement que la modalité labour, malgré un travail du sol à l'automne identique (blé). En 2010 en revanche, le ruissellement observé est légèrement supérieur dans la parcelle labourée à l'automne (en raison d'un épisode en juin). Cette différence de comportement entre les 2 années est difficile à interpréter.
Un seul événement 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.

Vue générale du dispositif: à gauche, modalité labour, à droite, modalité non-labour.

Concentration des eaux de ruissellement et pertes en produits phytosanitaires

Parmi les produits appliqués, on retrouve dans les eaux 7 herbicides (glyphosate, AMPA, métolachlore, trifluraline, aclonifen, iodosulfuron et mésosulfuron) et 2 fongicides (époxiconazole et flusilazole) à des teneurs généralement inférieures au microgramme/litre, sans tendance nette de hiérarchie des teneurs entre les 2 modalités. Certaines matières actives se retrouvent l'année suivante de leur application.
Les flux ou pertes en 2009 sont bien plus importantes en NL, en lien avec les quantités de ruissellement plus éle-

vées 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 6 mg/ha.

Concentration des eaux de ruissellement et pertes en éléments minéraux

Sur les 2 années, les concentrations en éléments minéraux sont plus élevées en NL. Les pertes les plus élevées sont en NL : en 2009, elles sont de l'ordre de 1,3 kg/ha/an pour l'azote, 2,8 pour le calcium, et sont inférieures à 0,2 pour les 3 autres éléments (P, K et Mg). En labour, elles sont inférieures à 0,1 kg/ha/an pour chacun des éléments.

Sur ce dispositif, les quantités ruisselées sont globalement plus élevées en NL (sauf sur un épisode en juin 2010). 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.

Le comportement des herbicides en techniques de conservation des sols : exemple du S métolachlore (issu de la publication Alletto et al., 2011)

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.

La présence de mulch en surface modifie le comportement des herbicides racinaires.

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 2 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.

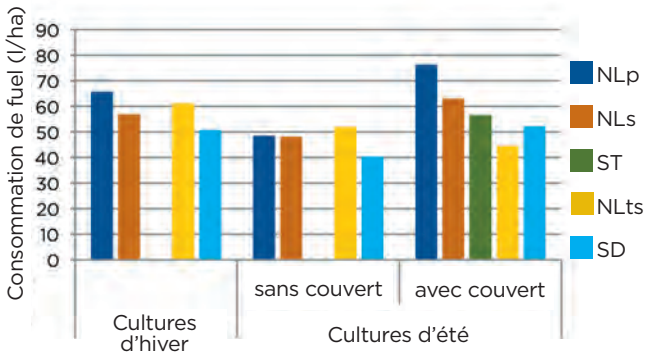
Les impacts sur l'énergie et les gaz à effet de serre (GES)

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.

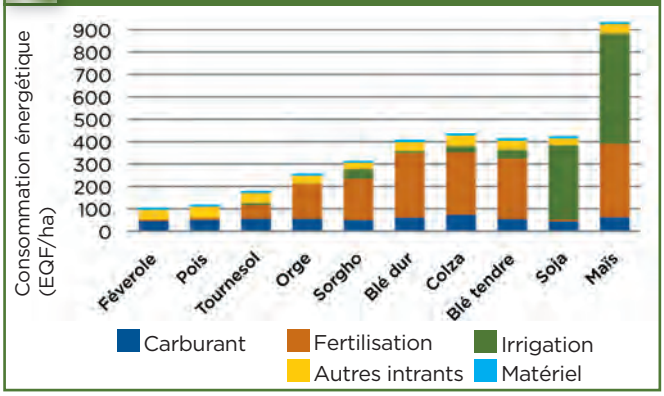
Consommation énergétique

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

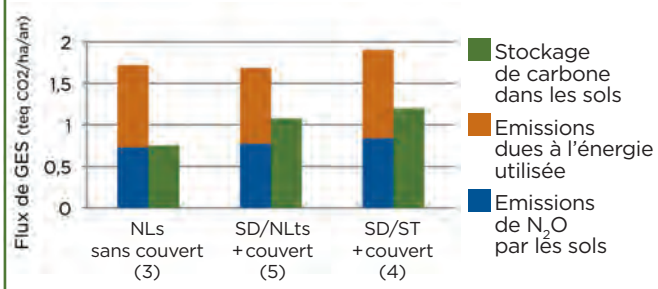
Consommations moyennes de fuel (moyennes 2009-2011, en l/ha/année culturale)



Consommation énergétique totale par culture



Emissions et stockage de GES selon les modes d'implantation dominants sur l'exploitation (chiffres 2009)



Les consommations d'énergie totale 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.

Emissions de GES

Les émissions de GES varient de 0,4 à 3,4 t CO_2-eq/ha en fonction des cultures (valeur moyenne de **1,9** t CO_2-eq/ha dont 63% sous forme de N_2O et 37% sous forme de CO_2). Cette valeur moyenne est à comparer à la valeur de référence de **2,16** t CO_2-eq/ha du référentiel PLANETE de 2010 (58% sous forme de N_2O et 42% sous forme de CO_2).
Les émissions sont élevées pour le maïs, le colza, le blé tendre, le blé dur, dans une moindre mesure pour le sorgho et le tournesol, et elles sont faibles pour les légumineuses: féverole, soja, pois. Pour les cultures fertilisées en azote, le niveau des émissions de GES (lors de la fabrication et au champ en lien avec le cycle de l'azote) dépendent fortement de la quantité d'azote minéral apportée.

L'outil PLANETE permet un calcul théorique de stockage de carbone dans le sol, basé sur des références INRA 2002 (retour des pailles, non-labour, couvert végétal). On peut ainsi comparer les exploitations du réseau entre elles, suivant leur mode d'implantation représentatif et la présence ou non de couvert.
Cette estimation n'a été réalisée que sur les exploitations du réseau ayant un mode d'implantation homogène (entre cultures, parcelles, années). La modalité SD/ST avec couverts correspond à 4 exploitations où le maïs irrigué est présent, ce qui explique les émissions de GES/ha plus importantes. On observe globalement un effet positif de la diminution du travail du sol et de la mise en place de couverts végétaux sur le stockage du C et donc sur le bilan GES.

Ont contribué à la rédaction de ce document :
A. Rodriguez (Acta), MJ. Blazian (Agro d'Oc), G. Eschenbrenner, M. Berrodier (Arvalis), B. Huntz (CA 31), M. Abella (CA32), C. Longueval, S. Hypolite (Cramp), V. Lecomte (Cetiom), L. Alletto (INP El Purpan), S. Doublet (Solagro).

Crédit Photos : Acta, Agro d'oc, Arvalis, Cetiom, Cramp, CA 11, CA 31, CA 32, CA 81.

La plaquette et 15 fiches-témoignages sont téléchargeables sur le site Internet de la Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées: www.mp.chambagri.fr

Réalisation : ENTRAID' - septembre 2012.