

## Essais CIPAN en sols à comportement argileux

Synthèse de 4 années d'essais en Midi-Pyrénées et dans l'Aude

Quatre années d'essais de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) en sols à comportement argileux ont permis de tirer quelques grands enseignements.

En Midi-Pyrénées et dans l'Aude, les sols à comportement argileux sont raisonnablement travaillés en début d'automne pour bénéficier de bonnes conditions d'humidité de sol au moment de l'intervention (ni trop sec, ni trop humide) et pour bénéficier de l'action naturelle du climat (humectation-dessiccation et gel-dégel) pendant la période hivernale.

La problématique technique liée à l'obligation de semer des CIPAN en interculture longue est donc de pouvoir réaliser le travail profond à l'automne dans de bonnes conditions tout en implantant une CIPAN qui aura un développement assez significatif pour qu'elle atteigne son objectif de piège à nitrates. Dans ces essais, le travail profond a été réalisé à la destruction des couverts.

Dans le cadre du 4e Programme d'actions Directive Nitrates, la profession agricole s'est engagée dans un dispositif d'acquisition de références sur la faisabilité des CIPAN en interculture longue dans les sols à comportement argileux.

Les objectifs des essais mis en place ont été d'évaluer :

- la faisabilité de l'implantation de couverts en interculture.
- le potentiel de développement de plusieurs espèces de couverts.
- la faisabilité de différents modes de destruction des couverts.
- l'impact des différentes conduites de l'interculture sur les conditions de semis et de développement de la culture suivante.

A l'issue de 4 années d'essais, voici les enseignements et observations recueillis à partir des résultats des 167 modalités testées.

### Les difficultés de levée sont récurrentes

Malgré un nombre important de parcelles mises en place pour répondre à une diversité de situations, la réussite de levée du couvert reste assez limitée.

Sur les 4 années d'essais, 60 % des modalités n'ont pas levé ou ont eu un développement non significatif (<400kg/ha). Cette proportion varie de 55 % en 2010-2011 à 67 % en 2009-2010.

Ceci est lié aux conditions climatiques estivales (voir encart données météo) et à la qualité d'implantation du couvert.

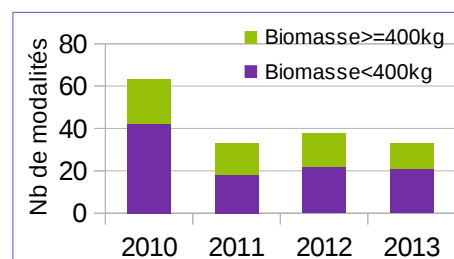
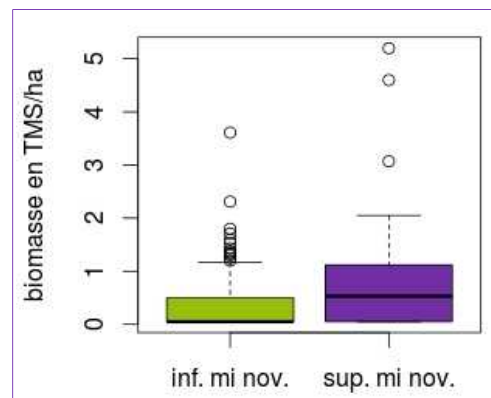


Fig. 1 : Taux de réussite des couverts

## Une production de biomasse faible surtout avec des destructions précoces

La biomasse produite est en moyenne faible sur les 4 années d'essais, quelles que soient les espèces et les dates de destruction. Ceci est dû aux conditions de sécheresse des sols en août et septembre. En effet cette sécheresse estivale ainsi que les fortes températures observées ont conduit à 61 % de situations non levées ou sans développement significatif. On peut toutefois noter une production de biomasse plus importante pour les couverts détruits plus tardivement (0,8TMS/ha de matière sèche en moyenne sur les 4 années, pour les couverts détruits après le 15 novembre, contre moins de 0,4TMS/ha pour les CIPAN détruits avant le 15 novembre). Les quelques situations représentées par les valeurs extrêmes (ronds sur la figure 2) correspondent à des situations atypiques en terme de localisation ou de système de culture par rapport au reste des essais (Nord du Lot, Ariège, précédent maïs semences...).

Fig. 2 : Biomasse produite selon la date de destruction



## Une influence variable des dates de semis

Il n'y a pas de différence significative de production de biomasse, en fonction des dates de semis des couverts, en moyenne sur les 4 années, mais une variabilité assez importante selon les situations et les années.

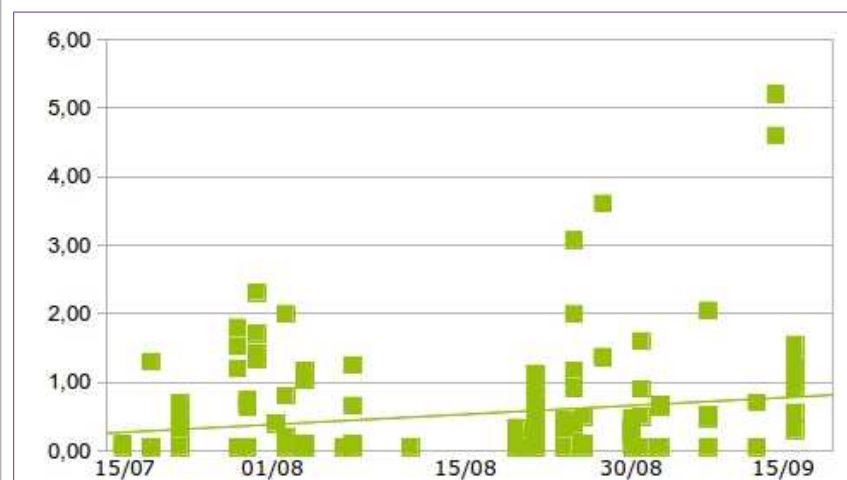


Fig. 3 : Biomasse produite selon la date de semis (en TMS/ha)

Cependant, quelques semis de la première quinzaine d'août (semis dits d'opportunité) permettent de produire une biomasse significative. Ces semis ont eu lieu à la faveur d'un orage estival local. Les semis de la première moitié de septembre (les plus nombreux car réalisés à cette période si il n'y a pas eu d'opportunité plus tôt) subissent également la sécheresse observée en septembre pendant les 4 dernières années. En effet, les conditions climatiques très chaudes de l'été vont soumettre le couvert à différents stress qui vont limiter sa croissance (chaleur, ravageurs...).

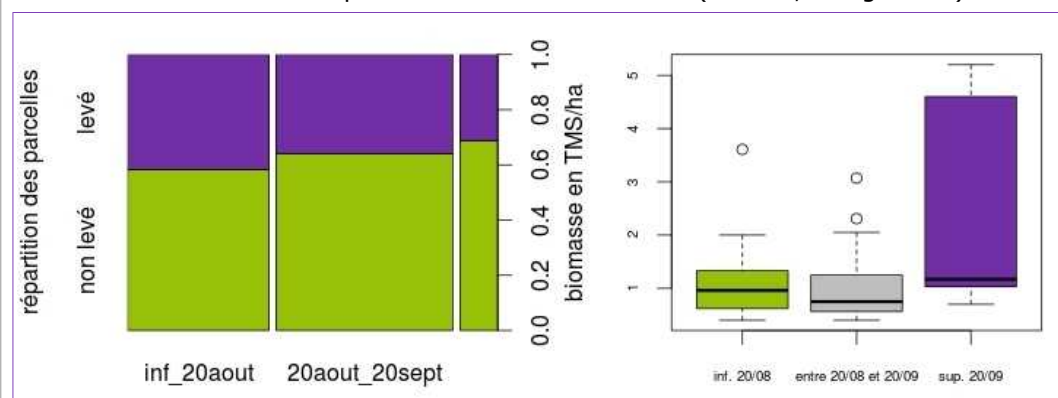


Fig. 4 : Biomasse produite selon la date de semis

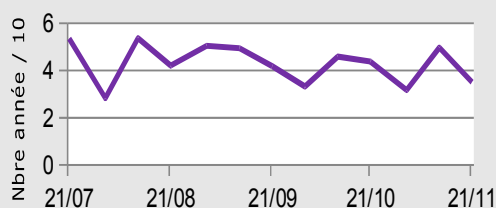
A noter :  
les destructions tardives sont rencontrées dans des situations spécifiques de non travail du sol en sortie d'hiver avant la culture de printemps, telles que : aucun travail profond, un travail profond réalisé avant l'implantation du couvert (décompactage)

Méthodologie :  
Les résultats présentés ici sont issus des 4 années d'essais réalisés. Ils tiennent compte uniquement des parcelles en sols à comportement argileux (argilo-calcaires ou limons argileux) et représentent 167 modalités.  
En cas de très faible biomasse sur le terrain, celles-ci n'ont pas pu être mesurées. Par convention, on utilise la valeur de 0,1TMS pour ces situations.  
Les représentations sont réalisées majoritairement sous la forme de boîtes à moustaches, qui permettent de représenter la répartition de l'échantillon autour de la médiane. La boîte correspond à l'écart entre le premier et le troisième quartile, elle représente donc 50 % des valeurs. Les « moustaches » représentent quant à elles les premier et neuvième déciles. Les points extrêmes représentent les valeurs supérieures à 1,5 fois l'écart inter-quartile, c'est à dire non représentatives de l'échantillon.

## Des conditions climatiques peu favorables à la réussite des CIPAN

Une étude fréquentielle des pluies décadaires supérieures à 10 mm (pluviométrie minimale pour assurer la levée) a été réalisée en Midi-Pyrénées. Sauf pour la 1<sup>re</sup> décennie d'août (semis d'opportunité), la fréquence d'avoir des pluies décadaires inférieures à 10 mm est de plus de 5 années sur 10, de juillet à septembre. A partir de la 2<sup>e</sup> décennie de septembre, les pluies supérieures à 10 mm deviennent plus fréquentes (6 années sur 10).

La période recommandée de semis est donc située entre le 20 août et le 20 septembre.



### Importance du travail du sol pour privilégier une bonne implantation du couvert

L'implantation d'un couvert végétal a été réalisée majoritairement après un déchaumage : outil à disques (déchaumeur indépendant ou cover crop).

Dans un grand nombre de situations, le semis est effectué soit en combiné, soit avec des matériels associés. Des semis à la volée, précédés d'un travail superficiel, mais suivi par un roulage ou des semis directs ont pu être réalisés mais dans un nombre de situations plus limitées.

Ainsi, dans tous les cas de figures, il semble important de ne pas négliger le travail du sol pour réussir l'implantation d'un couvert végétal.

### La moutarde permet une production de biomasse plus importante

Pour les destructions précoces (avant le 15 novembre), ce sont **les semis à base de moutarde** qui atteignent le niveau de biomasse le plus élevé (750kg/ha en moyenne sur les 4 années), alors que pour les destructions tardives (après le 15 novembre) **les mélanges contenant des légumineuses** type vesce-avoine ou avoine-féverole atteignent le niveau de biomasse le plus élevé (1T/ha en moyenne).

La gestion des repousses de céréales n'a pas toujours été optimale dans ces expérimentations, ce qui explique au moins partiellement les résultats obtenus.

-----  
 En 2012, le protocole a évolué pour tester un travail profond effectué avant le semis du couvert, afin de réaliser un travail profond dans de bonnes conditions (sans porter préjudice à la culture suivante), tout en laissant la possibilité de laisser le couvert en place plus longtemps.  
 -----

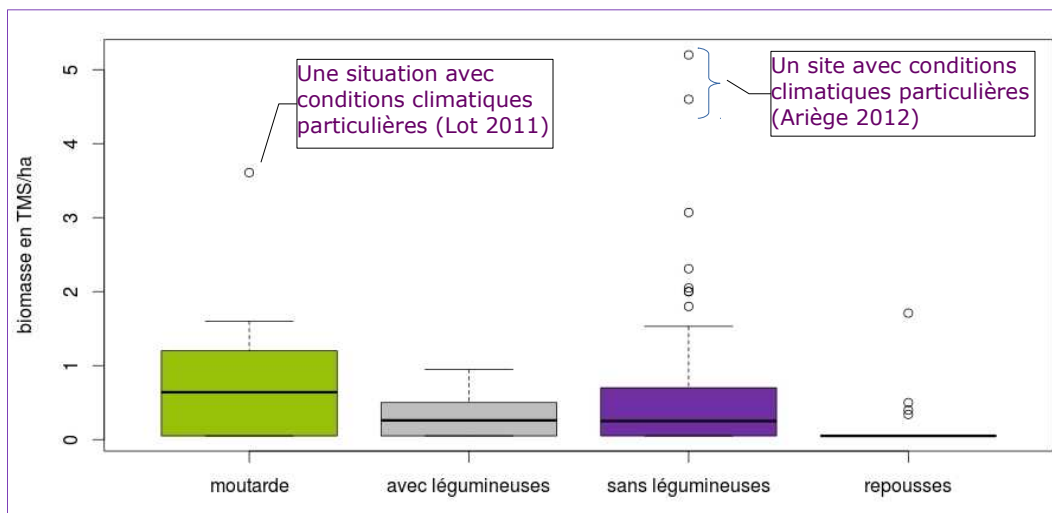


Fig. 5 : Biomasse par type de couvert

La quantité d'azote absorbé augmente avec la biomasse. Au cours des 4 années, sur les parcelles qui ont pu être mesurées (c'est à dire avec plus de 400kg MS/ha), la quantité moyenne d'azote absorbé a été de 34,8U (35U pour les légumineuses ou mélanges avec légumineuses et 33U pour les espèces non légumineuses – pas de différence significative).

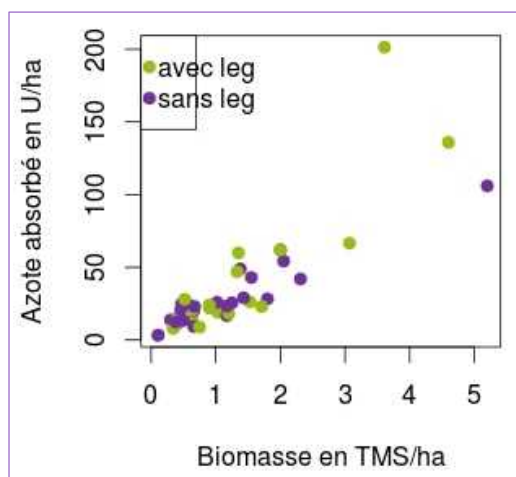


Fig. 6 : Azote absorbé en fonction de la biomasse produite

### Impact sur l'azote du sol en début de période de lessivage (effet piège à nitrates)

En moyenne sur les 4 années, la quantité d'azote soustraite au lessivage est de 13,5U (12U pour les légumineuses et 16 pour les non légumineuses – pas de différence significative). Il n'y a pas non plus de différence en terme de quantité d'azote soustraite au lessivage en fonction de la date de destruction du couvert.

Par contre, c'est bien le paramètre biomasse qui entre en compte dans la quantité d'azote soustrait au lessivage.

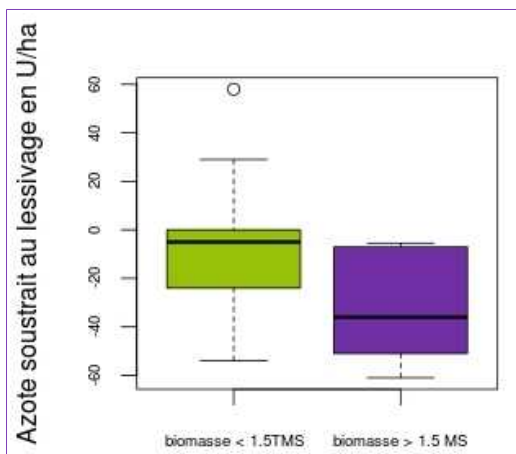


Fig. 7 : Azote soustrait au lessivage

La différence est significative : 7U en moyenne soustraites au lessivage pour les situations avec une biomasse inférieure à 0,8TMS et 27U en moyenne pour les biomasses plus élevées. (Ces valeurs sont à mettre en relation avec le niveau de minéralisation automne (de l'ordre de 25U – voir encart) et avec le reliquat post-récolte).

### La quantité d'azote disponible au semis de la culture suivante ne varie pas

La quantité d'azote disponible au semis de la culture suivante est de 2U en moyenne, toutes situations confondues. Selon les situations, il peut y avoir des phénomènes de restitution. On ne connaît cependant pas la quantité d'azote qui pourra être restituée pendant la phase de croissance de la culture suivante.

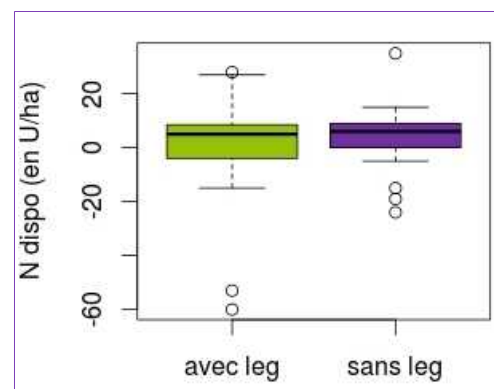


Fig. 8 : Azote disponible au semis de la culture suivante

Pour les destructions précoces, les seules situations avec mesure du reliquat d'azote minéral au semis de la culture suivante (c'est à dire parcelles avec une biomasse suffisante du couvert) ne montrent pas de différence entre sol nu et après couvert. Ceci est dû au fait que la destruction a eu lieu suffisamment tôt pour être suivie d'un travail profond réalisé dans de bonnes conditions, ce qui n'a pas eu de conséquences sur l'azote disponible pour la culture suivante.

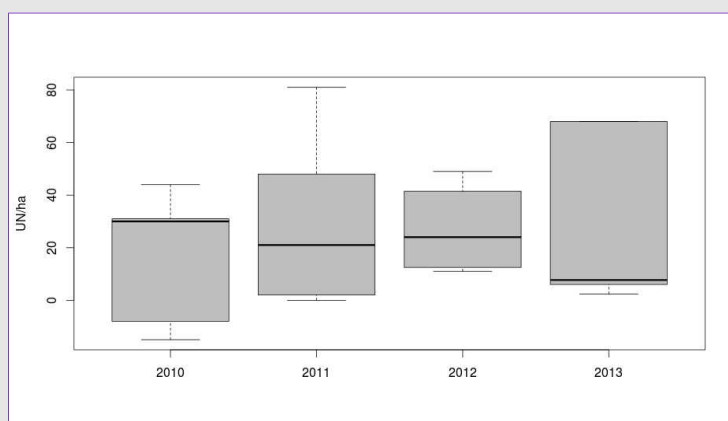
Pour les destructions tardives, la quantité d'azote disponible au semis de la culture suivante est faible en moyenne (6U) mais se répartit de manières diverses ( de 5 unités bloquées au semis à 27 U disponibles au semis pour les mélanges avec légumineuses – pour les mélanges sans légumineuses, la variation est de 3 à 12U, sur très peu de valeurs). Ces résultats s'expliquent par un effet plus important du couvert avec légumineuses en terme de disponibilité d'azote pour la culture suivante.

-----  
*La quantité d'azote soustraite au lessivage se définit par la différence entre le reliquat d'azote minéral mesuré sur sol nu et sous couvert, au début de la période de lixiviation*  
 -----

## Zoom sur le niveau de minéralisation automnale

La minéralisation automnale (entre la récolte de la culture précédente et le début de la période de drainage) peut être estimée par la différence entre le reliquat d'azote minéral au 1er novembre et celui à la récolte de la culture (juillet).

Même si cette minéralisation est variable selon les parcelles, les années, et le statut des pailles (récoltées ou exportées), l'augmentation de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'automne est en moyenne assez faible et égale à 25 unités (de 17 à 32 unités selon les années). (minéralisation).



On peut relier cette observation aux conditions climatiques rencontrées, à savoir la répétition d'automnes secs. Ces résultats sont similaires à ceux rencontrés dans le réseau régional de mesures de reliquats d'azote mis en place entre 2009 et 2012 en Midi-Pyrénées.

### Effet des couverts végétaux sur l'implantation du tournesol suivant en sol argileux

#### ■ Un travail du sol profond valorisé en sol argileux

Un travail du sol profond est une étape importante pour favoriser l'enracinement de la culture d'été suivante, tournesol en particulier.

Si l'introduction d'un couvert végétal induit un travail du sol retardé dans des conditions trop humides et plastiques, alors l'implantation de la culture de printemps suivante de tournesol (densité levée, qualité d'enracinement) sera dégradée.

% de plantes de tournesol par classe	Sans fissuration	Avec fissuration (août ou nov 2009)
Classe 1	40	70
Classe 2	25	22
Classe 3	35	8

Tab. 1 : Qualité d'enracinement du tournesol suivant la présence ou pas d'un travail du sol de fissuration durant l'inter-culture (essais CETIOM En Crambade, 2009-2010)

Par rapport à un sol nu en interculture, le couvert végétal ne permet pas à lui seul de créer une structure favorable à l'enracinement du tournesol suivant. Cependant, dans certaines situations, le

couvert végétal peut maintenir une structure avec une porosité favorable à l'enracinement du tournesol suivant, à condition que le travail du sol profond ait été réalisé avant le semis du couvert végétal, ou en début de période de croissance de celui-ci, dans des conditions optimales de ressuyage (essai CETIOM En Crambade 2009-2010).

#### ■ Une majorité de situations sans différence de densité de levée du tournesol suivant, du fait de destructions précoces, mais quelques cas problématiques en cas de destruction tardive.

Dans le réseau d'essais Midi-Pyrénées 2009-2013, les croissances de couvert végétaux souvent faibles (< 1 t MS par ha) ainsi que leur destruction précoce (novembre) par le labour n'ont pas induit, dans une majorité de situations, de différence de densité de levée du tournesol suivant, entre modalités avec ou sans couvert (exemple : essai CETIOM En Crambade 2010-2011).

Mais ce critère n'a pas été systématiquement mesuré. De plus une intervention réalisable en conditions optimales sur un essai ne l'est pas nécessairement à l'échelle de l'ensemble de la sole en interculture longue d'une exploitation agricole. Cette dimension de la faisabilité à l'échelle agricole doit avant tout être abordée via la modélisation des jours disponibles.

En sol argileux, le couvert végétal peut perturber fortement la levée du tournesol suivant en cas de travail du sol retardé en

-----  
**Classe 1** : pivots longs, droits, avec chevelu racinaire bien réparti  
**Classe 2** : pivots légèrement coudés avec chevelu racinaire normal  
**Classe 3** : pivots coudés à 90° ou courts avec peu de chevelu racinaire  
 -----



fin d'hiver à cause du couvert végétal, en particulier en cas de fin d'hiver et printemps humide comme cela a été le cas dans le sud-ouest en 2013 ou 2014.

Cette destruction retardée entraîne de surcroît une forte augmentation du risque lié aux limaces (noires et grises), auxquelles le tournesol est particulièrement sensible.

Cette situation se retrouve dans l'essai 2012-2013 mis en place par la chambre d'agriculture du Tarn près de Fiac : La destruction mécanique du couvert le 4 mars 2013 dans des conditions encore très humides (manque de créneaux d'intervention lié à l'hiver pluvieux) a fortement dégradé la préparation du lit de semences et en conséquence la levée du tournesol suivant semé le 7 mai 2013. Le rendement et la qualité (baisse de la teneur en huile) s'en sont trouvés fortement réduits.

Ce résultat confirme les références antérieures obtenues en essais (effet négatif sur la levée du tournesol d'un labour tardif sur un essai CETIOM à Crambade en 2003-2004) ou au travers des nombreuses expériences des agriculteurs.

Or, en conditions habituelles, les taux de levée mesurés en tournesol par le CETIOM sont déjà relativement bas, de l'ordre de 75% en moyenne (sources : suivis 2007-2009 UMT tournesol, essais densité de semis CETIOM 2011 et 2012). Tout facteur augmentant ce risque de pertes à la levée est donc à éviter.



### ■ Une destruction mécanique à réaliser précocement pour limiter les risques

En sol argileux, le recours à une destruction uniquement mécanique peut être un facteur de risque par rapport à la réussite de la culture suivante de tournesol :

- vis-à-vis de l'enherbement. C'est l'exemple de l'essai CETIOM NCI d'en

Crambade en 2009-2010 où une destruction mécanique par un seul déchaumage n'a pas entièrement détruit le couvert à base de phacélie qui a redémarré par la suite et pénalisé le tournesol suivant.

- vis-à-vis de la qualité de levée du tournesol suivant : c'est particulièrement le cas lors d'hivers humides (type 2012-2013 ou 2013-2014) où les créneaux d'intervention pour une destruction mécanique sont faibles à nuls. Une destruction mécanique va alors induire une dégradation du futur lit de semences et pénaliser l'enracinement de la culture (lissage).

La destruction mécanique requiert donc des conditions de ressuyage suffisantes, des outils adaptés (agressivité) et un nombre de passages suffisant pour une destruction complète du couvert sans effet négatif sur la culture suivante. En tendance, une destruction précoce limitera cet effet négatif.

Dans tous les cas, cette destruction doit être réalisée sur des couverts d'une biomasse sèche inférieure à 2 t/ha et doit avoir lieu au moins deux mois avant le date prévue de semis du tournesol.

La destruction chimique permet une souplesse d'intervention plus grande sans risque de dégrader la structure du sol.

### Résultats économiques et temps de travail

Au cours des 4 années d'expérimentation la conduite des couverts végétaux a permis de recenser et de déterminer les coûts associés aux temps de travaux et à la consommation de carburant.

Ces coûts sont calculés en ne prenant en compte que les interventions liées au couvert de manière spécifique, c'est à dire non réalisée sur le témoin sol nu.

Ainsi en moyenne les coûts d'implantation - destruction incluant le coût de la semence représente 134 €/ha. Les temps d'implantation et de destruction représentent 1H 40. La consommation de carburant est en moyenne de 33 l/ha.

Compte tenu des différentes opérations culturales et de la production de matière sèche du couvert, en moyenne pour piégé 1 kg d'azote par le couvert le coût est de 4 €.

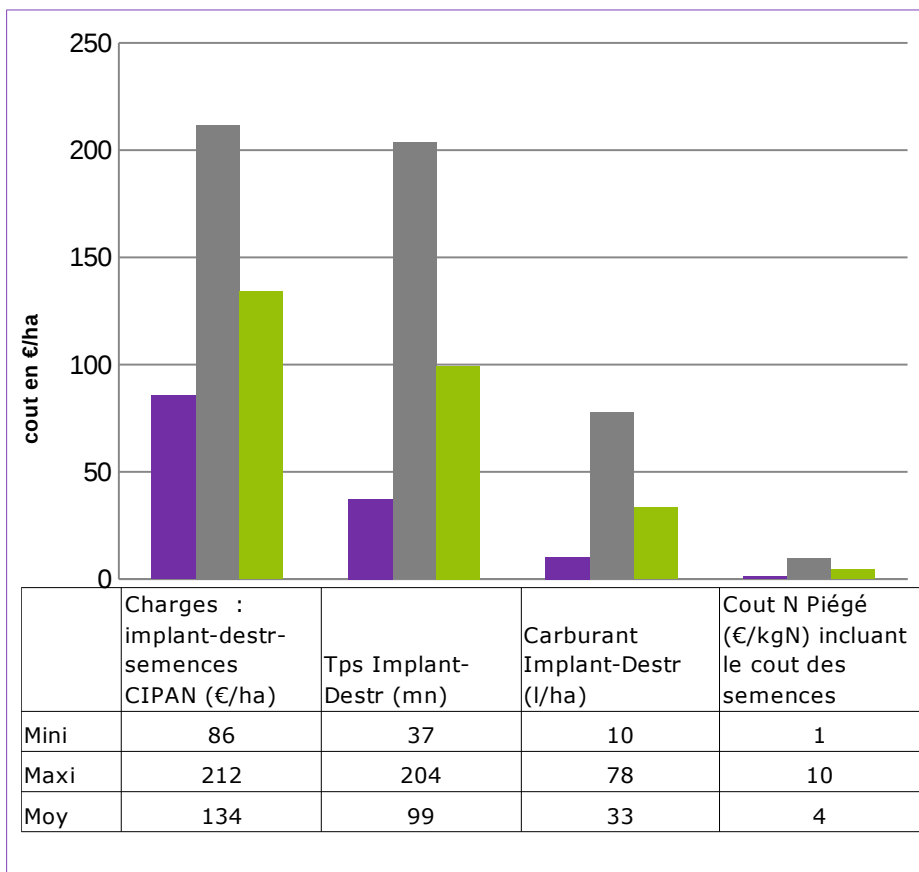


Fig 9 : récapitulatif des charges, temps de travaux, consommation carburant et coût de l'azote piégé moyens pour les 4 années

### Conclusion

Le contexte climatique durant la période estivale est un facteur essentiel de la réussite des CIPAN en Midi-Pyrénées et dans l'Aude. Aussi, on observe seulement 40 % des situations qui se révèlent satisfaisantes. Au cours des 4 années d'essais mis en œuvre, la production moyenne de biomasse a été faible, 0,5TMS/ha, avec une production tout de même plus importante en cas de destruction tardive (0,8TMS/ha).

La moutarde est l'espèce permettant la production de biomasse la plus importante en cas de destruction précoce (avant le 15 novembre), alors que les mélanges avec légumineuses ont une plus grande production en cas de destruction tardive.

On observe un effet piège à nitrates dans la majorité des situations, même si celui-ci est assez modeste (de l'ordre de 13U/ha). En revanche quand la production de biomasse est supérieure à la moyenne (>0,8TMS), le piégeage est également plus significatif, de l'ordre de 27U/ha.

En ce qui concerne les conditions d'implantations, un travail superficiel est

réalisé dans la majorité des situations et permet ainsi d'assurer un bon contact sol-graine pour favoriser le développement du couvert.

Cependant, dans les situations de semis direct du couvert avec des équipements spécifiques, le développement du couvert est également satisfaisant. Cette étape de préparation du sol est à ne pas négliger.

Les semis d'opportunités, c'est à dire avant le 20 août à la faveur d'un orage peuvent être intéressants les années où cela est possible (ex. en 2011), mais les semis réalisés à partir du 20 août permettent une meilleure régularité dans l'atteinte des résultats.

Les opérations de semis et destruction spécifiques du couvert ont un coût non négligeables et ne garantissent pas une réussite du couvert, ainsi le coût de l'unité d'azote piégé est de 4€/U en moyenne sur les 4 années.

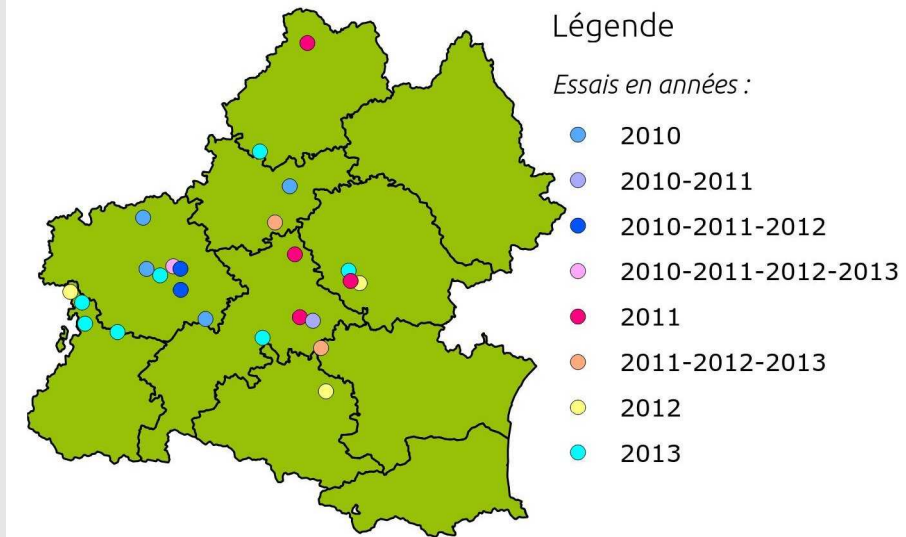
Les essais se poursuivent en 2014 avec une réorientation profonde vers un travail sur le positionnement du travail profond (avant ou pendant la présence du couvert).

## Un dispositif régional

Un dispositif partenarial d'acquisition de références associant les Chambres d'Agriculture de Midi-Pyrénées et de l'Aude, ARVALIS et le CETIOM a été mis en place dès 2010, en partenariat avec les organismes économiques. Un protocole commun (choix des espèces, variables suivies...) permettant de réaliser une synthèse annuelle à l'échelle régionale a été mis en oeuvre.

Les essais ont été réalisés en utilisant le matériel présent sur les exploitations et les agriculteurs ont réalisé ces essais dans les meilleures conditions (choix de l'itinéraire technique adapté et semences certifiées) pour favoriser leurs réussites.

Carte des essais CIPAN en 2010-2013



Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées  
24 Chemin de Borde-Rouge  
BP 22107  
31321 Castanet Tolosan Cx  
Tél : 05 61 75 26 00  
Télécopie : 05 61 73 16 66  
Courriel :  
accueil@mp.chambagri.fr

**Etude réalisée par :**  
*Aline Vandewalle, Chambre régionale d'agriculture de Midi-Pyrénées,  
Gilles Eschenbrenner, Arvalis,  
Vincent Lecomte, Cetiom*

Cette étude a été cofinancée par le CasDAR, (Ministère de l'agriculture), la Région Midi-Pyrénées et l'ADEME



PUBLICATION DISPONIBLE SUR NOTRE SITE [WWW.MP.CHAMBAGRI.FR](http://WWW.MP.CHAMBAGRI.FR)  
REPRODUCTION PARTIELLE AUTORISÉE AVEC MENTION D'ORIGINE

