

RAPPORT SUR LES COUVERTS VEGETAUX 2017- 2018



Photo CREABio : soja sur parcelle en agroforesterie, La Hourre 28 aout 2018

CREABio

LEGTA Auch-Beaulieu
32020 AUCH Cedex 09

Enguerrand Burel ou Laurent ESCALIER

Tél : 05.62.61.71.29 ou eburel.creab@gmail.com
laurentcreab@gmail.com

Le CREABio est membre



Action réalisée avec le concours financier :

Du Conseil Régional de Midi-Pyrénées et du compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural » géré par le Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche¹ et du Foyer Ludovic

LAPEYRERE



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



¹ la responsabilité du ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche ne saurait être engagée

Introduction

L'objectif général de ces essais est de fournir des conseils aux producteurs sur 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^{ère} période d'implantation se situe au printemps avec le semis de couverts végétaux sous couvert d'une céréale à paille au stade plein tallage. 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 semées en pur et 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 qui sert de témoin.

Il est également prévu de réaliser un suivi en 2^{ème} 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 CREABio 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.

Table des matières

Partie I. Engrais verts semés sous couvert d'un blé	8
1. Description de l'essai.....	8
a. Situation de l'essai	8
b. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	8
c. Conduite de la culture hôte du couvert	9
2. Les résultats.....	10
a. Développement des couverts sous le blé	10
b. Prélèvement à la récolte du blé : biomasse et éléments prélevés par la culture	10
c. Biomasse des couverts avant destruction	10
d. Eléments prélevés par les couverts	11
e. Reliquats azotés implantation/destruction	12
3. Discussion sur les couverts de printemps : légumineuses semées dans le blé	13
Partie II. Engrais vert semés en interculture	14
1. Description de l'essai.....	14
a. Situation de l'essai	14
a. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	14
b. Conduite de la culture.....	15
2. Les résultats.....	16
a. Biomasse des couverts avant destruction	16
b. Les éléments prélevés par le couvert végétal.....	16
a. Reliquats azotés implantation/destruction	17
3. Discussion sur les couverts.....	19
Partie III. Suivi des arrières effets des couverts de 2017	20
1. Suivi des arrières effets des couverts de légumineuses semés au printemps.....	20
a. Description de l'essai	20
b. Les résultats	22
2. Suivi des arrières effets des couverts d'automne légumineuses/non-légumineuses ..	25
a. Description de l'essai	25
b. Les résultats	26
3. Discussion sur les effets des couverts sur soja	27
Annexe : Climatologie campagne 2017-2018	28

Liste des illustrations

Les figures

Figure 1 : rendement aux normes et teneurs en protéines mesurée à l’Inframatic des blés hôtes du couvert semé au printemps.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2 : biomasse des couverts et des adventices avant destruction.	11
Figure 3 : N, P, K de la biomasse aérienne des couverts et des adventices avant destruction.	12
Figure 4 : reliquats azotés à l’implantation et à la destruction du couvert.	12
Figure 5 : biomasse aérienne des couverts bispécifiques semés à l’automne et détruits en avril.	16
Figure 6 : azote, potassium et phosphore prélevés par les différentes espèces semées en interculture et dans les adventices avant destruction. Les barres d’erreurs représentent l’écart-type entre les 3 répétitions.	17
Figure 7 : reliquats azotés à l’implantation et à la destruction des couverts.	18
Figure 8 : Le rendement aux normes du soja suivant les modalités de couverts semés en interculture d’automne. Le prélèvement a été fait sur placette le 3 octobre 2018 avant récolte.	22
Figure 9 : Elements prélevés par le soja succédant aux modalités étudiées dans l’essai couvert semé au printemps (teneurs et quantités).	24
Figure 10 : dynamiques de températures moyennes mensuelles à la Hourre et moyennes de température sur 20 an à Auch 29	29
Figure 11 : dynamiques des précipitations mensuelles à la Hourre (données station météo INRA) et moyennes des précipitations sur 20 an à Auch (données Météo France) 29	29

Les tableaux

Tableau 1 : Variétés et densités de semis des couverts.....	8
Tableau 2 : Les interventions et outils utilisés sur l’essai et 2017 à 2019.	9
Tableau 3 : Biomasses dans le blé hôte du couvert semé au printemps 2018.....	10
Tableau 4 : Espèces et densités de semis pour l’essai couvert d’automne.	15
Tableau 5 : Les interventions et outils utilisés sur l’essai.	15
Tableau 6 : les modalités de l’essai et les espèces semées en couvert..	20
Tableau 7 : calendrier des interventions sur l’essai et sur le précédent cultural.	21
Tableau 8 : Les moyennes et écart-types des différentes composantes du rendement, pertes à la levée mesurée au 29 mai 2017 et architecture de la plante avant récolte..	22
Tableau 9 : Espèces et densités de semis pour l’essai couvert d’automne. Les semences des différents couverts ont été fournies par les sociétés.	25
Tableau 10 : calendrier des interventions sur l’essai et sur le précédent cultural.....	26
Tableau 11 : Les moyennes et écart-types des différentes composantes du rendement, pertes à la levée mesurée au 29 mai 2017 et architecture de la plante avant récolte. Les écart-types sont calculés sur les 3 répétitions.	26

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

1. Description de l'essai

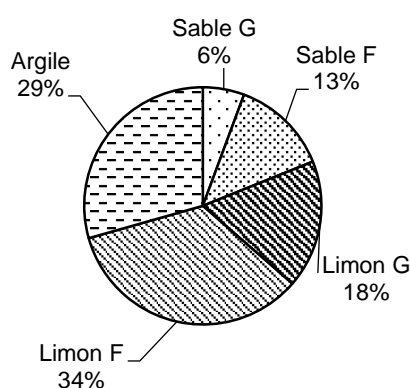
a. Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

Sol : Argilo-calcaire profond, parcelle LH9, Cf. texture ci-dessous

Climat : océanique dégradé, contexte annuel cf. annexe

Texture parcelle LH9 (0-30 cm)



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 m² : 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.

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	Pastor	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 du soja. La culture mise en place est un blé tendre d'hiver. Les interventions réalisées sur l'essai sont présentées dans le Tableau 2.

Date	Stade culture	Intervention Observation Mesures	Matériel utilisé	Remarques
13/10/2017	Maturité	Récolte machine Soja	Moissonneuse	
25/10/2017	Post-Récolte	Déchaumage	Déchaumeur à disques	
25/10/2017	Inter-culture	Travail du sol	Cultivateur	
23/11/2017	Inter-culture	Préparation sol	Vibroculteur	
23/11/2017	Semis BTH	Semis BTH ARNOLD	Semoir combiné	Pesée semis : 162 Kg/ha
23/03/2018	Tallage Plein	Désherbage	Herse étrille	Agressivité 5,5/6
06/04/2018	Tallage	Préparation semis	Herse étrille	Agressivité 5,5/6
06/04/2018	Semis	Semis essai	Semoir pour essais	Semis de toutes les modalités le même jour
13/07/2018	Maturité	Récolte	Moissonneuse pour essais	
17/07/2018	Interculture	Déchaumage CV1 uniquement	Déchaumeur à disques	
15/04/2019	Végétation	Destruction CV	Déchaumeur à disques	
30/04/2019	Inter-culture	Désherbage - Destruction CV	Déchaumeur à disques	
07/05/2019	Inter-culture	Désherbage	Rotative (combiné)	Passage très rapide
13/05/2019	Inter-culture	Préparation semis	Rotative (combiné)	
14/05/2019	Semis	Semis Soja ISIDOR	Semoir monograine	555556 grains/ha (C6) - 72 trous - Profondeur C

Tableau 2 : Itinéraire technique de l'essai de 2017 à 2019.

Le blé a été semé à 162 kg/ha avec une semence fermière biologique d'un mélange d'Energol + Izalco, soit une densité de 385 grains/m². La date de levée a été notée au 15 décembre. 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. 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 a été réalisé alors que le blé était au stade plein tallage. Le semis s'est fait tardivement dans des conditions qui n'étaient pas optimales, le sol n'étant pas entièrement ressuyé au semis. Le semis a été fait tardivement suite aux fortes pluies de début d'année.

2. Les résultats

a. Développement des couverts sous le blé

Les couverts ont rapidement levé après le semis. La date de levée fut notée le 3 avril 2018 pour la luzerne et le trèfle violet. Les couverts ont rencontrés de bonnes conditions de développement jusqu'à mi-mai et n'ont pas subi l'hydromorphie observée sur d'autres parcelles. Seules les températures assez basses pour la période ont pu être un frein au développement. Le mois de juin a été chaud et sec, ce qui a limité le développement des couverts sur cette période. Au niveau de la culture de blé, le seul problème rencontré a été du gel de méiose en avril qui n'a eu, au final, qu'un impact limité sur le rendement.

b. Prélèvement à la récolte du blé : biomasses 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. 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 avec un impact inexistant sur la culture en place (

	rdt	PMG	impuretés	protéines	PS
modalité	q/ha	g	%	%	kg/hl
<i>Abs couvert</i>	21.8 +/- 2.2	34.5 +/- 0.9	3.1 +/- 0.6	11.7 +/- 1	83.6 +/- 0.9
<i>Trèfle blanc</i>	19.2 +/- 4.4	35.2 +/- 0.6	3.9 +/- 1.6	12 +/- 1	82.5 +/- 2.9
<i>Trèfle violet</i>	19.4 +/- 3	34.4 +/- 0.5	3.6 +/- 0.4	11.2 +/- 0.7	81.4 +/- 2.6
<i>Luzerne</i>	20.5 +/- 1.9	34.4 +/- 0.5	2.8 +/- 0.4	11.5 +/- 0.8	82.8 +/- 1.9

Tableau 3). Les rendements tout comme les teneurs en protéines sont élevés sur 2018. L'analyse de variance ne montre pas de différences entre les modalités en termes de biomasse et de teneur en protéines. Ce résultat rejoint les constats fait les années précédentes. Sur les éléments absorbés il n'y a pas non plus de différences entre modalités sur le type de couvert ou de sa présence ou non. 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.

	rdt	PMG	impuretés	protéines	PS
modalité	q/ha	g	%	%	kg/hl
<i>Abs couvert</i>	21.8 +/- 2.2	34.5 +/- 0.9	3.1 +/- 0.6	11.7 +/- 1	83.6 +/- 0.9
<i>Trèfle blanc</i>	19.2 +/- 4.4	35.2 +/- 0.6	3.9 +/- 1.6	12 +/- 1	82.5 +/- 2.9
<i>Trèfle violet</i>	19.4 +/- 3	34.4 +/- 0.5	3.6 +/- 0.4	11.2 +/- 0.7	81.4 +/- 2.6
<i>Luzerne</i>	20.5 +/- 1.9	34.4 +/- 0.5	2.8 +/- 0.4	11.5 +/- 0.8	82.8 +/- 1.9

Tableau 3 : Composantes du rendement des blés hôtes du couvert semé au printemps 2018. Les impuretés sont exprimées en % du poids frais. Le poids spécifique est exprimé pour une humidité aux normes de 15% de même que le PMG et le rendement. La teneur en protéines est celle mesurée à l'Inframatic. Les écart-types sont calculés avec les 3 répétitions.

c. Biomasse des couverts avant destruction

Compte tenu de la grande quantité de biomasse de couverts produite et des conditions climatiques, le prélèvement s'est étalé du 15 au 18 avril. La production de biomasse a été

particulièrement importante : elle correspond au double de celle constatée sur les couverts de 2017 (Figure 1).

Essai Couverts printemps 2018 - Biomasse à la destruction

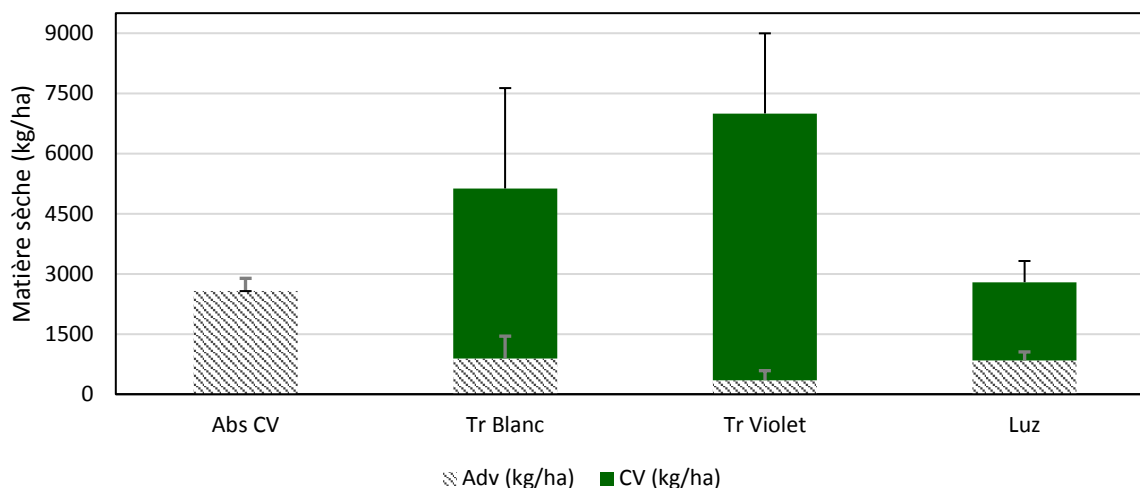


Figure 1 : biomasse des couverts et des adventices avant destruction. Les prélèvements ont été faits du 15 au 18 avril 2019.

La différence de biomasses entre couverts est très importante avec 4235 kg/ha pour le trèfle blanc, 6649 kg/ha pour le trèfle violet et 1954 kg/ha. La luzerne est le couvert qui produit le moins de biomasse, toutefois son effet de bio-contrôle de la flore adventice est équivalent à celui de du trèfle blanc (réduction de 2/3 de la biomasse adventices). Ce résultat est d'ailleurs cohérent avec ceux des essais des années précédentes. Sur le couvert de trèfle violet, la différence de biomasse d'adventices avec celle du témoin s'élève même à 86%.

d. Eléments prélevés par les couverts

L'analyse de variance montre que les quantités d'azote contenues dans la végétation (couvert+ adventices) sont significativement différentes entre modalités au risque alpha de 10% (Figure 2). Le constat est similaire pour le potassium au risque alpha de 5%. Les différences ne sont toutes fois pas significatives pour le P. Sur les éléments prélevés par les adventices seules, les quantités de N, P et K diffèrent significativement entre le témoin et les modalités (risque alpha=5%). En revanche, le test de Tukey regroupe les 3 modalités avec couvert ensemble. Cela montre que dans le cadre des couverts évalués sur l'essai, et en particulier les trèfles blanc et violet, les quantités qui seront restituées seront plus importantes qu'avec le couvert spontané seul. Le couvert de luzerne quant à lui permet une restitution à peine plus élevée que les adventices seules (groupe homogène de Tukey avec le témoin pour le K).

Essai Couverts printemps 2018 - Eléments Absorbés

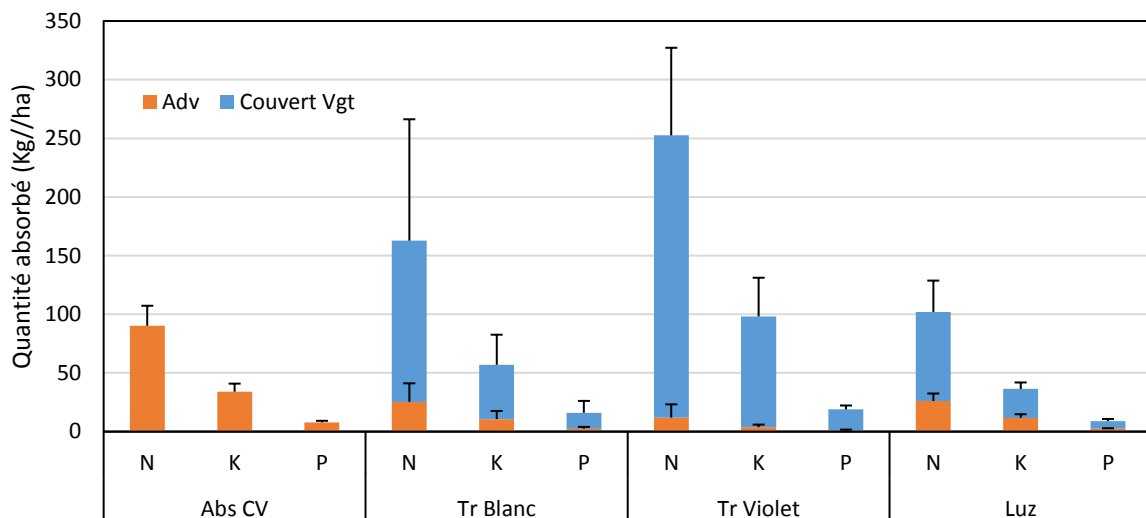


Figure 2 : N, P, K de la biomasse aérienne des couverts et des adventices avant destruction.

e. Reliquats azotés implantation/destruction

Les reliquats à l’implantation sont relativement faibles : 13.7 kgN/ha sur 90 cm et 20 kgN/ha sur 120 cm (Figure 3, a). Il n’y a pas de différence significative entre modalités que ce soit sur le cumul des horizons ou par horizon. A la destruction les reliquats azotés se situaient entre 29.2 kgN/ha et 31.4 kgN/ha sans différences significatives entre modalités à l’exception des reliquats azotés sur 60-90 cm (Figure 3, b). Sur cette profondeur, il apparaît que le témoin sol nu possédait les reliquats les plus élevés (Test Tukey **groupe a**), suivi des modalités de trèfle (Test Tukey **gpe ab**) et la luzerne avec les plus faibles reliquats (Test Tukey **groupe b**). Il semble donc que le couvert de luzerne ait un effet piège à nitrate plus prononcé que les deux autres légumineuses puisque le reliquat est plus faible que le témoin.

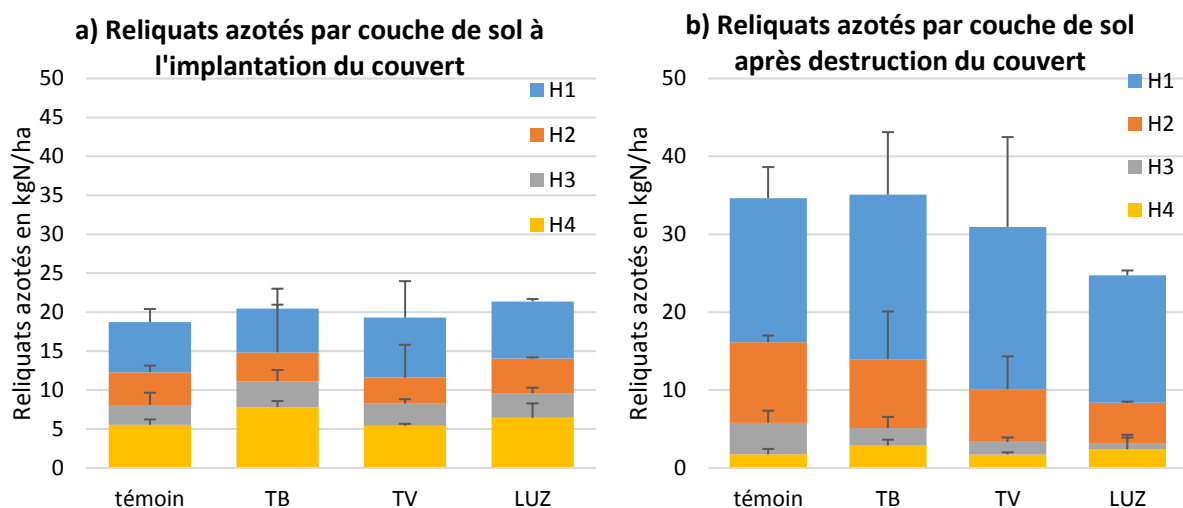


Figure 3 : reliquats azotés à l’implantation (a) et à la destruction du couvert (b). Les écart-types sont calculés sur les 3 répétitions de l’essai. TB=trèfle blanc, TV=trèfle violet, LUZ=Luzerne.

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

2018 est la 5^{ème} année de mise en place de l'essai couverts de printemps. Les deux trèfles étaient présents les 5 années. Par contre, en ce qui concerne la luzerne, la 1^{ère} année d'essai a été semée avec une luzerne annuelle qui ne présentait que peu d'intérêt. Elle a été remplacée dès la 2^{ème} année par une **luzerne méditerranéenne plus adaptée aux conditions pédoclimatiques** de la région. Pour les 4 années, les couverts ont été implantés vers mi-mars et détruits au mois de décembre ou tardivement en avril (2017 et 2018). Il y a une **forte variabilité interannuelle du développement des biomasses** allant du simple au triple en fonction des conditions de développement du couvert.

Sur les différents essais couverts, les quantités d'éléments minéraux absorbés par les différents couverts sont en lien avec la biomasse produite. C'est donc un bon indicateur de l'effet piégeage des éléments. Ainsi les couverts qui absorbent le plus d'éléments minéraux sont ceux ayant produit le plus de biomasse. Toutefois, pour prédire l'effet engrais vert pour la culture suivante il est important de prendre en compte la nature du couvert lui-même. Par ailleurs, **un usage régulier des couverts végétaux permet d'obtenir des effets cumulatifs** qui au bout de quelques années (environ 5 ans) permettent 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, dans ce cas la concurrence sur les adventices est faible. Ce couvert est celui qui produit la biomasse la plus importante parmi les couverts testés.

Trèfle blanc : ce trèfle souffre surtout d'une implantation très lente et n'est efficace qu'avec une implantation précoce en janvier/février, dans la mesure du possible. En effet sa production débute surtout à l'automne. 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 a très peu concurrencé 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 la biomasse produite est moindre que pour les trèfles, l'effet engrais vert peut s'avérer plus important dans les cas de destruction tardive. Sa présence, comme pour les autres couverts testés permet de réguler le nombre d'adventices.

Partie II. Engrais vert semés en interculture

1. Description de l'essai

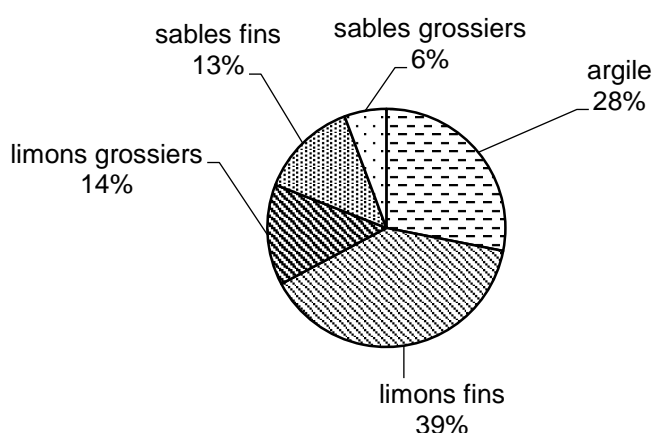
a. Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

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

Climat : océanique dégradé, contexte annuel cf. annexe

Texture de la parcelle LH 8



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 m² [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 moutarde brune a été testée en comparaison avec la moutarde blanche. Son intérêt est son effet allélopathique connu qui influe sur le développement des adventices mais également sur celui des maladies et des ravageurs. Son allélopathie se manifeste après dégradation des tissus de la plante via la dégradation des molécules de glucosinolate en isothiocyanates, molécules très volatiles et biocides. Cette dégradation est permise par les enzymes contenues dans la matière fraîche de la plante. En pratique cela implique une incorporation rapide de la biomasse afin que cet effet soit actif. La moutarde brune est un peu moins efficace que la moutarde blanche comme CIPAN et a potentiellement une biomasse un peu plus limitée dans notre contexte pédoclimatique.

La lentille de printemps est également testée comme légumineuse car elle est assez facile à détruire/restituer et permet une bonne couverture du sol. Elle est modérément sensible au gel ce qui permet son implantation en septembre. Cette dernière est associée à la phacélie, connue comme étant une espèce intéressante pour la fertilité du sol. Des travaux récents ont confirmés son effet sur la structure du sol et en particulier la porosité. L'avoine rude/brésilienne/diploïde (Avoine de printemps) est également allélopathique et très compétitive. Son action ne passe pas par une phase de biofumigation. Les composés à la base de son allélopathie sont des composés phénoliques qui sont produits dans toute la biomasse de la plante et qui sont exsudés en végétation par les racines. Leur action est directe en

végétation mais aussi indirecte par dégradation des tissus de la plante lors de l'incorporation des résidus.

Espèces	Dose lég+non-lég (kg/ha)	Remarques
Absence couvert	-	Témoin sans couvert
Vesce commune (CANDY) + moutarde blanche (VERTE)	20 + 5	Témoin mélange engrais vert
Vesce commune (CANDY) + moutarde brune (ETAMINE)	20 + 5	Effet allélopathique
Lentille (FLORA) + Phacélie (STALA)	20 + 5	Effet structurant
Lentille (FLORA) + Avoine rude (OTEX)	20 + 20	Effet allélopathique

Tableau 4 : Espèces et densités de semis pour l'essai couvert d'automne. Les semences des différents couverts ont été fournies par les sociétés Semences de France et Caussade Semences. Les noms des variétés sont spécifiés entre parenthèses.

b. Conduite de la culture

La culture mise en place est un soja sur précédent blé tendre d'hiver dont la biomasse aérienne a été exportée suite à un problème de maîtrise des adventices. 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. La levée a toutefois été tardive, le 20 octobre, les premières pluies n'étant survenues que mi-octobre. La destruction du couvert a été faite le 15 avril 2019 avec un déchaumeur à disque.

Tableau 5 : Itinéraire technique de l'essai.

Date	Stade culture	Intervention Observation Mesures	Matériel utilisé	Remarques
27/06/2018	Maturité	Fauchage blé	Faucheuse	Culture non récoltée
28/06/2018	Maturité	Andainage	Andaineuse	
29/06/2018	Maturité	Emballage	Emballeuse	
05/07/2018	Interculture	Déchaumage	Déchaumeur à disques	
06/08/2018	Interculture	Travail du sol	Cultivateur	
03/09/2018	Interculture	Apport de compost	Epandeur	Compost déchet vert 10 mois BIO FUMUS 10 t/ha : 70%MS(N: 0,1% - P: 0,06% - K: 0,15%)
14/09/2018	Interculture	Enfouissement engrais + désherbage	Déchaumeur à disques	
17/09/2018	Interculture	Préparation sol	Herse rotative	
18/09/2018	Semis	Semis essai sur LH8	Semoir pour essai	
30/04/2019	Inter-culture	Désherbage - Destruction CV	Déchaumeur à disque	
07/05/2019	Inter-culture	Préparation sol	Rotative (combiné)	
07/05/2019	Semis	Semis soja	Semoir monograine	Variété Isidor, 555556 grains/ha

2. Les résultats

a. Biomasses des couverts avant destruction

Les mesures de biomasses avant destruction des couverts montrent que la biomasse totale est équivalente entre modalités à l'exception du mélange lentille + avoine rude. La biomasse des adventices n'est en revanche pas directement reliée à la production de biomasse du couvert semé. D'autres facteurs doivent expliquer les variations de biomasses adventices entre modalités (architecture de la plante, phénologie, compétitivité...). Le couvert ayant développé le plus de biomasse est le mélange lentille + avoine rude. C'est la biomasse d'avoine rude qui est la plus élevée toutes espèces confondues. La proportion de légumineuse est la plus importante sur le mélange vesce+moutarde brune, sûrement due au plus faible développement de la moutarde brune, ce qui a permis à la légumineuse de se développer.

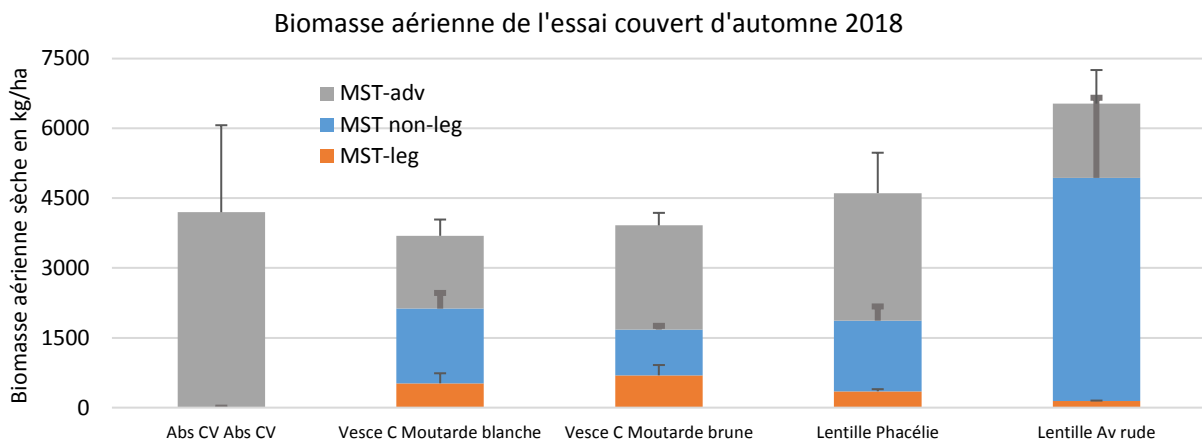


Figure 4 : biomasses aériennes des couverts bispécifiques semés à l'automne et détruits en avril. Les barres d'erreur correspondent aux écart-types calculés sur les 3 répétitions. Adv=adventices ; non-leg=non-légumineuse ; leg=légumineuse.

b. Les éléments prélevés par le couvert végétal

Les éléments prélevés par la couverture végétale (couvert semé + adventices) sont significativement lié à la nature du couvert semé pour le phosphore et le potassium. En revanche pour l'azote, il n'y a pas de différence significative entre modalités. En ce qui concerne les adventices seules, sur les modalités semées, les quantités d'azote prélevées sont significativement différentes. Les quantités de phosphore et de potassium sont également reliées significativement aux modalités étudiées au risque alpha de 10%. Le constat est le même sur le couvert semé, avec des différences significatives entre les modalités de couvert (significatif au risque alpha 10% pour l'azote et 5% pour le phosphore et le potassium). Ce résultat suggère que le couvert concurrence les adventices dans le cas des mélanges Vesce Commune+moutarde et lentille+phacélie sur le prélèvement des éléments. En revanche, sur le mélange lentille et avoine l'absorption d'éléments aura été plus importante pour l'avoine et significativement différente des autres modalités pour le phosphore (groupe homogène différencié via test de Tukey).

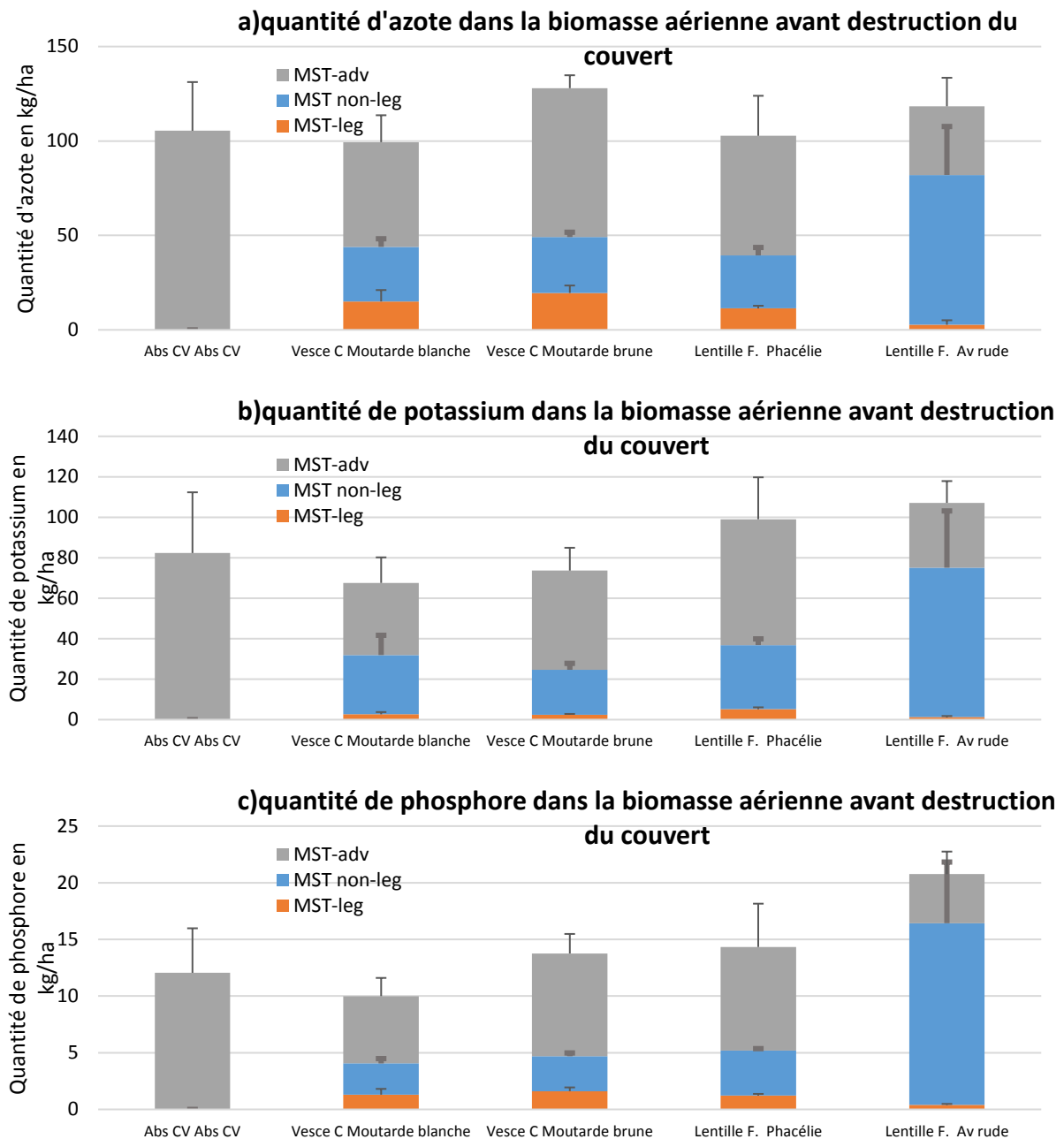
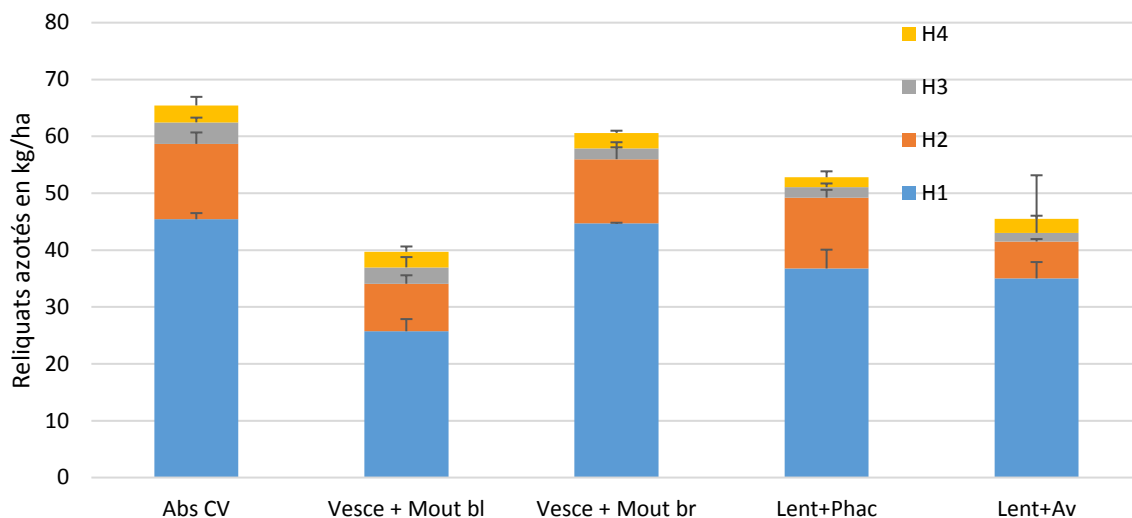


Figure 5 : azote (a), potassium (b) et phosphore (c) prélevés par les différentes espèces semées en interculture et dans les adventices avant destruction. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type entre les 3 répétitions.

a. Reliquats azotés implantation/destruction

Aucune différence significative n'apparaît sur les reliquats à l'implantation et à la destruction du couvert au risque alpha de 5%. En revanche au risque alpha de 10%, les reliquats après destruction diffèrent significativement entre modalités sur 0-120 cm (p-value=0.057). Ce résultat ne permet pas de tirer de conclusion sur cette année. L'impact du couvert sur le reliquat azoté doit donc être déterminé sur l'ensemble des 3 années d'essais prévues.

Reliquats azotés à l'implantation des couverts



Reliquats azotés à la destruction des couverts

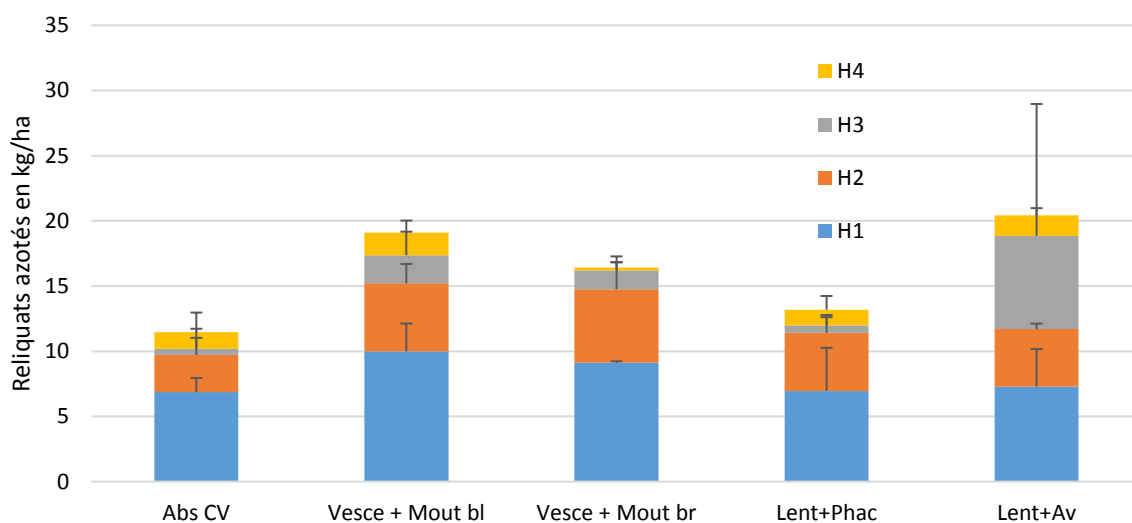


Figure 6 : reliquats azotés à l'implantation (a) et à la destruction (b) des couverts. Les écart-types sont calculés sur la moyenne des trois répétitions. Abs CV= témoin, Vesce + Mout bl= Vesce + moutarde blanche, Vesce + Mout br= vesce + moutarde brune, Lent+Pha= Lentille + phacélie, Lent+Av = lentille + avoine rude.

3. Discussion sur les couverts

Suite à cette cinquième 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. A privilégier pour les implantations tardives.
- Les espèces gélives comme le moha, sarrasin, avoine rude nécessitent d'être semées précocement pour pouvoir développer leur biomasse avant les premiers gels qui peuvent intervenir en octobre. La production de biomasse sera donc aléatoire. Toutes les espèces réputées gélive n'ont pas la même sensibilité au gel (ex: sarrasin beaucoup plus sensible que l'avoine rude)
- La vesce et la lentille se développent bien si la non-légumineuse associée n'est pas trop étouffante. L'association avec de la moutarde et/ou de la phacélie semble favoriser la légumineuse associée par rapport à des associations avec des graminées comme l'avoine rude.
- Les associations avec les moutardes (blanche/brune) +vesce et phacélie + lentille semblent intéressantes pour maintenir un minimum de compétition des adventices tout en produisant de la biomasse qui pourra potentiellement avoir un effet engrais vert sur la culture suivante (notamment grâce à une bonne proportion légumineuse/non-légumineuse).
- Concernant l'avoine rude, les résultats sur 2 ans montrent une variabilité inter annuelle importante sur la biomasse produite. Cependant l'année 2018 ayant été exceptionnelle sur le plan climatique, il faudra attendre une année supplémentaire d'essai pour conclure définitivement sur l'avoine en tant que couvert associé.

Les résultats issus de cette campagne sont à confirmer sur une année supplémentaire d'essai.

Partie III. Suivi des arrières effets des couverts de 2017

1. Suivi des arrières effets des couverts de légumineuses semés au printemps

a. Description de l'essai

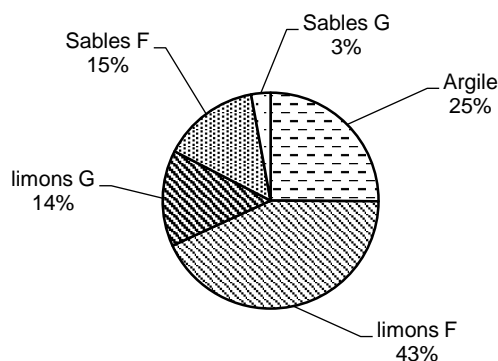
Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

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

Climat : océanique dégradé, contexte annuel cf. annexe

Texture 0-40 cm - parcelle LH7



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 m² : 0,5 m x 0,5 m) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est le couvert végétal. Les différents couverts semés sont présentés dans le Tableau 6 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.

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	Témoin production de biomasse
Luzerne méditerranéenne	CV4	Icon	12	

Tableau 6 : les modalités de l'essai et les espèces semées en couvert. Les semences ont été fournies par Semences de France.

Conduite de la culture

Le précédent cultural de l'essai semé au printemps est un soja, suivi par le blé dans lequel les couverts ont été semés (Tableau 7). Les interventions réalisées sur l'essai sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Itinéraire technique de l'essai et du précédent cultural.

Date	Stade - intervention	Intervention	Matériel	Remarques
12/10/2016	Récolte	Récolte	Moissonneuse	
19/10/2016	Interculture	Déchaumage	Déchaumeur à disque	
21/11/2016	Interculture	Reprise sol pour semis	Grand vibroculteur	
05/12/2016	Semis	Semis mélange BTH	Semoir combiné	Semis ENERGO + IZALCO CS Pesée: 193,4 kg/ha
31/01/2017	Tallage - Semis CV	Semis Trèfle blanc uniquement	Semoir pour essai	
22/03/2017	Plein Tallage - Semis CV	Semis Trèfle violet et luzerne	semoir pour essai	Trèfle violet - Luzerne
05/04/2017	Epis 1 cm	Apport engrais 10-4-0	Epandeur centrifuge	50 U d'azote
06/07/2017	Maturité	Récolte machine avec Antédis	Moissonneuse	
23/04/2018	Destruction CV	Destruction CV Green Spirit Rapido	Broyeur	
25/04/2018	Destruction CV	Déchaumage CV Green Spirit Rapido	Déchaumeur à disque	
21/05/2018	Interculture	Préparation de sol	Herse rotative	
26/05/2018	Interculture	Préparation de sol	Herse rotative	
26/05/2018	Semis Soja	Semis Soja	Semoir monograine	Variété Isidor avec inoculation 555556 gr/ha

b. Les résultats

Les composantes du rendement

Sur les composantes du rendement (Tableau 8) on constate que le précédent luzerne a favorisé de manière importante le nombre de gousses/m². Les différences sont moins prononcées sur les autres composantes même si la présence d'un couvert a été favorable à la réussite de la levée du soja. Les différences entre modalités restent relativement faibles.

	% Perte levée	Gousses/m ²	Gousses/plante	Grains/m ²	Grains/gousse	PMG 15% (g)	RDT 15% (q/ha)
Abs CV	29 +/- 8	524 +/- 185	13 +/- 3.4	946 +/- 288	1.8 +/- 0.1	170.7 +/- 7.1	16.2 +/- 5.2
Tr. Blc	21 +/- 3	528 +/- 88	12 +/- 1.6	939 +/- 200	1.8 +/- 0.1	174.8 +/- 11.1	16.5 +/- 3.9
Tr. Vio	21 +/- 7	535 +/- 9	12.2 +/- 1	936 +/- 52	1.7 +/- 0.1	181.2 +/- 11.4	16.9 +/- 0.8
Luz.	17 +/- 13	607 +/- 8	13.3 +/- 2.3	1035 +/- 26	1.7 +/- 0	177.8 +/- 13.2	18.4 +/- 1

Tableau 8 : Les moyennes et écart-types des différentes composantes du rendement, pertes à la levée mesurée au 29 mai 2017 et architecture de la plante avant récolte. Les écart-types sont calculés sur les 3 répétitions.

Le rendement du soja après couverts

Le rendement est supérieur pour le précédent luzerne avec +2.1 quintaux par ha par rapport au témoin (Figure 7). Dans une moindre mesure, le précédent trèfle violet a permis un rendement supérieur par rapport au témoin (+0.5 quintaux/ha). La teneur en protéines à la récolte n'est toutefois pas impactée (non significatif). Le précédent trèfle ne permet pas un rendement bien plus élevés que le témoin sans couvert.

Rendement du soja après Couvert

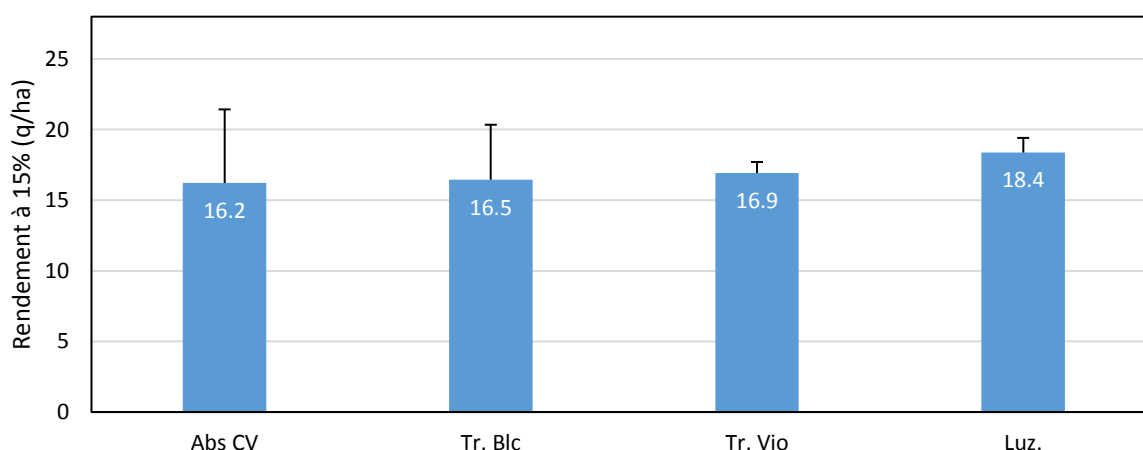


Figure 7 : Le rendement aux normes du soja suivant les modalités de couverts semés en interculture d'automne. Le prélèvement a été fait sur placette le 3 octobre 2018 avant récolte.

Cet effet du couvert n'est pas imputable directement à la biomasse développée à sa destruction. En effet, la luzerne qui avait la plus faible biomasse semble avoir été le couvert qui a le plus favorisé le développement du soja qui a succédé. Pour expliquer ce phénomène il y a deux hypothèses possibles :

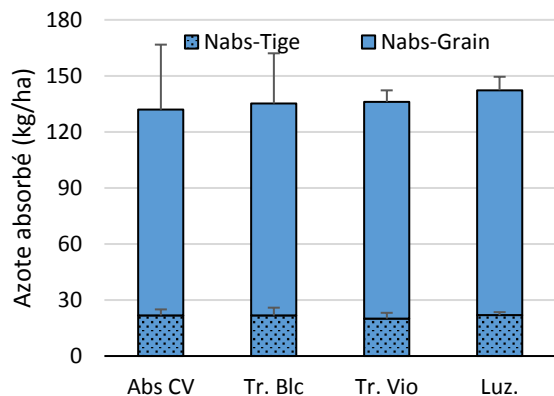
- Le bénéfice est dû à l'action de la luzerne sur les propriétés physiques du sol
- Les résidus de luzerne ont permis après minéralisation de libérer des éléments minéraux qui ont profité au soja

La première hypothèse est difficile à vérifier mais peu probable. La 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 synchrone avec les besoins du soja.

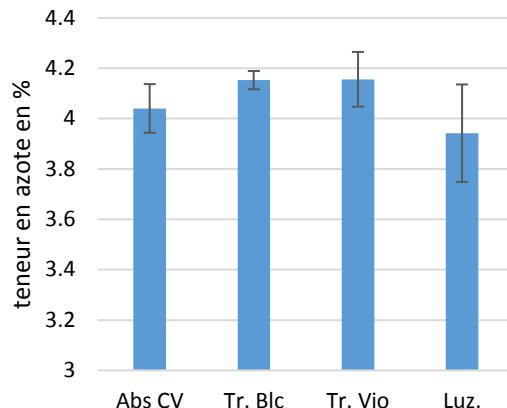
Les éléments prélevés par le soja

Les éléments prélevés par le soja (azote, phosphore et potassium), ne sont pas reliés statistiquement aux modalités étudiées. Cela concerne autant la quantité, que la dilution des éléments présents dans la biomasse aérienne (Figure 8). Seule exception, le phosphore des tiges semble significativement relié à la gestion de l'interculture (p-value=0.0013). Cette relation est probablement due à l'effet de dilution du phosphore dans la plante puisque la quantité de P n'est elle-même pas significativement différente entre les couverts et le témoin « sol nu ». Par ailleurs, la modalité au plus fort rendement de soja (précédent luzerne) a une plus faible teneur en phosphore. Il semblerait donc que cette covariance n'explique pas les différences de rendement. Les différences entre modalités sur le rendement ne semblent pas pouvoir être expliquées par les seuls facteurs étudiés (N, P, K).

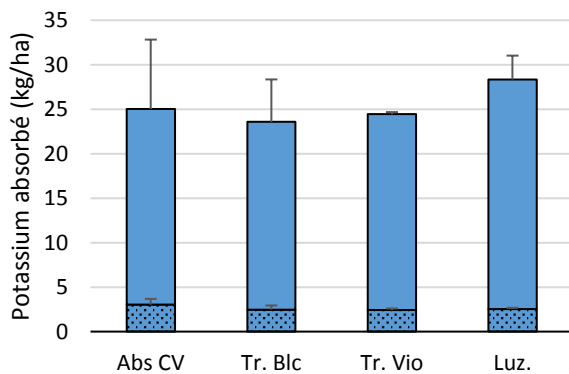
a) azote absorbé par le soja à la récolte



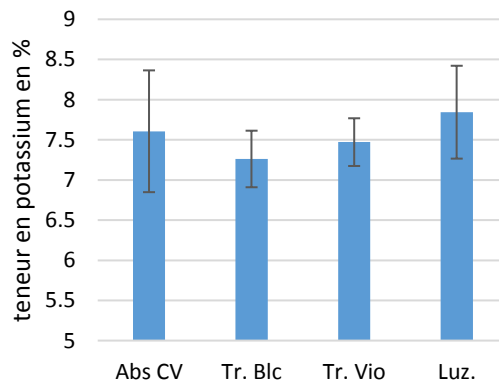
b) teneur en azote plante entière à la récolte



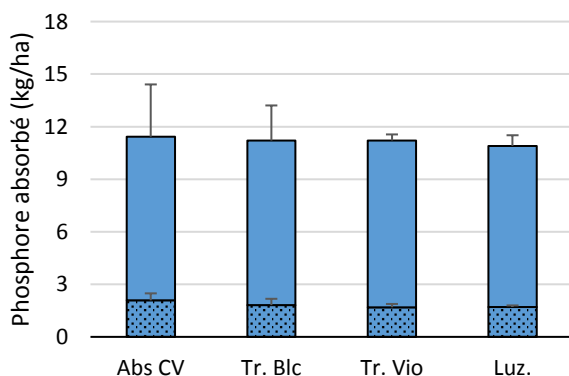
c) potassium absorbé par le soja à la récolte



d) teneur en potassium plante entière à la récolte



e) phosphore absorbé par le soja à la récolte



f) teneur en phosphore plante entière à la récolte

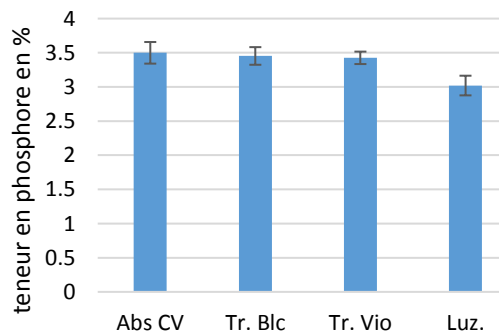


Figure 8 : Eléments prélevés par le soja succédant aux modalités étudiées dans l'essai couvert semé au printemps (teneurs et quantités). Les barres d'erreur correspondent aux écart-types entre les trois répétitions de l'essai.

2. Suivi des arrières effets des couverts d'automne légumineuses/non-légumineuses

a. Description de l'essai

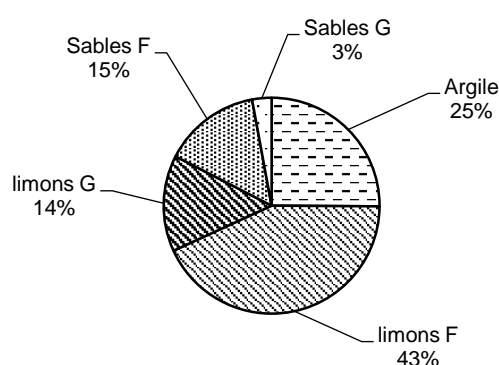
Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

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

Climat : océanique dégradé, contexte annuel cf. annexe

Texture 0-40 cm - parcelle LH7



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 m² : 0,5 m x 0,5 m) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est le couvert végétal. Les différents couverts semés en 2017 sont présentés dans le Tableau 9 ci-dessous.

Espèces	Dose lég+non-lég (kg/ha)	Remarques
Absence couvert	-	Témoin sans couvert
Vesce pourpre (BARLOO) + moutarde blanche (VERTE)	20 + 5	Témoin mélange engrais vert
Vesce pourpre (BARLOO) + moutarde brune (ETAMINE)	20 + 5	Effet allélopathique
Lentille (ANICIA) + Phacélie (inconnue)	20 + 5	Effet structurant
Lentille (ANICIA) + Avoine rude (PRATEX)	20 + 20	

Tableau 9 : Espèces et densités de semis pour l'essai couvert d'automne. Les semences des différents couverts ont été fournies par les sociétés Semences de France et Caussade Semences. Les noms des variétés sont spécifiés entre parenthèses.

Conduite de la culture

Le précédent cultural de l'essai semé au printemps 2017 est un soja, suivi par d'un blé (Tableau 7). Les interventions réalisées sur l'essai sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : calendrier des interventions sur l'essai et sur le précédent cultural.

Date	Stade - intervention	Intervention	Matériel	Remarques
06/07/2017	Maturité	Récolte	Moissonneuse	Mélange Energo + Izalco
10/07/2017	Post-récolte	Déchaumage	Déchaumeur à disque	
18/08/2017	Inter-culture	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
08/09/2017	Inter-culture	Préparation sol pour semis	Herse rotative	
08/09/2017	Semis	Semis Essai	Semoir pour essais	
23/04/2018	Destruction CV	Destruction	Broyeur	
25/04/2018	Destruction CV	Déchaumage	Déchaumeur à disque	
21/05/2018	Interculture	Préparation de sol	Herse rotative	
26/05/2018	Interculture	Préparation de sol	Herse rotative	
26/05/2018	Semis	Semis Soja ISIDOR inoculé	Semoir monograine	Densité 555556 gr/ha
3 et 4/10/2018	Maturité	Prélèvement Récolte Soja	mètre - piquets - épinette	

b. Les résultats

Les composantes du rendement

Sur le rendement (Tableau 8) on constate que le meilleur précédent est le mélange lentille + phacélie. Toutefois l'analyse de variance ne permet pas d'établir si le rendement est significativement différent. Sur les composantes du rendement seules les pertes à la levée sont significativement reliées au précédent. Les pertes ont été plus élevées sur les modalités témoin et lentille + avoine rude (27 et 25%) suivi du mélange lentille Phacélie (20%). Sur les deux autres modalités moutarde + vesce les pertes sont restées à 16%. Ces pertes ne semblent pas avoir affectées le rendement puisqu'il n'y a pas de différence significative entre modalités.

	% Perte levée	Gousses /m ²	Gousses /plante	Grains/m ²	Grains/gousse	PMG 15% (g)	RDT 15% (q/ha)
Abs CV	25 +- 4%	725 +- 86	17.4 +- 2.3	1446 +- 199	1.99 +- 0.04	161 +- 14	23 +- 5
Vesce P + Mout bl	16.5 +- 4.6%	762 +- 45	16.5 +- 0.6	1443 +- 87	1.89 +- 0.04	152 +- 8	22 +- 2
Vesce P + Mout br	16 +- 1.5%	794 +- 102	17.4 +- 2.7	1518 +- 182	1.91 +- 0.02	158 +- 4	24 +- 3
Lentille + Phacélie	20 +- 7.1%	837 +- 15	18.5 +- 2.8	1588 +- 102	1.9 +- 0.09	165 +- 25	26 +- 6
Lentille + Av rude	27 +- 5.7%	751 +- 14	19.8 +- 1.5	1407 +- 90	1.87 +- 0.09	159 +- 16	22 +- 4

Tableau 11 : Les moyennes et écart-types des différentes composantes du rendement, pertes à la levée mesurée au 29 mai 2017 et architecture de la plante avant récolte. Les écart-types sont calculés sur les 3 répétitions.

Si les différences de rendement entre modalités n'apparaissent pas significatives sur l'essai, l'écart entre la modalité lentille + phacélie et les modalités n'est pas négligeable. En comparant ce mélange avec le témoin l'écart est de 3 qx/ha. Pour vérifier si cet écart est réellement fortuit il est nécessaire de reconduire l'essai sur deux années supplémentaires.

3. Discussion sur les effets des couverts sur soja

Le suivi des arrières effets des couverts a montré que **la biomasse produite n'est pas le premier critère qui permet de prédire l'effet « fertilisant »** du couvert végétal. La nature du couvert est particulièrement importante pour déterminer au préalable son effet sur la culture suivante. Par ailleurs, l'itinéraire technique peut être également à l'origine des différences observées entre couverts : en effet la destruction tardive des couverts en 2018 a favorisé les modalités dont la biomasse est plus facilement minéralisable.

L'année climatique joue beaucoup sur les effets des couverts végétaux : on ne distingue pas, cette année, de relation entre les éléments prélevés par les couverts végétaux et la biomasse produite à la récolte (grain ou plante entière). Toutefois, pour les couverts implantés sur une longue durée et composé uniquement de légumineuses, il peut apparaître **des effets du couvert sur le rendement de la culture suivante, même si celle-ci est une légumineuse** (soja). Le bénéfice lié à l'utilisation de couverts végétaux sur la minéralisation du sol n'est pas nécessairement visible sur la première année. Il n'est donc pas exclu que les couverts évalués dans l'essai aient un effet plus tardif sur la fertilité de la parcelle.

Les résultats montrent que **la luzerne est le meilleur couvert de légumineuses**, parmi les trois semées au printemps, **si l'effet recherché est d'améliorer le rendement du soja** qui suit. **Le trèfle violet** est celui qui **permet de produire le plus de biomasse**. Il aura donc un effet de stockage de matière organique dans le sol potentiellement plus important que les autres couverts. **Le trèfle blanc** semble cependant plus **adapté aux contextes de stress hydrique** important sur la période estivale. L'effet des couverts d'automne n'aura pas été suffisant sur la culture suivante pour permettre de mettre en évidence des différences significatives entre les couverts. Même si un rendement plus important est observé après un précédent phacélie + lentille. Les mélanges seront évalués deux années supplémentaires afin de déterminer s'ils ont un effet sur la culture suivante.

Annexe : Climatologie campagne 2017-2018

Les références à la moyenne concernent la moyenne des 20 dernières années. Les illustrations des dynamiques de températures et de pluviométries sont en Figure 9 et Figure 10.

Automne 2017 (octobre à décembre)

En termes de températures, l'automne 2017 était dans la moyenne de ce qui a été observé ces 20 dernières années. Les 1ères gelées sont arrivées fin octobre avec des températures qui ont pu tomber à $-5,8^{\circ}\text{C}$ le 3 décembre. Il y a eu 22 jours avec des gelées matinales ce qui est dans la moyenne des années précédentes. L'automne était très sec avec un cumul de 60.4 mm en trois mois pour une moyenne de 117.5 mm (octobre et novembre bien en dessous de la moyenne sur 20 ans). Les semis ont été réalisés en conditions de sol sec pour les couverts avec des pluies qui sont arrivées plus tardivement en octobre. En revanche, les semis de céréales effectués en octobre n'ont pas subi cette période de sécheresse.

Hiver 2017-2018 (janvier à mars)

Le début de l'hiver a été assez doux, avec en janvier une température moyenne mensuelle de 8.7°C et qu'une seule journée de gelée matinale. En revanche, le mois de février a été plus frais que la moyenne de -1.7°C avec des gelées plus prononcées. Les précipitations ont été très élevées de janvier à mars avec +47.5 mm par rapport à la moyenne sur 20 ans. Cela a compensé en grande partie l'automne sec qui a précédé mais a causé de gros retards de développement, que ce soit à cause de la couverture nuageuse (faible rayonnement) ou des sols gorgés d'eau qui ont causés de l'hydromorphie sur certaines parcelles. Ces conditions n'ont pas permis la destruction des couverts. Par ailleurs, les conditions climatiques n'ont pas permis le passage du tracteur pour désherber les cultures.

Printemps 2018 (avril à juin)

En termes de température, le printemps est proche de ce qui a été observé en moyenne sur les années précédentes (0.11°C de différence de température moyenne). La pluviométrie était quant à elle un peu supérieure à la moyenne avec 215 mm de précipitations. L'excès d'eau a causé un décalage pour les semis des cultures de printemps qui ont été semées tardivement.

Eté 2018 (juillet à septembre)

Les températures moyennes sur cette période étaient plus chaudes que la moyenne sur 20 ans de $+1.6^{\circ}\text{C}$. C'est principalement les mois de juillet et septembre qui ont eu des températures de $+2^{\circ}\text{C}$ par rapport aux moyennes sur 20 ans. Les pluies ont été peu abondantes sur cette période (200.2 mm) soit -11.6 mm par rapport à la moyenne. Ce sont les mois d'août et septembre qui ont été particulièrement secs, avec respectivement 7 et 31 mm de pluie au total. Le mois de juillet, a contrario, a été plus humide avec 85.2 mm, soit +30.8 mm par rapport à la moyenne sur 20 ans.

Températures moyennes mensuelles

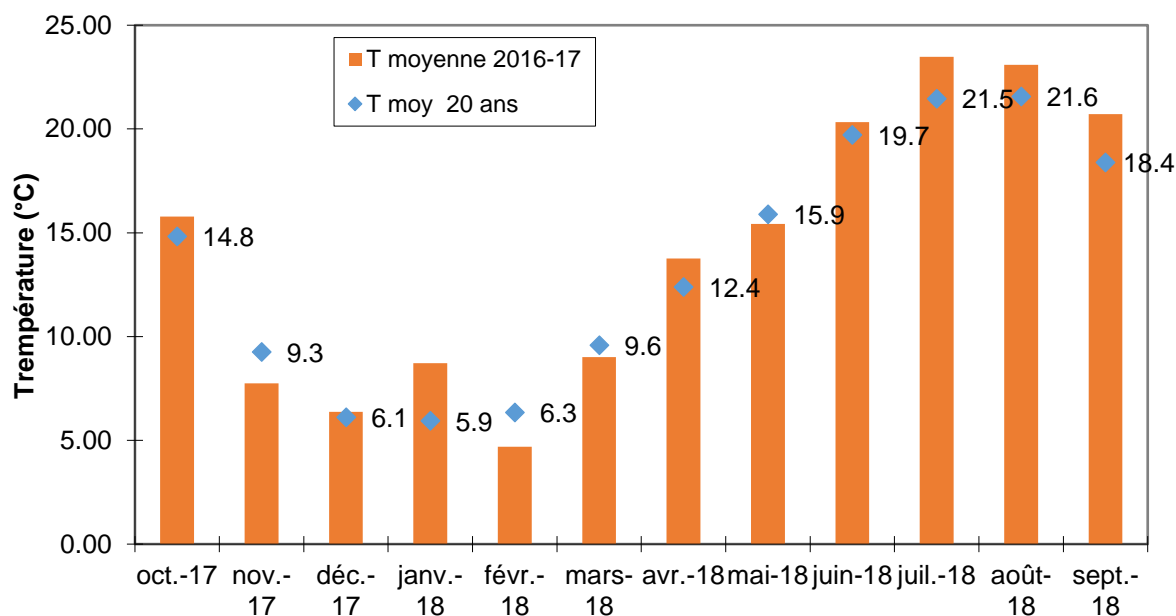


Figure 9 : dynamiques de températures moyennes mensuelles à la Hourre (données station météo INRA) et moyennes de température sur 20 an à Auch (données Météo France)

Précipitations mensuelles

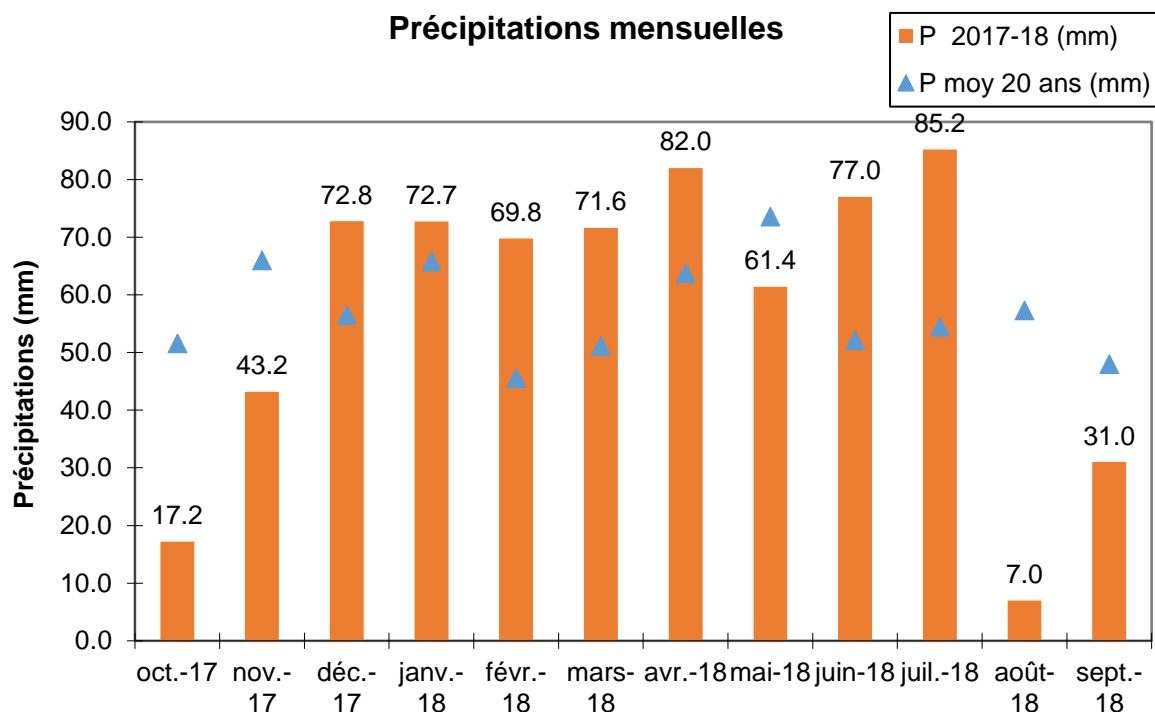


Figure 10 : dynamiques des précipitations mensuelles à la Hourre (données station météo INRA) et moyennes des précipitations sur 20 an à Auch (données Météo France)