

# Résultats des essais de couverts végétaux en agriculture biologique Campagne 2017



Mélange phacélie/vesce 2018 Photo CREAB MP



C.R.E.A.B. Midi-Pyrénées

LEGTA Auch-Beaulieu

32020 AUCH Cedex 09

Tél : 05.62.61.71.29

[contact.creabio@gmail.com](mailto:contact.creabio@gmail.com)

Rédigé par E. Burel et L. Escalier

Les rapports du CREAB sont disponibles  
sur : [www.creabio.org](http://www.creabio.org)

Le CREAB MP est membre

**ITAB**

Institut Technique de  
l'Agriculture Biologique



mai 2018

## Action réalisée avec le concours financier :

Du Conseil Régional de Midi-Pyrénées, de l'Agence de l'Eau Adour Garonne et du Ministère de l'Agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt (CASDAR)<sup>1</sup>



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

<sup>1</sup> La responsabilité du Ministère en charge de l'agriculture ne saurait être engagée

**C.R.E.A.B. MIDI-PYRENEES**

**CENTRE REGIONAL DE RECHERCHE ET D'EXPERIMENTATION EN AGRICULTURE  
BIOLOGIQUE MIDI-PYRENEES**

---

## Introduction

L'objectif général de ces essais est de fournir des conseils aux producteurs sur : i) les itinéraires techniques pour la mise en place de couverts végétaux selon leur période d'implantation, de donner des informations sur la biomasse produite et les quantités d'éléments minéraux prélevés par les couverts et de quantifier les quantités d'azote disponibles pour la culture suivante. Pour cela, deux dispositifs sont mis en place chaque année correspondant à des périodes d'implantation différentes. La 1<sup>ère</sup> période d'implantation se situe au printemps avec le semis de couverts végétaux sous couvert d'une céréale à paille, la deuxième période d'implantation se situe en fin d'été / début d'automne en interculture. Pour le dispositif semé au printemps il s'agit de tester des légumineuses pures, pour celui testé à l'automne il s'agit de mélanges bispécifiques associant une légumineuse à une non légumineuse. Pour chaque couvert a été suivi :

- La biomasse produite
- La quantité d'éléments minéraux absorbés dans les parties aériennes (N-P-K)
- L'effet bio-contrôle du couvert sur le développement des adventices
- Le suivi de l'azote minéral du sol
- Pour le dispositif semé sous couvert, un suivi de la culture hôte est réalisé afin de mesurer d'éventuels effets concurrentiels du couvert.
- Pour les deux dispositifs, il y a présence d'une modalité sans couvert.

Il est également prévu de réaliser un suivi en 2<sup>ème</sup> année pour mesurer les quantités d'azote minéral disponibles au semis de la culture suivante pour les différents couverts, et l'impact de ces derniers sur la culture suivante : rendement, qualité, ainsi que le développement des adventices.

Le CREAB MP tient à remercier l'UMR AGIR de l'INRA Toulouse pour l'aide apportée à ces essais aussi bien pour la réalisation des analyses de sols, le choix des couverts et son appui pour le protocole et l'interprétation des résultats.



## Table des matières

<b>Partie I. Engrais verts semés sous couvert d'un blé</b> .....	9
1. Description de l'essai.....	9
a. Situation de l'essai .....	9
b. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	9
c. Conduite de la culture hôte du couvert .....	10
2. Les résultats.....	11
a. Développement des couverts sous le blé .....	11
b. Prélèvement à la récolte du blé : biomasse et éléments prélevé par la culture .....	11
c. Reliquats azotés à l'implantation et à la destruction des couverts .....	12
d. Biomasse des couverts avant destruction .....	13
e. Les éléments absorbés par les couverts .....	14
3. Discussion sur les couverts de printemps : légumineuses fourragères semées dans le blé.....	16
<b>Partie II. Engrais vert semés en interculture</b> .....	18
1. Description de l'essai.....	18
a. Situation de l'essai .....	18
a. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	18
b. Conduite de la culture .....	19
2. Les résultats.....	20
a. Développement des couverts .....	20
b. Biomasse des couverts avant destruction .....	20
c. Eléments prélevés par les couverts .....	20
3. Discussion sur les couverts .....	23
<b>Partie III. Suivi des arrières effets des couverts de printemps 2016</b> .....	24
1. Description de l'essai.....	24
a. Situation de l'essai .....	24
b. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	24
c. Conduite de la culture.....	24
2. Les résultats.....	26
a. Les reliquats azotés .....	26
b. Les composantes du rendement.....	26
c. Le rendement du soja après couverts.....	27
d. Les éléments prélevés par le soja après couvert .....	28
3. Discussion sur les effets des couverts sur soja .....	29
<b>Annexe 1 : Climatologie campagne 2016-2017</b> .....	30



## Liste des illustrations

### Les figures

Figure 1 : rendement aux normes et teneurs en protéines du blé hôte du couvert semé au printemps. ....	12
Figure 2 : L'azote, le potassium et le phosphore contenu dans le blé hôte du couvert à la récolte. ....	12
Figure 3 : Evolution du reliquat azoté par couche de sol entre l'implantation du couvert et sa destruction par modalités. ....	13
Figure 4 : biomasse des couverts et des adventices avant destruction. ....	13
Figure 5 : Azote, potassium et phosphore contenus dans les couverts et les adventices au 23 avril. ....	14
Figure 6 : les teneurs en éléments dans la biomasse restituée à la destruction. ....	15
Figure 7 : Les éléments présents dans la biomasse par les deux espèces du mélange de couvert (légumineuse et non légumineuse) et les adventices avant destruction du couvert. ....	21
Figure 8 : Evolution des reliquats de l'implantation du couvert (mesure au 23 mars 2016), à la destruction (mesure au 09 janvier 2017) et à l'implantation du soja qui a succédé (mesure au 04 mai 2017). ....	26
Figure 9 : Le rendement aux normes du soja suivant les modalités de couverts semés en interculture d'automne. ....	27

### Les tableaux

Tableau 1 : Variétés et densités de semis des couverts. ....	9
Tableau 2 : Les interventions et outils utilisés sur l'essai. ....	10
Tableau 3 : Biomasses sur les prélèvements dans le blé hôte du couvert de printemps. ....	11
Tableau 4 : espèces et densités de semis semées pour l'essai couvert d'automne. ....	18
Tableau 5 : Les interventions et outils utilisés sur l'essai. ....	19
Tableau 6 : biomasses des deux espèces de couverts semés dans l'essai couvert d'automne ainsi que la biomasse d'adventices. ....	20
Tableau 7 : les modalités de l'essai et les espèces semées en couvert. ....	24
Tableau 8 : calendrier des interventions sur l'essai et sur le précédent cultural. ....	25
Tableau 9 : Les différentes composantes du rendement, pertes à la levée mesurée au 29 mai 2017 et architecture de la plante avant récolte. ....	27
Tableau 10 : Rendement estimé avant récolte et éléments prélevés dans le grain et les tiges du soja. ....	28



# Partie I. Engrais verts semés sous couvert d'un blé

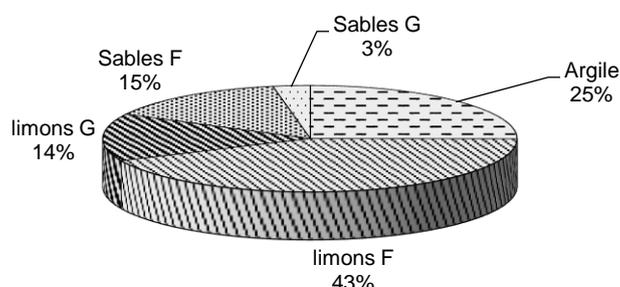
## 1. Description de l'essai

### a. Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

Sol : Argilo-calcaire profond, parcelle LH7, Cf. texture ci-dessous

Texture 0-40 cm - parcelle LH7



### b. Type d'essai et modalités d'expérimentation

Essai en blocs à trois répétitions, avec observations et mesures réalisées sur quatre placettes (cadre de 0,25 m<sup>2</sup> : 0,5 m x 0,5 m) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est le couvert végétal, les différents couverts sont présentés dans le Tableau 1 ci-dessous.

### Les espèces semées sous couvert

Espèces	Code	Variétés	Dose de semis (kg/ha)	Remarques
Absence couvert	CV1	-	-	Témoin sans couvert
Trèfle blanc	CV2	Tribute	3	Choix pour tolérance à la sécheresse
Trèfle violet	CV3	Sangria	10	Référence actuelle
Luzerne méditerranéenne	CV4	Icon	12	

Tableau 1 : Variétés et densités de semis des couverts. Les semences des différents couverts ont été fournies par la société Semences de France. Le trèfle blanc est un trèfle intermédiaire (ni nain, ni géant) ; le trèfle violet est diploïde.

### c. Conduite de la culture hôte du couvert

Le précédent cultural était un sarrasin récolté en octobre 2016. La culture mise en place est un blé tendre d'hiver. Les interventions réalisées sur l'essai sont présentées dans le tableau 2.

#### Itinéraire technique réalisé

Date	Outil	Remarque
12 oct 2016	Moissonneuse	Récolte sarrasin
19 oct 2016	Déchaumeur à disques	Déchaumage
21 nov 2016	Vibroculteur	Préparation sol
5 dec 2016	Semoir combiné	Semis de blé tendre Energo + Izalco
31 janv 2017	Semoir pour essais	Semis du trèfle blanc uniquement
22 mars 2017	Semoir pour essais	Semis luzerne méditerranéenne et trèfle violet
05 avril 2017	Epandeur	Apport engrais 10.4.0 de 50 unités
06 juil 2017	Moissonneuse	
23 avril 2018	Broyeur	Broyage du couvert
25 avril 2018	Déchaumeur à disques	Enfouissement couverts

Tableau 2 : Les interventions et outils utilisés sur l'essai.

Le blé a été semé à 193,4 kg/ha avec une semence certifiée AB d'un mélange d'Energo + Izalco, soit une densité de 451 grains/m<sup>2</sup>. La date de levée a été notée au 1 janvier. Malgré une levée tardive et des conditions qui n'étaient pas optimales il n'y a eu que 12% de pertes constatées à la levée.

Pour le semis des couverts dans la culture de blé un semoir pour essais a été utilisé (semoir en ligne à socs) en ne mettant aucune pression sur les descentes. Ainsi le semis a été effectué au ras du sol sans abîmer la culture en place. Le passage de herse étrille a été réalisé avant le semis afin de donner de la rugosité au sol, mais pas après semis pour ne pas enfouir les graines trop profondément. Le semis des couverts fut réalisé alors que le blé était au stade épis 1 cm. Le trèfle blanc a été semée plus tôt que les deux autres espèces parce que les expérimentations des années précédentes ont montré qu'il était plus lent à l'implantation que la luzerne et le trèfle violet.

## 2. Les résultats

### a. Développement des couverts sous le blé

Les couverts ont rapidement levés après le semis, la date de levée fut notée le 3 avril pour la luzerne et le trèfle violet. Les couverts ont rencontrés de bonnes conditions d'implantation jusqu'à mi-mai. Le mois de juin fut chaud et sec ce qui a limité le développement des couverts.

Au niveau de la culture de blé, le seul problème rencontré a été du gel de méiose en avril mais qui n'a au final eu qu'un impact limité sur le rendement.

### b. Prélèvement à la récolte du blé : biomasse et éléments prélevés par la culture

Ce prélèvement a plusieurs objectifs : apprécier le développement des couverts à la récolte, voir si le couvert engendre une concurrence sur le blé dans lequel il a été semé, et voir si les couverts permettent de contrôler le développement des adventices en végétation. Pour les blés, des prélèvements manuels ont été réalisés pour estimer les biomasses produites et déduire les quantités d'éléments minéraux absorbés. Une récolte à la moissonneuse a aussi été effectuée pour avoir les rendements, la teneur en protéines et le poids spécifique du blé.

Cette année, le développement des couverts à la récolte du blé a été faible une fois encore. Cette année grâce au semis plus précoce du trèfle blanc, la biomasse du trèfle blanc et du trèfle violet sont équivalentes (Tableau 3). Les rendements tout comme les teneurs en protéines sont élevés sur 2017 et l'analyse de variance ne montre pas de différences entre les modalités en termes de biomasse et de teneurs en protéines (Figure 1).

### Résultats à la récolte du blé (récolte sur placettes)

	Abs CV	Trèfle Blanc	Trèfle Violet	Luzerne
RDT BTH à 15% (q/ha)	5082,7	4780,2	4776,7	4882,6
PMG à 15%	32,2	33,5	32,7	32,4
épis/m <sup>2</sup> BTH	458,8	440,2	472,0	469,7
matière sèche aérienne BTH (kg/ha)	12581,6	11695,1	11917,2	13102,5
matière sèche adventices (kg/ha)	111,7	166,2	42,8	37,6
matière couvert (kg/ha)	0,0	40,1	42,6	12,3
biomasse adv/total	0,9%	1,4%	0,4%	0,3%
biomasse Adv+CV/total	0,9%	1,7%	0,7%	0,4%

Tableau 3 : Biomasses sur les prélèvements dans le blé hôte du couvert de printemps.

Compte tenu du faible développement du couvert en végétation, la présence de couvert n'a pas eu d'impact sur le développement du blé. Ce résultat rejoint les constats fait les années précédentes. Sur les éléments absorbés il n'y a pas non plus de différences du type ou de la présence ou non du couvert entre les modalités. Il n'y a pas non plus de différences significatives entre les biomasses des adventices des modalités. Les adventices étaient par ailleurs peu présentes sur l'essai.

### Rendement et teneur en protéine des blés (moissonneuse)

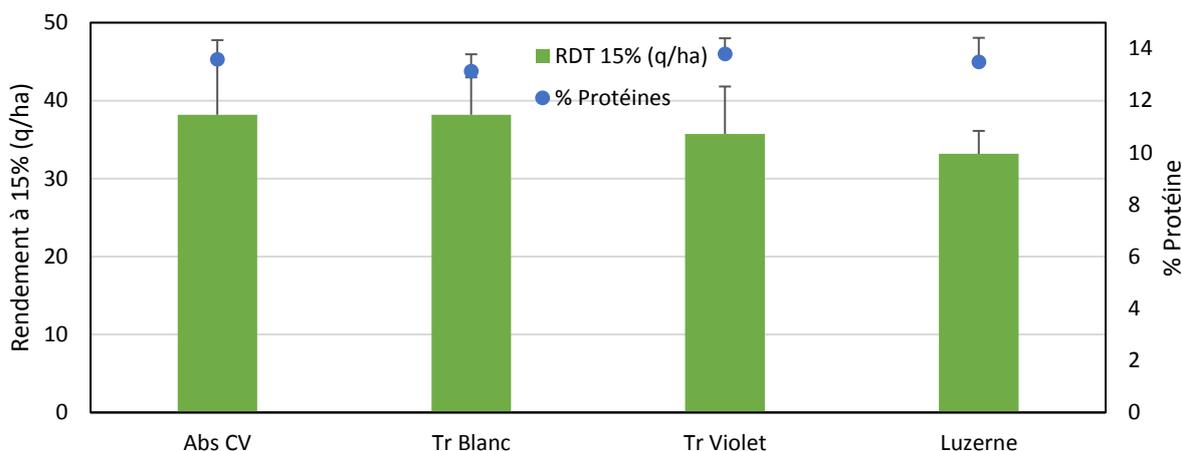


Figure 1 : rendement aux normes et teneurs en protéines des blés hôtes du couvert semé au printemps. Les écarts entre modalités ne sont pas significatifs

Il en va de même avec les différents éléments qui ont été prélevés : il n’y a pas de différences significatives entre modalités sur la nutrition du blé (Figure 2). Le couvert étant très peu développé il n’a pas eu d’impact sur le développement de la culture en place.

### Quantités d’éléments minéraux contenus dans le blé à la récolte

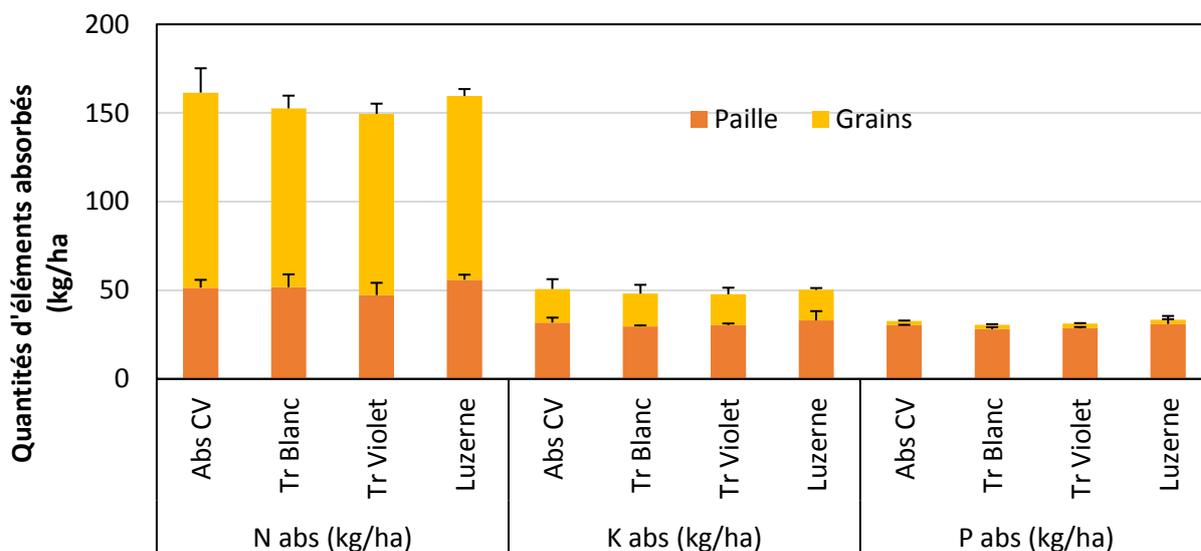


Figure 2 : L’azote, le potassium et le phosphore contenu dans le blé hôte du couvert à la récolte.

Ces résultats confirment que le semis sous couvert ne permet pas de gérer les adventices en végétation mais n’impacte pas non plus la culture en place en terme de rendement ni de teneur en protéines dès lors que le semis est fait au printemps.

#### c. Reliquats azotés à l’implantation et à la destruction des couverts

Il n’apparaît pas de différences significatives entre modalités pour les reliquats azotés initiaux et à la destruction (Figure 3). Toutefois il y a une relation significative entre reliquats sur la couche de sol 0-30 cm et la quantité d’éléments prélevés par les couverts et les adventices (test Student sur coefficient Pearson).

Le lien avec la concentration des éléments prélevés est significatif mais moins corrélé. La biomasse produite de couvert et d’adventices ne sont quant à elles pas corrélés. Ainsi le

reliquat azoté à la destruction est corrélé positivement à la quantité d'éléments prélevés, indépendamment de la biomasse produite.

### Reliquats azotés à l'implantation et à la destruction du couvert

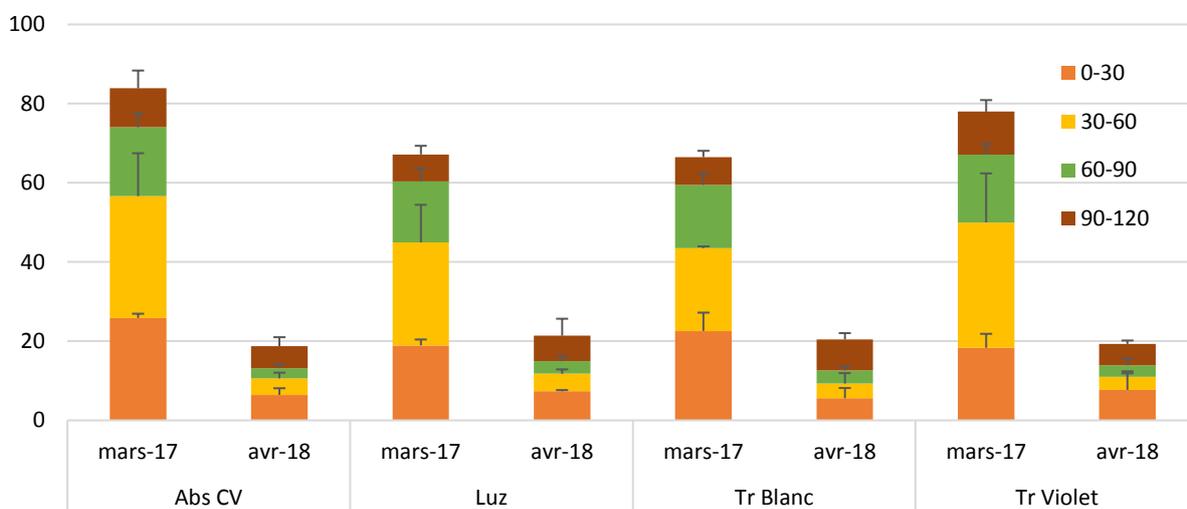


Figure 3 : Evolution du reliquat azoté par couche de sol entre l'implantation du couvert et sa destruction par modalités.

#### d. Biomasse des couverts avant destruction

Compte tenu des conditions climatiques le couvert a été prélevé tardivement du 8 au 12 mars pour une destruction faite le 23 avril. Le prélèvement a involontairement été effectué précocement par rapport à la destruction: il était envisagé de les détruire rapidement après la mesure mais l'humidité du sol n'a pas permis de passer avant fin avril. Par ailleurs, compte tenu du retard sur la destruction du couvert les résultats sur les éléments prélevés par les couverts ne sont pas encore disponibles, ce rapport sera mis à jour dès que les données seront reçues.

### Biomasse à la destruction des couverts

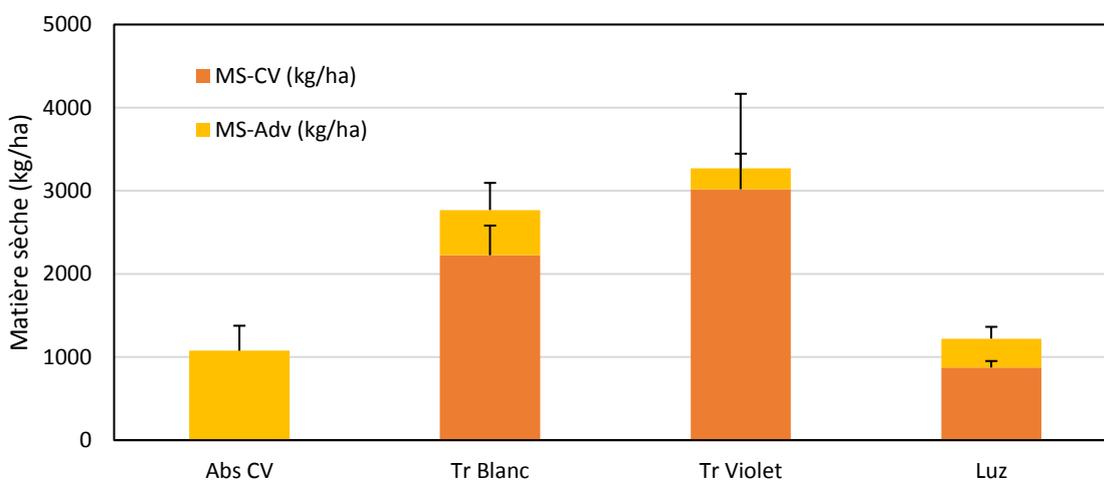


Figure 4 : biomasse des couverts et des adventices avant destruction. Les prélèvements ont été fait le 24 avril 2017

L'analyse de variance permet de classer les couverts selon leur biomasse produite : le trèfle violet a une biomasse équivalente au trèfle blanc, avec respectivement 3.01 t<sub>MS</sub>/ha et 2.22 t<sub>MS</sub>/ha (Figure 4). En 2017 le semis plus précoce du trèfle blanc a permis de compenser

sa lenteur d'implantation. Viens ensuite la luzerne qui a développé une biomasse de 0.87 t<sub>MS</sub>/ha. Globalement et par rapport aux années précédentes, les couverts se sont très bien développés grâce aux conditions climatiques favorables. A noter que la date de prélèvement aura été plus tardive que les années précédentes et joue également sur la biomasse mesurée au final. Les résultats sur les couverts de 2017 doivent être comparés à ceux des années précédentes avec précaution.

Enfin, la présence de couvert permet de diminuer significativement la présence d'adventices en diminuant la biomasse d'adventices de 2.8 fois. Toutefois, le type de couvert n'influence pas significativement cette diminution. Ainsi, malgré le fait que la luzerne ait une biomasse réduite par rapport aux trèfles, sa présence permet de gérer les adventices de par sa forte compétitivité.

**e. Les éléments absorbés par les couverts**

L'analyse de variance met en évidence des différences entre les quantités d'éléments prélevés par les différents types de couverts et des différences sur les prélèvements d'éléments par les adventices. Toutefois, le prélèvement des adventices n'est dépendant que de la présence ou de l'absence du couvert mais pas de sa composition. Il n'y a donc pas de différences de compétitivité entre les 3 couverts testés sur l'accessibilité aux éléments. Excepté pour le témoin sans couvert, peu d'éléments ont été prélevés par les adventices.

**L'azote, le potassium et le phosphore prélevés par les différents couverts**

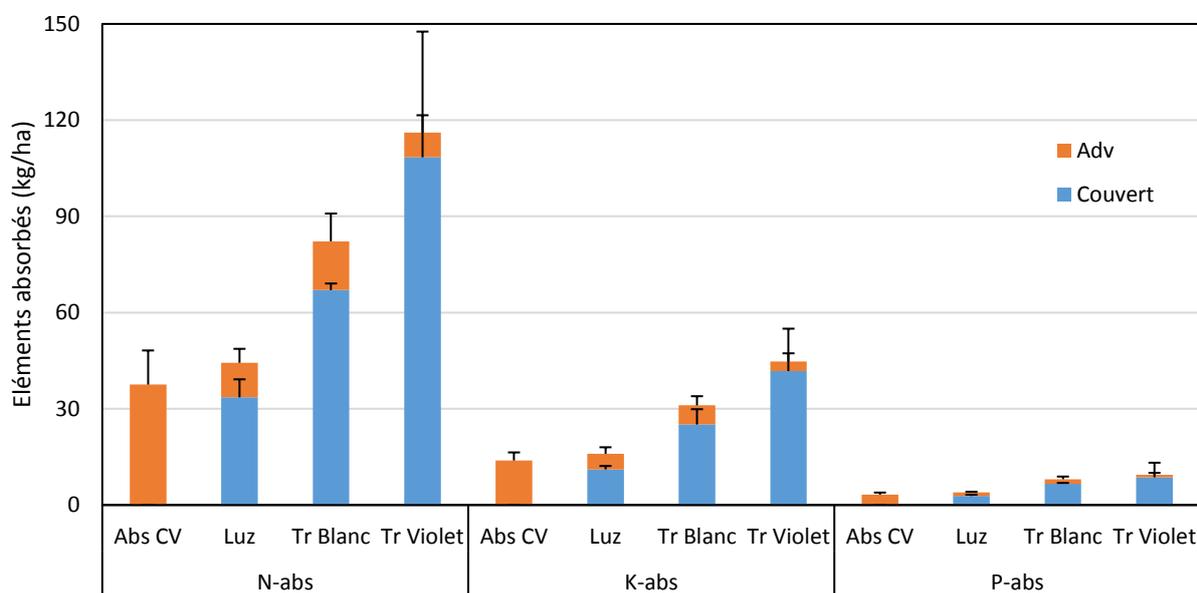


Figure 5 : Azote, potassium et phosphore contenus dans les couverts et les adventices au 23 avril.

Cette hiérarchie entre éléments prélevés et entre couvert est dépendante de sa relation avec la biomasse, ce résultat est stable d'une année sur l'autre. La dilution dans la biomasse des éléments prélevés n'est quant à elle pas significativement différente entre les modalités de couverts et même sur les adventices du témoin (Figure 6). Celle-ci est un indicateur de la minéralisation potentielle des résidus. Cette année la différence entre modalités devrait dépendre principalement de la biomasse produite et de sa cinétique de minéralisation et non pas du potentiel de minéralisation maximum de la biomasse des couverts.

**Pourcentage d'éléments dans la biomasse totale produite (CV+ adv)**

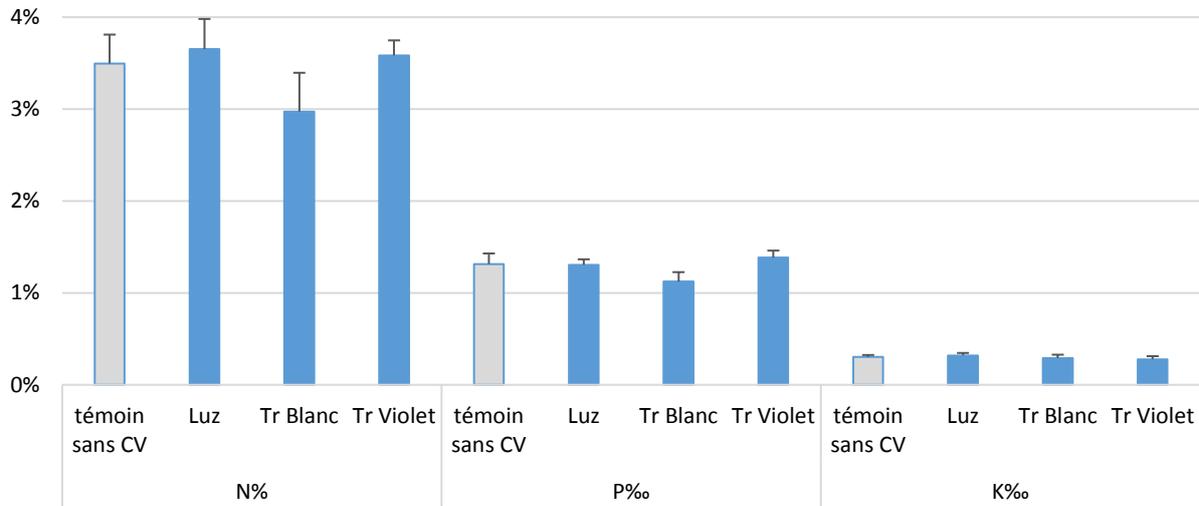


Figure 6 : les teneurs en éléments dans la biomasse restituée à la destruction (somme des éléments contenus dans la biomasse sur la biomasse totale restituée à la destruction du couvert).

### 3. Discussion sur les couverts de printemps : légumineuses fourragères semées dans le blé

2017 est la 4<sup>ème</sup> année de mise en place de l'essai couverts de printemps : les deux trèfles étaient présents les 4 années, par contre en ce qui concerne la luzerne, la 1<sup>ère</sup> année d'essai a été semée avec une luzerne annuelle qui ne présentait que peu d'intérêt ce qui a poussé à tester une luzerne méditerranéenne plus adaptée aux conditions pédoclimatiques de la région. Pour les 3 années, les couverts furent implantés vers le 20 mars et détruit au mois de décembre suivant. Il y a une forte variabilité interannuelle du développement de la biomasse allant du simple au triple en fonction des conditions climatiques printanières (développement du couvert sous couvert du blé et après récolte de ce dernier).

Sur les différents essais couverts, les quantités d'éléments minéraux absorbés par les différents couverts restent en lien avec la biomasse produite. Ainsi les couverts qui absorbent le plus d'éléments minéraux sont ceux ayant produit le plus de biomasse. Toutefois, cette année les reliquats post-destruction étaient principalement corrélés à la quantité d'éléments prélevés plus que la biomasse totale seule. Cela montre donc qu'il est également important de choisir les espèces à semer en couvert en fonction de leur capacité à accumuler des éléments qui peuvent restitués plutôt que sur la biomasse produite seule. Par ailleurs, la date de destruction peut agir sur la concentration en azote dans la plante et des destructions plus précoces permettent une meilleure restitution des éléments contenus dans la plante.

Si on prend l'hypothèse de 42% de carbone dans les parties aériennes des couverts, le C/N est en moyenne de 12 sur l'essai ce qui correspond aux valeurs issues de la bibliographie pour des légumineuses. Pour un C/N de cet ordre de grandeur le taux de minéralisation pour la culture suivante est de l'ordre 40 à 50%. C'est-à-dire que les quantités d'éléments minéraux disponibles pour la culture suivante seront de l'ordre de 11 à 77 kg d'N/ha supplémentaire par rapport à une conduite sans couvert (ceci ne tient pas compte d'un éventuel lessivage hivernal de l'azote notamment pour la modalité sans couvert). Selon les couverts la minéralisation potentielle s'élève de 13 à 17 kgN/ha pour la luzerne, 27 à 34 kgN/ha pour le trèfle blanc et de 43 à 54 kgN/ha pour le trèfle violet.

Par ailleurs, un usage régulier des couverts végétaux permet d'obtenir des effets cumulatifs qui au bout de quelques années (environ 5 ans) permettraient d'avoir un effet plus significatif sur la fourniture d'azote pour la culture suivante (Cf. Thèse de Julie Constantin, 2010).

**Trèfle violet** : ce couvert a comme principal avantage de bien se développer dès la récolte du blé, même si sa biomasse reste faible à cette période, il peut être suffisamment bien implanté pour très bien maîtriser les adventices comme ce fut le cas en 2014. Par contre sa production peut être pénalisée lors d'été sec comme en 2015, dans ce cas la concurrence sur les adventices est faible.

**Trèfle blanc** : se trèfle souffre surtout d'une implantation très lente et n'est efficace qu'en l'implantant le plus tôt possible janvier/février si possible. Autrement il est peu compétitif vis-à-vis des adventices. En effet sa production débute surtout à l'automne et entre la récolte du blé et l'automne les adventices ont le temps de s'implanter. Par contre en été sec comme 2015 il arrive à produire plus que le trèfle violet. C'est donc un couvert intéressant dans un contexte de stress hydrique régulier.

**La luzerne** : la luzerne annuelle testée uniquement en 2014 fut un échec car elle a subi des attaques de maladies en été et à très peu concurrencée les adventices. La luzerne de type méditerranéenne semble plus adaptée que la luzerne annuelle. Cette dernière présente une

plus faible production que les trèfles mais peut permettre l'implantation d'une luzernière à la suite. Par ailleurs, même si l'effet engrais vert est plus limité que pour les trèfles, sa présence permet de réguler la présence d'adventices.

## Partie II. Engrais vert semés en interculture

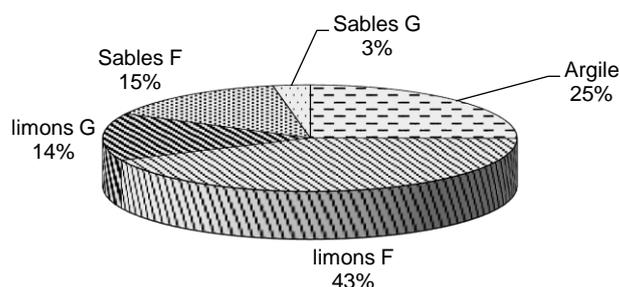
### 1. Description de l'essai

#### a. Situation de l'essai

**Lieu :** 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

**Sol :** Argilo-calcaire profond, parcelle LH7, Cf. texture ci-dessous

**Texture 0-40 cm - parcelle LH7**



#### a. Type d'essai et modalités d'expérimentation

Essai en blocs à trois répétitions, avec observations et mesures réalisées sur quatre placettes (cadre de 0,25 m<sup>2</sup> [0,5 m x 0,5 m]) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est le couvert végétal, les différents couverts sont présentés dans le Tableau 4. La vesce pourpre qui a donné de bons résultats des années précédentes est à nouveau testée avec de la moutarde blanche (effet CIPAN) et la moutarde brune (effet CIPAN + allélopathie). Des références montrent la moutarde brune comme étant un peu moins efficace que la moutarde blanche en tant que CIPAN mais également sur la production de biomasse, toutefois elle permet de gérer les adventices par allélopathie directe en végétation et de manière indirecte (effet actif après dégradation de la plante).

Les autres types de mélanges testés incluent de la lentille de printemps qui est assez facile à détruire. La lentille est associée avec la Phacélie qui est connue comme étant un couvert intéressant pour la structure du sol ainsi que l'avoine rude qui serait allélopathique (à confirmer) et très compétitive.

#### Les mélange espèces semées en automne

Espèces	Code	Dose semis (kg/ha)	Remarques
Absence couvert	CVE1	-	Témoin sans couvert
Vesce pourpre + moutarde blanche	CVE2	25 + 5	
Vesce pourpre + moutarde brune	CVE3	25 + 5	Effet allélopathique
Lentille + Phacélie	CVE4	10 + 5	Effet structurant
Lentille + Avoine rude	CVE5	10 + 40	

Tableau 4 : espèces et densités de semis pour l'essai couvert d'automne. Les semences des différents couverts ont été fournies par la société Semences de France et Caussade Semences.

**b. Conduite de la culture**

Le précédent cultural était un sarrasin récolté en octobre 2016. La culture mise en place est un blé tendre d'hiver. Les interventions réalisées sur l'essai sont présentées dans le Tableau 5. Le semis des couverts a été fait dans de bonnes conditions sur sol sec avant une pluie. Comme pour l'essai de semis sous couvert, la destruction n'a pu être faite que le 23 avril.

**Itinéraire technique réalisé**

<b>Date</b>	<b>Outil</b>	<b>Remarque</b>
12 oct 2016	Moissonneuse	Récolte sarrasin
19 oct 2016	Déchaumeur à disques	Déchaumage
21 nov 2016	Vibroculteur	Préparation sol
5 dec 2016	Semoir combiné	Semis de blé tendre Energo + Izalco
05 avril 2017	Epandeur	Apport engrais 10.4.0 de 50 unités
06 juil 2017	Moissonneuse	
08 sept 2017	Herse rotative + semoir essai + rouleau	Préparation du sol et semis
23 avril 2018	Broyeur	Broyage du couvert
25 avril 2018	Déchaumeur à disques	Enfouissement couverts

Tableau 5 : Les interventions et outils utilisés sur l'essai.

## 2. Les résultats

### a. Développement des couverts

Le semis a été réalisé le 8 septembre dans de bonnes conditions. Il a ensuite été roulé pour favoriser la levée des petites graines. Nous avons reçu 10.6 mm de précipitations dès le lendemain suivi de pluie légères les jours suivants. La levée a été constatée le 16 septembre sur l'ensemble des modalités. Le développement des couverts a été favorisé en automne par une alternance de courtes périodes de pluies et des températures clémentes. Par ailleurs, il y a eu peu de jours de gel jusque fin novembre mais dès décembre plusieurs épisodes ont touché la lentille et la vesce.

### b. Biomasse des couverts avant destruction

Les biomasses produites par les couverts sont extrêmement faibles pour les légumineuses et mais assez importantes pour la deuxième espèce associée : 1065 à 2408 kgMS/ha (Tableau 6). Au final les mélanges sont tous significativement différents (test Newman et Keuls). Le mélange moutarde blanche + vesce pourpre a été le plus productif avec 2.6 tMS/ha suivi par le mélange Lentille + Avoine rude (2 tMS/ha). Ensuite les mélanges Vesce + moutarde brune et lentille + phacélie ont produit respectivement 1.4 tMS/ha et 1.2 tMS/ha.

En termes de gestion des adventices le couvert de lentille + phacélie n'a pas significativement eu d'effet sur la présence d'adventices : le test de Newman et Keuls regroupe cette modalité avec celle sans couvert (groupe a). Le mélange lentille + avoine rude est intermédiaire au groupe a et b et le mélange vesce + moutarde brune est associé aux groupes b et c. Enfin, le mélange moutarde blanche et vesce est celui pour lequel la présence d'adventice est la moindre (groupe c). Ainsi, seuls les mélanges avec moutarde ont eu un impact important sur la présence d'adventices. La moutarde brune a un peu moins régulé la pression des adventices que la moutarde blanche, ceci étant du probablement à son plus faible développement et au fait que son allélopathie n'est efficace que s'il y a dégradation des tissus de la plante.

#### Biomasse sèche des couverts

modalité		CV Légumineuse	CV non-leg	Adventices	Total CV	Total
Abs CV		-	-	1780	0	1780
Vesce Moutarde Bl.	+	172	2408	87	2580	2667
Vesce Moutarde Br.	+	197	1237	138	1435	1573
Lentille Phacélie	.+	139	1065	1557	1204	2761
Lentille Avoine R.	+	65	1924	1119	1988	3107

Tableau 6 : biomasses des deux espèces des couverts semés dans l'essai couvert d'automne ainsi que la biomasse adventice. Les valeurs sont exprimées en kg/ha.

### c. Eléments prélevés par les couverts et les adventices

Les éléments qui étaient présents dans la biomasse des couverts et des adventices sont présentés Figure 7. L'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre couverts sur les prélèvements d'azote et sur leur concentration dans la biomasse aérienne des légumineuses. Il y a toutefois une différence sur la concentration du P et du K

pour les légumineuses. Le potassium et le phosphore seraient plus présents dans la lentille que dans la vesce mais les regroupements des modalités montrent qu'il doit y avoir un effet lié à la biomasse produite sur ce résultat. Les groupes se recoupent et semblent fonction de la biomasse.

Il y a des différences significatives entre non légumineuses associées sur les teneurs en azote potassium et phosphore. En particulier, la moutarde brune a une teneur plus importante en azote dans sa biomasse de 3% contre 1.78% pour les autres non légumineuses. En revanche les quantités prélevées de ces éléments par les non légumineuses ne sont pas significativement différents au risque alpha de 5% mais le sont à 7%. La moutarde brune grâce à sa biomasse plus concentrée en azote permet probablement une minéralisation plus rapide du couvert une fois enfoui et donc une restitution plus importante des éléments stockés dans sa biomasse.

**Azote, potassium et phosphore présents dans la biomasse des espèces du mélange et des adventices avant destruction du couvert**

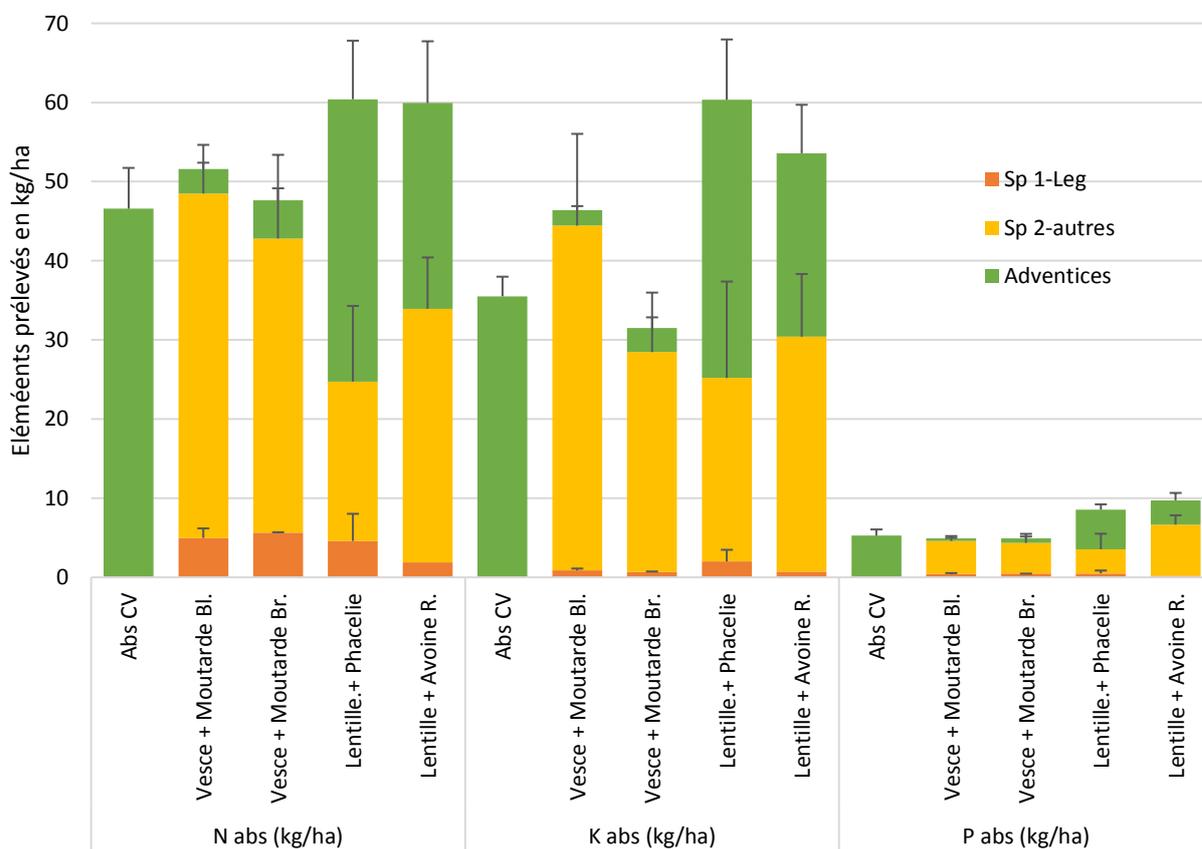


Figure 7 : Les éléments présents dans la biomasse par les deux espèces du mélange de couvert (légumineuse et non légumineuse) et les adventices avant destruction du couvert. La biomasse a été prélevée le 24 avril 2018.

Les teneurs et les quantités d'azote dans la biomasse des adventices diffèrent significativement entre modalités. Le regroupement montre que sur les modalités avec moutardes, les adventices ont des teneurs en azote plus élevées avec des quantités d'azote prélevées moindre. Autrement, entre les autres modalités il n'y a de différences significatives que sur la quantité d'azote prélevée qui est proportionnelle au développement du couvert (avoine rude +Lentille <Phacélie + Lentille < sol nu).

Pour le potassium, la présence du couvert affecte la nutrition des adventices de manière proportionnelle à la biomasse produite par le mélange. Le prélèvement du phosphore et sa concentration dans la biomasse des adventices est donc bien relié au type de couvert mais la quantité d'éléments prélevés par les couverts permet de distinguer des groupes avec le test de Newman et Keuls. Les modalités avec moutarde sont regroupées: les modalités avec moutardes ont des adventices avec de faibles valeurs de phosphore prélevé. Les adventices sur la modalité Avoine + lentille ont des teneurs en phosphore un peu plus élevées mais significativement différentes des autres modalités. Enfin les modalités témoin et couvert de Lentille + Phacélie ne diffèrent pas significativement. Pour ce mélange il n'y a donc pas de compétition entre le couvert et les adventices sur la nutrition au phosphore.

### 3. Discussion sur les couverts

Suite à cette quatrième année d'essai de couverts végétaux semés en interculture, certaines espèces semblent plus adaptées que d'autres :

- La féverole d'hiver (essai 2014) n'est pas adaptée à un semis de fin août / début septembre car semé tôt elle est vite pénalisée par la maladie.
- Les espèces gélives comme le moha, sarrasin, avoine rude, présentent Avec une gelée précoce leur développement peut être très faible. Il est donc essentiel de les semer le plus tôt possible en septembre afin de profiter de leur effet.
- La vesce et la lentille de printemps auront été sensibles au gel mais leur association avec la moutarde a permis d'assurer la réussite du couvert. L'effet fertilisant de l'engrais vert reste à confirmer sur la culture suivante puisque les relevés avant destruction ne rendent peut être pas compte du développement de ces légumineuses en végétation (mesure longtemps après le gel du couvert).
- L'association moutarde (blanche/brune) + vesce semble intéressante pour maintenir une forte compétition vis-à-vis des adventices mais aussi pour la production de biomasse qui pourra potentiellement restituer les éléments pour la culture suivante.
- La moutarde brune a une biomasse légèrement moindre que la moutarde blanche mais à une concentration en azote plus élevée dans la biomasse : l'azote serait donc plus facilement minéralisable et accessible pour la culture suivante
- La présence de moutarde brune ou d'avoine n'a pas eu d'effet allélopathique en végétation ce qui n'est pas étonnant en considérant que cet effet est obtenu après dégradation de la plante. A voir si cet effet sera bien visible sur la flore d'adventices de la culture suivante.
- Les mélanges vesce pourpre + céréales à pailles sont ceux permettant la meilleure production de biomasse, avec une préférence pour le mélange vesce pourpre + orge hiver car grâce au port étalé de l'orge ce dernier permet d'être le couvert qui contient le mieux les adventices.
- Malgré une densité de semis élevée d'avoine rude la pression des adventices a été malgré tout conséquente. Il n'est donc pas recommandé d'utiliser de couvert d'automne de printemps pour limiter l'enherbement

## Partie III. Suivi des arrières effets des couverts de printemps 2016

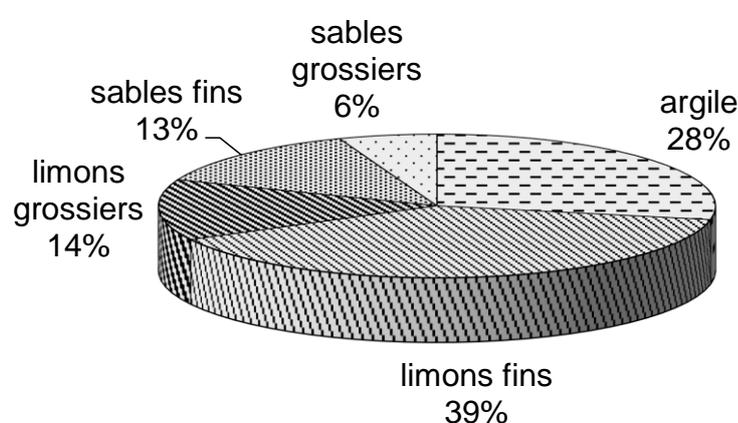
### 1. Description de l'essai

#### a. Situation de l'essai

**Lieu :** 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

**Sol :** Argilo-calcaire profond, parcelle LH8, Cf. texture ci-dessous

#### Texture de la parcelle LH 8



#### b. Type d'essai et modalités d'expérimentation

Essai en blocs à trois répétitions, avec observations et mesures réalisées sur quatre placettes (cadre de 0,25 m<sup>2</sup> : 0,5 m x 0,5 m) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est le couvert végétal. Les différents couverts semés en 2016 sont présentés dans le Tableau 7 ci-dessous. Les semences des différents couverts ont été fournies par la société Semences de France. Le trèfle blanc est un trèfle intermédiaire (ni nain, ni géant) ; le trèfle violet est diploïde.

#### Modalités de l'essai et densité de semis

Espèces	Code	Variétés	Dose de semis (kg/ha)	Remarques
Absence couvert	CV1	-	-	Témoin sans couvert
Trèfle blanc	CV2	Tribute	3	Choix pour tolérance à la sécheresse
Trèfle violet	CV3	Sangria	10	Référence actuelle
Luzerne méditerranéenne	CV4	Icon	12	

Tableau 7 : les modalités de l'essai et les espèces semées en couvert

#### c. Conduite de la culture

Le précédent cultural de l'essai semé au printemps 2016 est une féverole d'hiver, suivi par un couvert de moutarde + vesce pourpre (Tableau 8). La culture mise en place est un blé tendre d'hiver dans lequel ont été semés les couverts. La culture qui a succédé au couvert est

le soja. Les interventions réalisées sur l'essai sont présentées dans le tableau ci-dessous. Le soja semé après le couvert a eu 19% de perte à la levée en partie due à la présence de pigeon, toutefois il n'y a pas d'effet bloc, ni des modalités étudiées sur les pertes constatées.

### Itinéraire technique réalisé

Date	Outil	Remarque
6 juil-15	Moissonneuse	Récolte féverole
20 juil-15	Déchaumeur à disques	Déchaumage
8 sept-15	Déchaumeur à ailettes	Préparation sol
11 sept-15	Semoir à dents	Semis : 25 kg/ha vesce + 5 kg/ha moutarde
4 nov-15	Déchaumeur à disques	Destruction couvert
16 nov-15	Herse rotative + semoir	Semis BTH Nogal à 350 grains/m <sup>2</sup>
17 déc-15	Herse étrille	Stade 2 feuilles
28 déc-15	Herse étrille	Stade 3 feuilles
6 fév-16	Herse étrille	Stade tallage
24 mars-16	Epandeur centrifuge	Apport fertilisant 10-4-0 à 500 kg/ha (50 unités d'N)
24 mars-16	Herse étrille	Enfouissement + préparation pour petites graines
25 mars-16	Semis pour essai	Semis des couverts
16 juil-16	Moissonneuse	Récolte blé
28 oct-16	Prélèvement	Uniquement luzerne + trèfle violet
19 déc-16	Prélèvement	Trèfle blanc + absence couvert
20 déc-16	Déchaumeur à ailettes	Destruction / enfouissement
21 mars 17	Vibroculteur	Reprise sol
20 avril 17	Déchaumeur à ailettes	Désherbage
08 mai 17	Herse rotative	Préparation sol
09 mai 17	Semoir monograine	Semis Soja ISIDOR
23 mai 17	Herse étrille	Désherbage
15 juin 17	bineuse	Binage
13 oct 17	Moissonneuse	récolte

Tableau 8 : calendrier des interventions sur l'essai et sur le précédent cultural.

## 2. Les résultats

### a. Les reliquats azotés

Les résultats des analyses de reliquats sont présentés dans la Figure 8. Les mesures sont effectuées sur 4 couches de sol de 30 cm. L'azote minéral est sensiblement équivalent entre les différentes modalités à l'implantation et à la destruction. Seule la modalité luzerne avait initialement une quantité d'azote minérale plus importante que les autres microparcelles, mais cette différence ne s'est pas retrouvée dans les reliquats azotés après destruction du couvert. Ce constat est probablement dû à l'absorption de cet azote par la luzerne et/ou par la lixiviation de cet azote. Il n'y a visiblement pas eu d'impact de reliquats laissés par les couverts sur le rendement du soja qui a suivi.

Avant implantation du soja les reliquats diffèrent significativement entre modalités sur le reliquat de surface (0-30 cm). Le précédent luzerne a le reliquat le plus élevé (35 kgN/ha) suivi des trèfles (même regroupement statistique) qui ont des reliquats moyens de 27 kgN/ha et la modalité sol nu (témoin) est significativement différente avec un reliquat moyen de 17 kgN/ha. Ainsi la présence de luzerne en interculture a permis de dégager un reliquat initial de 18 kgN/ha et les trèfles 10 kgN/ha.

### Reliquats avant, après destruction des couverts et avant implantation du soja

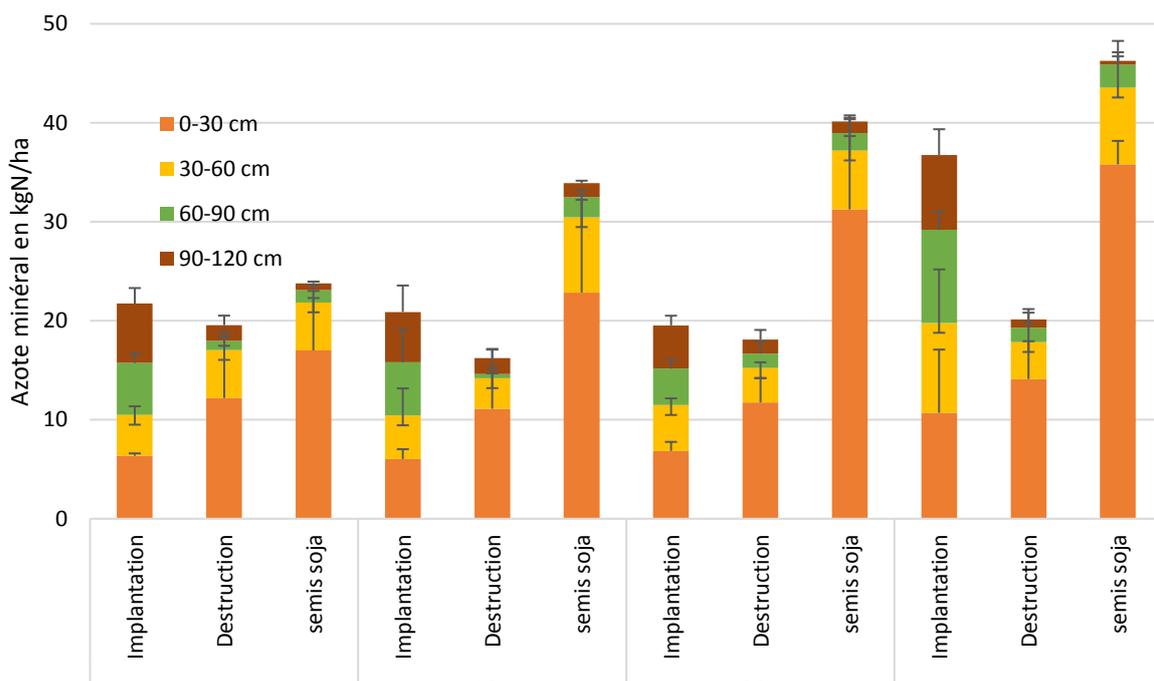


Figure 8 : Evolution du reliquat à l'implantation du couvert (mesure au 23 mars 2016), à la destruction (mesure au 09 janvier 2017) et à l'implantation du soja qui a succédé (mesure au 04 mai 2017).

### b. Les composantes du rendement

Sur les composantes du rendement (Tableau 9) les différences entre modalités sont significatives. Ces différences sont principalement dues à la production de grains par gousse ( $R^2=0.78^{***}$ ) qui est significativement reliés aux modalités de couverture du sol (ANOVA). Le PMG quant à lui n'est pas corrélé aux facteurs étudiés mais l'est avec le rendement ( $R^2=0.48^*$ ). La corrélation étant bien plus significative avec le nombre de gousses par plant qu'avec le PMG, c'est ce dernier qui semble expliquer majoritairement les différences de rendement.

### Composantes du rendement du soja

	% Perte levée	Gousses/m <sup>2</sup>	Gousses/plante	Grains/m <sup>2</sup>	Grains/gousse	PMG 15% (g)	RDT 15% (q/ha)
Abs CV	35%	183.9	5.00	335.1	1.75	172.9	5.9
Tr. Blc	23%	319.2	7.51	612.0	1.92	184.5	11.4
Tr. Vio	24%	306.4	7.36	561.7	1.83	170.2	9.6
Luz.	16%	391.4	8.43	782.1	2.00	184.5	14.5

Tableau 9 : Les différentes composantes du rendement, pertes à la levée mesurée au 29 mai 2017 et architecture de la plante avant récolte

#### c. Le rendement du soja après couverts

L'analyse de variance sur le rendement (Figure 9) met en évidence qu'il y a bien un effet du précédent sur le rendement final du soja. La teneur en protéines à la récolte n'est toutefois pas impactée (non significatif). Le précédent luzerne apparaît significativement meilleur pour le rendement suivi par les trèfles blanc et violet. La modalité sol nu est significativement différente en termes de rendement par rapport aux modalités avec couvert.

### Effet du couvert sur le rendement du soja

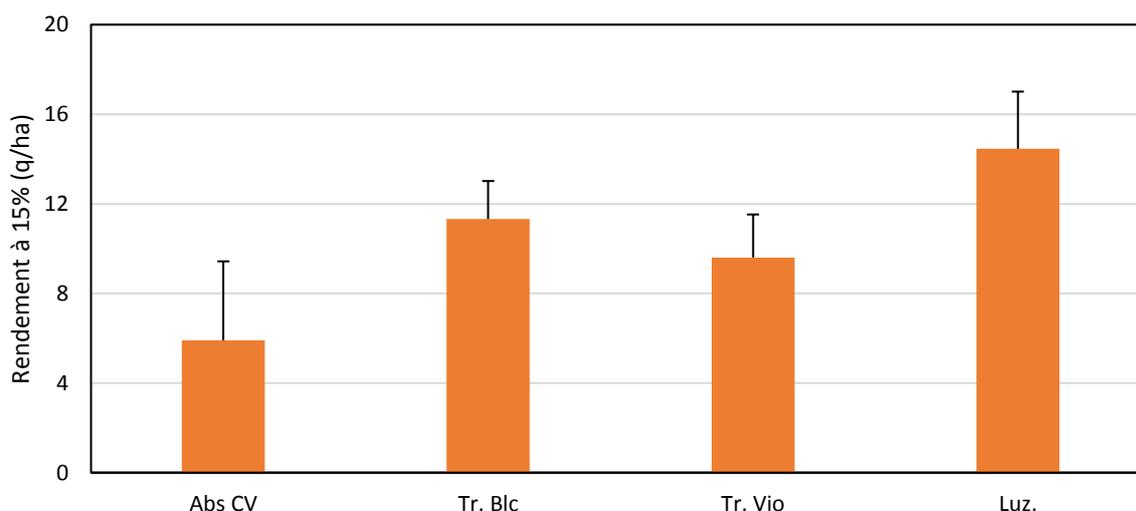


Figure 9 : Le rendement aux normes du soja suivant les modalités de couverts semés en interculture d'automne. Le prélèvement a été fait sur placette le 28 septembre 2017 avant récolte.

Cet effet n'est pas imputable directement à la biomasse à la destruction du couvert, la luzerne qui avait la plus faible biomasse semble avoir été celui qui a le plus contribué au développement du soja qui a succédé. Pour expliquer ce phénomène il y a trois possibilités :

- Le bénéfice est dû à l'action de la luzerne sur les propriétés physiques du sol
- Il y a eu un effet des reliquats initiaux qui étaient plus important sur la modalité luzerne avant le semis du couvert.
- Les résidus de luzerne ont permis après minéralisation de libérer des éléments minéraux qui ont profité au soja

La première hypothèse est difficile à vérifier mais peu probable. La seconde hypothèse est peu probable puisque la différence de reliquat ne se retrouve ni dans le couvert avant destruction, ni dans le sol, celui-ci a donc probablement été lixivié. La dernière explication, qui reste la plus probable est que la minéralisation des résidus de luzerne a libéré plus facilement ces éléments

minéraux et/ou que ceux-ci ont été mis à disposition de manière plus synchronisée avec les besoins du soja. Toutefois, en l'absence de moyen d'exclure totalement un effet potentiel des reliquats initiaux sur la concentration en azote dans la luzerne il faudra d'autres résultats expérimentaux pour confirmer cette supposition *i.e.* la concentration plus importante en azote dans la luzerne est dépendante de sa capacité de prélèvement qui diffère des trèfles.

#### d. Les éléments prélevés par le soja après couvert

Seules les teneurs en azote du grain et la teneur en phosphore des tiges sont significativement différentes entre modalités. Les quantités prélevées en éléments N P et K du grain sont quant à eux significatives puisqu'ils sont liés à la biomasse produite. Le rendement n'est pas corrélé directement avec les éléments prélevés par le couvert ni avec les reliquats initiaux. Par contre la quantité d'azote du soja à la récolte est corrélée significativement au phosphore et à l'azote prélevé par le couvert avant destruction. Cela corrobore l'hypothèse émise précédemment : la luzerne a prélevé des éléments de manière presque équivalente aux trèfles. Toutefois sa plus faible biomasse produite a permis une minéralisation des éléments de manière plus importante pour la culture suivante grâce à un rapport C/N plus faible.

### Rendement et éléments absorbés par le soja suivant les modalités de couvert d'interculture.

	Grains				Tiges			
	% N Dumas	K (g/kg)	P (g/kg)	% Protéines	% N Dumas	K (g/kg)	P (g/kg)	RDT 15% (q/ha)
Abs CV	6.73	16.80	4.42	42.09	1.60	3.79	0.79	5.9
Tr. Blc	7.05	17.33	4.23	44.04	1.03	2.47	0.45	11.4
Tr. Vio	7.20	17.66	4.78	45.02	1.28	3.01	0.68	9.6
Luz.	6.95	7.05	1.58	43.44	0.82	2.31	0.36	14.5

Tableau 10 : Rendement estimé avant récolte et éléments prélevés dans le grain et les tiges du soja. Les protéines sont estimées par rapport à la teneur en azote x 6.25. Le prélèvement a été fait sur placette le 28 septembre 2017 avant récolte.

En regardant la teneur en azote dans le couvert des modalités, on obtient une relation significative avec la biomasse de soja et le rendement à la récolte ( $R^2=0.63$  pour les deux) et une corrélation significative mais plus faible en le lien avec la totalité de l'azote prélevé par hectare (rendement  $R^2=0.41$ , biomasse plante entière  $R^2=0.47$ ). Pour cette dernière on obtient également une relation identique entre le rendement, la biomasse aérienne et la quantité d'éléments de phosphore prélevé par le couvert précédent. Cette dernière est due à une covariance sur les quantités d'éléments N et P prélevé par le couvert ( $R^2=0.97$ ). Toutefois cette corrélation ne se retrouve pas sur les teneurs en éléments dans le couvert, la relation teneur en phosphore et rendement/biomasse n'est pas significative.

Pour dissocier les effets observés liés à l'azote et au phosphore un autre indicateur permet de montrer la limitation de la croissance en biomasse: le rapport N/P. Dans les cas où le rapport N/P est élevé, le phosphore est plutôt limitant, a contrario, si celui-ci est faible le rendement est plus susceptible d'être limité par l'azote que par le phosphore. Cet indicateur du stress azote *versus* phosphore est significativement et inversement corrélé au rendement. Il montre ainsi que la proportion d'azote et de phosphore sont tous les deux des critères impactant le développement de la culture suivante.

### 3. Discussion sur les effets des couverts sur soja

Ce suivi des arrières effets souligne que le lien biomasse et éléments restitués/disponibles pour la culture suivante n'est pas uniquement tributaire de la biomasse totale produite mais aussi de la dilution des éléments dans celle-ci. La luzerne ayant une forte capacité d'absorption en éléments, plus que le trèfle cette année, elle a probablement permis une meilleure valorisation des éléments minéraux pour la culture suivante. Ces résultats suggèrent que la concentration en éléments dans la biomasse est un facteur important à prendre en compte dans l'ajustement de la fertilisation.

Il s'agit d'un résultat uniquement sur la première année après implantation du couvert et il est probable également que l'enrichissement du sol en matière organique puisse être profitable sur le long terme. Pour le trèfle, même si la dilution des éléments prélevés par la dans la biomasse du couvert limite la restitution à la culture qui suit, elle pourra malgré tout être potentiellement profitable à plus long terme grâce à l'enrichissement du sol en matière organique.

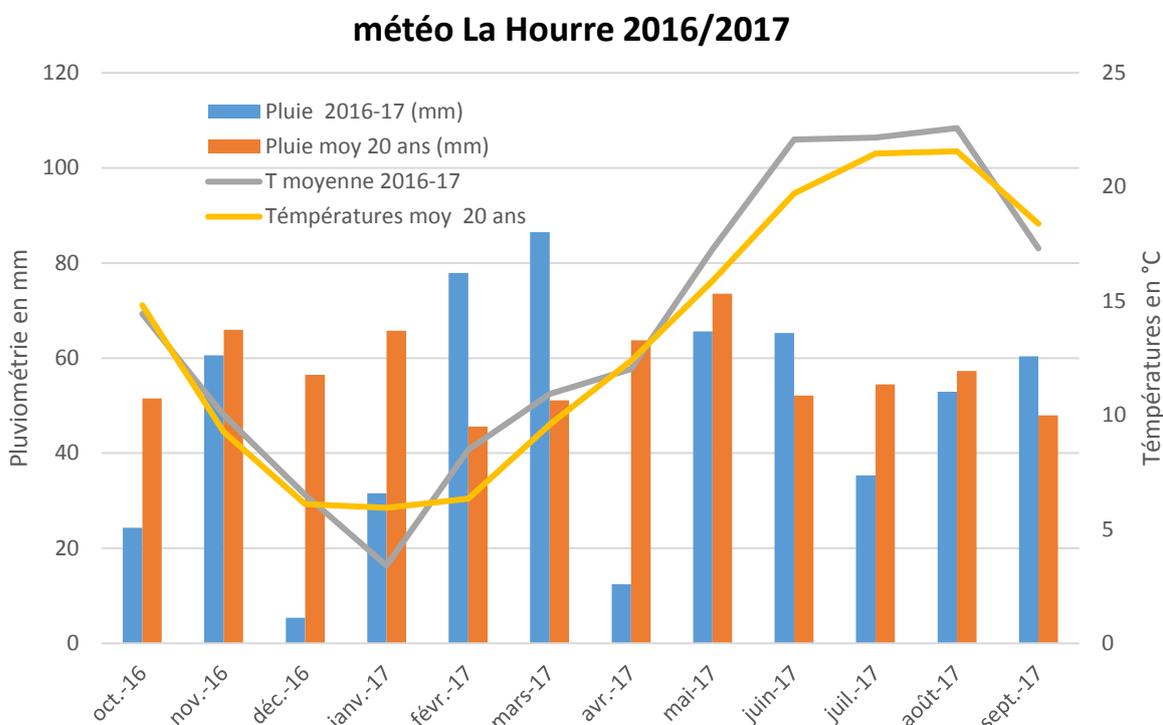
L'effet des différents couverts se distingue donc par :

- 1 La production de biomasse et la quantité totale d'azote accumulée
- 2 L'effet de la dilution de l'azote dans la biomasse indépendamment de la biomasse totale et de son effet sur la minéralisation
- 3 Un effet du phosphore sur la culture suivante dans les cas où il est limitant par rapport à l'azote

Les résultats de cette année restent à valider sur plusieurs années climatiques afin de tirer des conclusions définitives sur les corrélations observées et sur l'impact des couverts sur la culture suivante.

# Annexe 1 : Climatologie campagne 2016-2017

Les références à la moyenne concernent la moyenne des 20 dernières années



## Automne 2016 (octobre à décembre)

En termes de températures, l'automne 2016 était dans la moyenne de ce qui a été observé ces 20 dernières années. Les 1<sup>ères</sup> gelées sont arrivées dès le 1<sup>er</sup> décembre avec des températures qui ont pu tomber à  $-4,3^{\circ}\text{C}$  le 12 décembre. En décembre il y eut 16 jours avec des gelées matinales ce qui est bien plus que l'année précédente où 8 jours de gel avaient été constatés. L'automne fut également très sec avec un cumul de 90 mm en trois mois pour une moyenne de 174 mm avec un mois d'octobre (24,3 mm) et décembre très sec (5,4 mm).

## Hiver 2016-2017 (janvier à mars)

Le début de l'hiver a été assez froid, avec en janvier une température moyenne mensuelle de  $3,4^{\circ}\text{C}$  associé à 17 jours de gelées matinales. Les températures sur janvier ont pu descendre jusqu'à  $-8,8^{\circ}\text{C}$  le 19 janvier. En revanche, en février et mars les températures étaient supérieures à la normale avec respectivement  $+2,13^{\circ}\text{C}$  et  $+1,34^{\circ}\text{C}$  par rapport à la moyenne sur 20 ans. Les précipitations ont été faibles sur la période hivernale avec une différence de pluviométrie par rapport à la moyenne de  $32,6^{\circ}\text{C}$ . La pluviométrie en janvier a été très faible par rapport à la période (31,6 mm) mais a été compensé par des pluies plus importantes en février et mars.

## Printemps 2017 (avril à juin)

Les trois mois du printemps sont proches de la moyenne pour les températures avec tout de même une température un peu plus élevée pour les mois de mai et juin ( $+1,38$  et  $+2,36^{\circ}\text{C}$  par rapport à la moyenne). Sur la fin du mois d'avril les températures basses ont occasionné des dégâts de gel sur le blé. Toujours au mois d'avril, les précipitations ont été très faibles (12,4

mm). Ce manque d'eau n'a pas été partiellement rattrapé aux mois de mai et juin avec les 131 mm apportés par les précipitations.

**Eté 2017 (juillet à septembre)**

Les températures moyennes sur cette période sont proches de la moyenne sur 20 ans. Les pluies peu abondantes de juillet (-19 mm par rapport à la moyenne) ont été compensées en partie en septembre (+12 mm par rapport à la moyenne).