

## RAPPORT SUR LES COUVERTS VEGETAUX 2019



Photo CREABio : couvert de trèfle semé sous couvert de blé, La Hourre 2019

### CREABio

LEGTA Auch-Beaulieu  
32020 AUCH Cedex 09

Enguerrand Burel, Laurent ESCALIER ou Cécile Burtin

Tél : 05.62.61.71.29 ou eburel.creab@gmail.com  
laurentcreab@gmail.com, cburtin.creabio@gmail.com

Le CREABio est membre



### Action réalisée avec le concours financier :

De la Région Occitanie, de l'Agence de l'Eau Adour Garonne et du compte d'affectation spéciale  
« Développement agricole et rural » géré par le Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la  
pêche<sup>1</sup> et du Foyer Ludovic LAPEYRERE



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



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



## INTRODUCTION

Les fertilisants du commerce n'étant que peu efficaces et très coûteux, l'un des enjeux majeurs de l'agriculture biologique reste la fertilisation des sols. Les couverts végétaux peuvent permettre un certain apport d'éléments nutritifs, et on les appelle des engrais verts<sup>[1]</sup> lorsqu'il sont conduits entre 2 cultures d'intérêt pour fertiliser la culture de vente suivante, principalement à travers un apport d'azote.

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<sup>ère</sup> 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 ont été suivis :

- la biomasse produite
- la quantité d'éléments minéraux absorbés dans les parties aériennes (N-P-K)
- l'effet de bio-contrôle du couvert sur le développement des adventices
- le suivi de l'azote minéral du sol
- la culture hôte afin de mesurer d'éventuels effets concurrentiels du couvert pour le dispositif semé sous 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<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 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. Nos remerciements vont ensuite à Semences de France et Causade Semences qui nous ont fourni les semences des couverts.

[1] Marie Thromas, Pierre Bompard, Simon Giuliano. 2018. Engrais vert : Définition. Dictionnaire d'Agroécologie, <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/engrais-vert/>



## TABLE DES MATIERES

Partie I. Engrais verts semés sous couvert d'un blé .....	7
1. Description de l'essai.....	7
a. Situation de l'essai .....	7
b. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	8
c. Conduite de la culture hôte du couvert .....	8
2. Les résultats.....	9
a. Développement des couverts sous le blé .....	9
b. Récolte du blé .....	9
3. Discussion sur les couverts de printemps : légumineuses semées dans le blé .....	10
Partie II. Engrais vert semés en interculture .....	11
1. Description de l'essai.....	11
a. Situation de l'essai .....	11
b. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	12
c. Conduite de la culture .....	13
2. Les résultats.....	13
a. Biomasses des couverts avant destruction.....	13
b. Les éléments prélevés par le couvert végétal.....	14
3. Discussion sur les couverts.....	15
Partie III. Suivi des arrières effets des couverts de 2018 .....	17
1. Suivi des arrières effets des couverts de légumineuses semés au printemps 2018.....	17
a. Description de l'essai .....	17
b. Les résultats .....	19
2. Suivi des arrières effets des couverts d'automne légumineuses/non-légumineuses ..	21
a. Description de l'essai .....	21
b. Les résultats .....	23
3. Discussion sur les effets des couverts sur soja .....	25
Annexe 1 : Plans d'essais.....	26
Annexe 2 : Climatologie campagne 2019-2020 .....	27

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

<b>Figure 1</b> : Texture de la parcelle LH7 (0 - 40 cm) .....	7
<b>Figure 2</b> : Reliquats azotés ( $\pm$ écarts-types) .....	7
<b>Figure 3</b> : Texture de la parcelle LH7 (0 - 40 cm) .....	11
<b>Figure 4</b> : Reliquats azotés ( $\pm$ écarts-types) .....	11
<b>Figure 5</b> : Biomasses aériennes des couverts bispécifiques semés à l'automne et des adventices. ....	14
<b>Figure 6</b> : Teneurs en éléments N, P et K des adventices et des couverts en g/kg de matière sèche (MS). ....	15
<b>Figure 7</b> : Texture de la parcelle LH9.....	17
<b>Figure 8</b> : Reliquats azotés ( $\pm$ écarts-types) .....	17
<b>Figure 9</b> : Biomasse aérienne sèche des couverts 2018. ....	19
<b>Figure 10</b> : Le rendement à 15% d'humidité et la teneur en protéines des grains de soja suivant les modalités de couverts semés en interculture d'automne.. ....	20
<b>Figure 11</b> : Teneurs en éléments N, P et K des grains de soja à la récolte, exprimées en g/kg de matière sèche (MS). ....	20
<b>Figure 12</b> : Texture de la parcelle LH8.....	21
<b>Figure 13</b> : Reliquats azotés ( $\pm$ écarts-types) .....	21
<b>Figure 14</b> : Biomasse aérienne sèche des couverts semés à l'automne 2018. ....	23
<b>Figure 15</b> : Rendements et teneurs en protéines du soja pour les différentes modalités. ....	24
<b>Figure 16</b> : Teneurs en éléments N, P et K des grains de soja à la récolte exprimées en g/kg de matière sèche (MS). ....	24
<b>Figure 17</b> : Climat sur la campagne 2019-2020 des couverts de printemps et d'automne 2019 (données station météo INRA). ....	27
<b>Tableau 1</b> : Variétés et densités de semis des couverts.. ....	8
<b>Tableau 2</b> : Itinéraire technique de l'essai. ....	8
<b>Tableau 3</b> : Rendement, PMG, impuretés, teneurs en protéines et PS des blés hôtes du couvert ( $\pm$ écarts-types). ....	9
<b>Tableau 4</b> : Espèces et densités de semis pour l'essai couvert d'automne.....	12
<b>Tableau 5</b> : Itinéraire technique de l'essai. ....	13
<b>Tableau 6</b> : Les modalités de l'essai et les espèces semées en couvert. ....	18
<b>Tableau 7</b> : Itinéraire technique de l'essai et du précédent cultural.....	18
<b>Tableau 8</b> : Les moyennes ( $\pm$ écart-types) des différentes composantes du rendement, pertes à la levée et architecture du soja avant récolte. ....	19
<b>Tableau 9</b> : Espèces et densités de semis pour l'essai couvert d'automne 2018.....	22
<b>Tableau 10</b> : Itinéraire technique de l'essai couverts d'automne 2018. CV = couverts .....	22
<b>Tableau 11</b> : Les moyennes et écart-types des différentes composantes du rendement, pertes à la levée et architecture de la plante avant récolte. ....	23

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

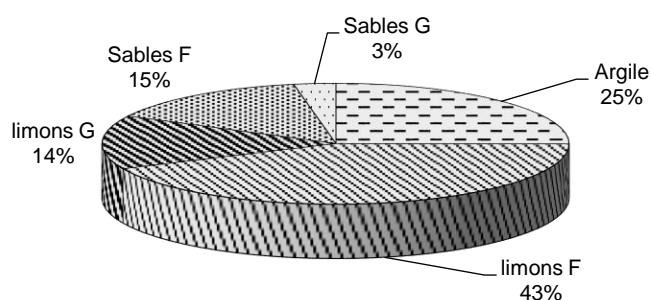
## 1. Description de l'essai

### a. Situation de l'essai

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

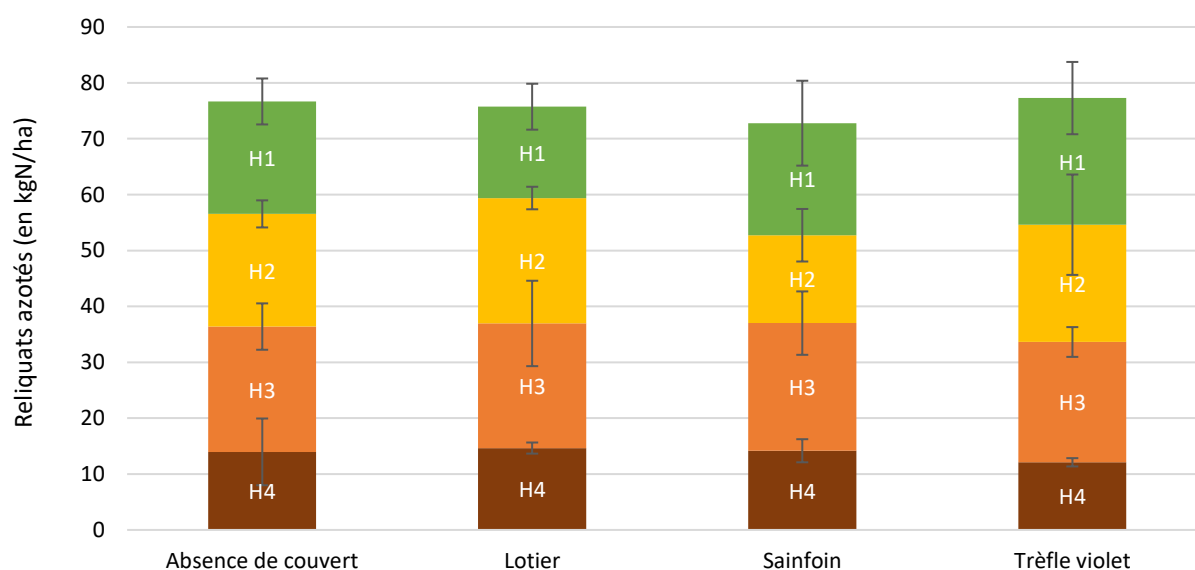
**Sol :** argilo-calcaire profond, parcelle LH7 (**Figure 1**)

**Climat :** océanique dégradé, la campagne climatique est donnée en **Annexe 2**



**Figure 1 :** Texture de la parcelle LH7 (0 - 40 cm)

Des prélèvements de sol ont été effectués au printemps 2019 au moment de l'implantation de l'essai pour réaliser des mesures de reliquats azotés. Les reliquats azotés sont homogènes au sein de l'essai, il n'y a pas de différence significative entre les modalités au moment de l'implantation (**Figure 2**).



**Figure 2 :** Reliquats azotés ( $\pm$  écarts-types) dans les prélèvements de sol effectués par modalité à l'implantation de l'essai sur quatre horizons : H1 = horizon 1 (0-30 cm) ; H2 = horizon 2 (30-60 cm) ; H3 = horizon 3 (60-90 cm) ; H4 = horizon 4 (90-120 cm)

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

L'essai se présente en blocs à trois répétitions (**Annexe 1**), 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 pour lequel il y a 4 modalités (**Tableau 1**). Cette année, du lotier et du sainfoin viennent remplacer le trèfle blanc et la luzerne qui présentent un intérêt l'alimentation animale, tandis que le trèfle violet continue de servir de référence témoin. Le lotier et le sainfoin sont appréciés comme culture fourragère car elle est non météorisante du fait de sa richesse en tanins. Ce sont des plantes faciles à planter et à détruire, peu sensibles au froid et au manque d'eau ce qui particulièrement intéressant sur les terres peu profondes. Ces deux cultures ont été délaissées au profit de la luzerne mais elles jouissent aujourd'hui d'un regain d'intérêt auprès des éleveurs pour leurs nombreuses qualités. Les références produites dans le cadre de cet essai peuvent donc également servir pour guider la mise en place de culture dérobées.

**Tableau 1** : Variétés et densités de semis des couverts. Le trèfle violet est diploïde.

Espèce	Code	Variété	Dose de semis (kg/ha)	Remarques
Absence couvert	CV1	-	-	Témoin sans couvert
Lotier	CV2		8	
Sainfoin	CV3		50	
Trèfle violet	CV4	Sangria	10	Référence actuelle

## c. Conduite de la culture hôte du couvert

Le précédent cultural était du soja, récolté en octobre 2018. La culture mise en place est un blé tendre d'hiver, semé mi-novembre et fertilisé en début de tallage (**Tableau 2**).

**Tableau 2** : Itinéraire technique de l'essai. BTH = blé tendre d'hiver ; CV = couvert végétal.

Date	Stade culture	Intervention	Matériel utilisé	Remarques
13/10/2018	Maturité	Récolte soja	Moissonneuse	
30/10/2018	Inter-culture	Labour	Charrue	
22/11/2018	Semis BTH	Semis mélange de semences fermières ENERGO + RENAN	Semoir combiné	Pesée semis : 192,2 kg/ha
08/01/2019	2-3F	Désherbage	Herse étrille	
25/02/2019	4F – début tallage	Désherbage	Herse étrille	
25/02/2019	4F – début tallage	Apport d'engrais ORGA'VIO (7-4-2)	Epandeur centrifuge	860 kg en 2 passages
26/02/2019	4F – début tallage	Désherbage	Herse étrille	
12/03/2019	Semis CV	Semis essai dans BTH	Semoir pour essai	Réglage semis en surface avec pression sur descente pour sainfoin
12/07/2019	Maturité	Récolte BTH	Moissonneuse	
05/08/2019	Végétation	Déchaumage	Déchaumeur à disques	



Le semis de blé a été réalisé dans de bonnes conditions et les adventices ont pu être maîtrisées par plusieurs passages de herse étrille. 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, excepté pour le semis du sainfoin. Une quantité de semoule fine de 10g a été mélangée aux grains de trèfle violet et de lotier à semer pour faciliter leur implantation.

Après la récolte du blé, la parcelle a été déchaumée et l'essai n'a pas été évité. Les couverts ont donc été détruits par erreur le 5 août, avant que tous les prélèvements de biomasse aient été réalisés, ce qui limite les résultats obtenus pour cette année.

## 2. Les résultats

### a. Développement des couverts sous le blé

La levée des couverts a été tardive et ils ne se sont que peu développés dans le blé. Plusieurs épisodes de gelées matinales sont survenus au cours du mois de mars après le semis, certaines atteignant les  $-2^{\circ}\text{C}$  ce qui peut expliquer le retard de levée. Les couverts ont également pu souffrir d'un manque d'eau avec 75 mm en moins cumulés de mars à juillet par rapport à la moyenne sur 20 ans. De plus, la campagne climatique de 2018-2019 a offert des conditions particulièrement favorables aux blés qui se sont très bien développés et ont pu être très compétitifs au moment des stades les plus précoces des couverts.

### b. Récolte du blé

Les blés ont été récoltés à la moissonneuse en juillet. Cette année encore, le développement des couverts à la récolte du blé a été faible et aucun effet des couverts n'a été observé sur la culture en place (**G**). Les rendements ont été très élevés en 2019 (43,5 q/ha en moyenne) mais les teneurs en protéines faibles (en moyenne 10%). 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.

**Tableau 3** : Rendement, PMG, impuretés, teneurs en protéines et PS des blés hôtes du couvert ( $\pm$  écarts-types). Les impuretés sont exprimées en % du poids frais. Le poids spécifique (PS) est exprimé pour une humidité aux normes de 15%, de même que le PMG (Poids de Mille Grains) et le rendement. La teneur en protéines est celle mesurée à l'Inframatic.

Modalité	Rendement (q/ha)	PMG (g)	Impuretés (%)	Taux de protéines (%)	PS (kg/hl)
Absence couvert	40,9 $\pm$ 2,2	50,6 $\pm$ 0,4	6,6 $\pm$ 0,7	10,0 $\pm$ 0,3	80,1 $\pm$ 0,2
Lotier	43,4 $\pm$ 4,0	50,7 $\pm$ 0,4	5,9 $\pm$ 1,3	10,0 $\pm$ 0,5	80,2 $\pm$ 0,3
Sainfoin	44,8 $\pm$ 4,8	51,2 $\pm$ 1,0	6,1 $\pm$ 2,5	10,0 $\pm$ 0,6	80,0 $\pm$ 0,3
Trèfle violet	44,8 $\pm$ 4,6	50,5 $\pm$ 0,1	5,4 $\pm$ 0,7	9,7 $\pm$ 0,1	79,8 $\pm$ 0,2

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

Cette année est la 1<sup>ème</sup> année de mise en place de l'essai couverts de printemps avec sainfoin et lotier sur les 6 années d'expérimentation de couverts semés dans du blé. Les 5 premières années, deux espèces de trèfle et plusieurs luzernes (d'abord une luzerne annuelle puis une luzerne méditerranéenne plus adaptée aux conditions pédoclimatiques de la région) ont été testées. Cette année, seul le trèfle violet a été gardé comme référence et les autres espèces ont été remplacées par du lotier et du sainfoin, des légumineuses très demandées par les éleveurs du fait de leur qualités nutritionnelles. Malheureusement, l'essai a été accidentellement détruit lors du déchaumage de la parcelle et il faudra attendre l'année prochaine pour avoir des données sur ces différents couverts. Aucun effet sur la culture en place n'a été relevé.

## Partie II. Engrais vert semés en interculture

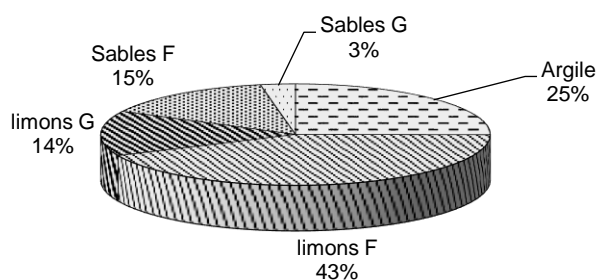
### 1. Description de l'essai

#### a. Situation de l'essai

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

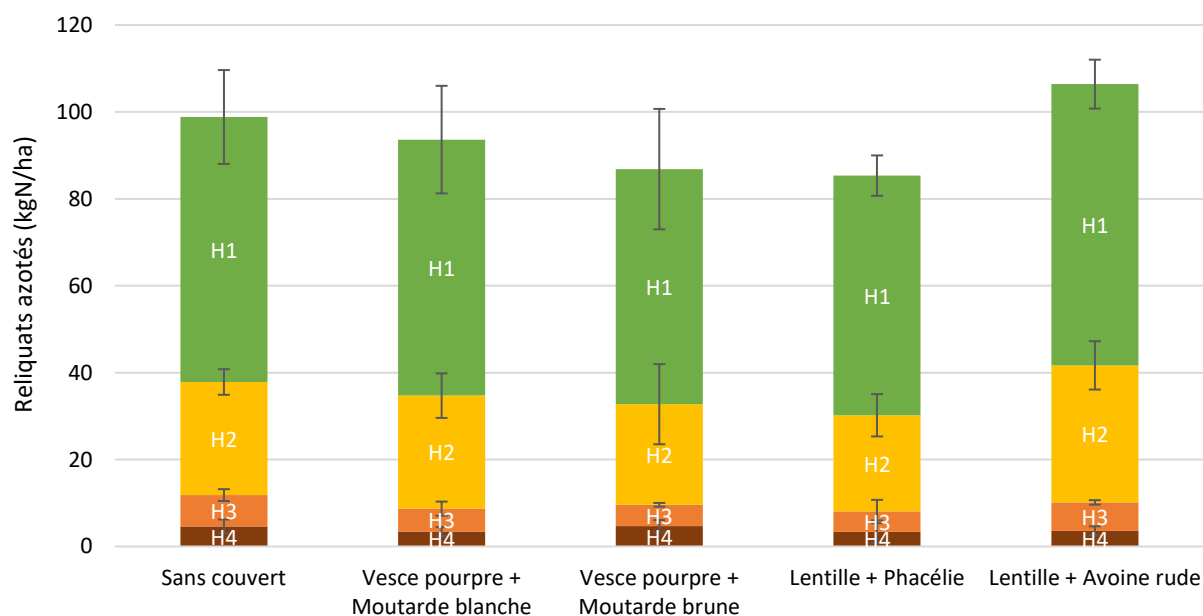
**Sol :** Argilo-calcaire profond, parcelle LH7 (**Figure 3**)

**Climat :** Océanique dégradé, le contexte annuel est détaillé en **Annexe 2**



**Figure 3 :** Texture de la parcelle LH7 (0 - 40 cm)

Des mesures de reliquats azotés ont été réalisées sur quatre horizons de l'essai à l'automne 2019. Les reliquats sont assez homogènes au sein de l'essai : il y a un petit effet bloc qu'il faudra prendre en compte pour la suite mais les différentes modalités ne présentent pas de reliquats significativement différents au moment de l'implantation (**Figure 4**).



**Figure 4 :** Reliquats azotés ( $\pm$  écarts-types) dans les prélèvements de sol effectués par modalité à l'implantation de l'essai sur quatre horizons : H1 = horizon 1 (0-30 cm) ; H2 = horizon 2 (30-60 cm) ; H3 = horizon 3 (60-90 cm) ; H4 = horizon 4 (90-120 cm)

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

L'essai se présente en blocs à trois répétitions (**Annexe 2**), 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 dont les différentes modalités sont présentées dans le **Tableau 4** : deux légumineuses sont testées (la vesce et la lentille) associée à 4 espèces non-légumineuses (moutarde blanche ou moutarde brune avec la vesce, phacélie ou avoine rude avec la lentille).

La vesce pourpre est bien vigoureuse à l'implantation ce qui est intéressant pour une conduite en association avec la moutarde et peut être facilement détruite. La lentille de printemps est également 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.

La moutarde brune a été testée en comparaison avec la moutarde blanche. L'intérêt de la moutarde brune 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. Cependant, 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 phacélie est 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 allélopathique et très compétitive. Son action ne passe pas par une phase de biofumigation contrairement à celle de la moutarde brune. 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.

**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.

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

### c. Conduite de la culture

La culture mise en place est un blé tendre sur précédent soja, semé mi-novembre dans de bonnes conditions et récolté en juillet (**Tableau 5**). Le semis des couverts a été fait dans de bonnes conditions sur sol très sec mais 2 jours avant une pluie. La levée a été notée le 28 septembre. La destruction du couvert a été faite le 23 mars 2020 avec un déchaumeur à disques.

**Tableau 5** : Itinéraire technique de l'essai.

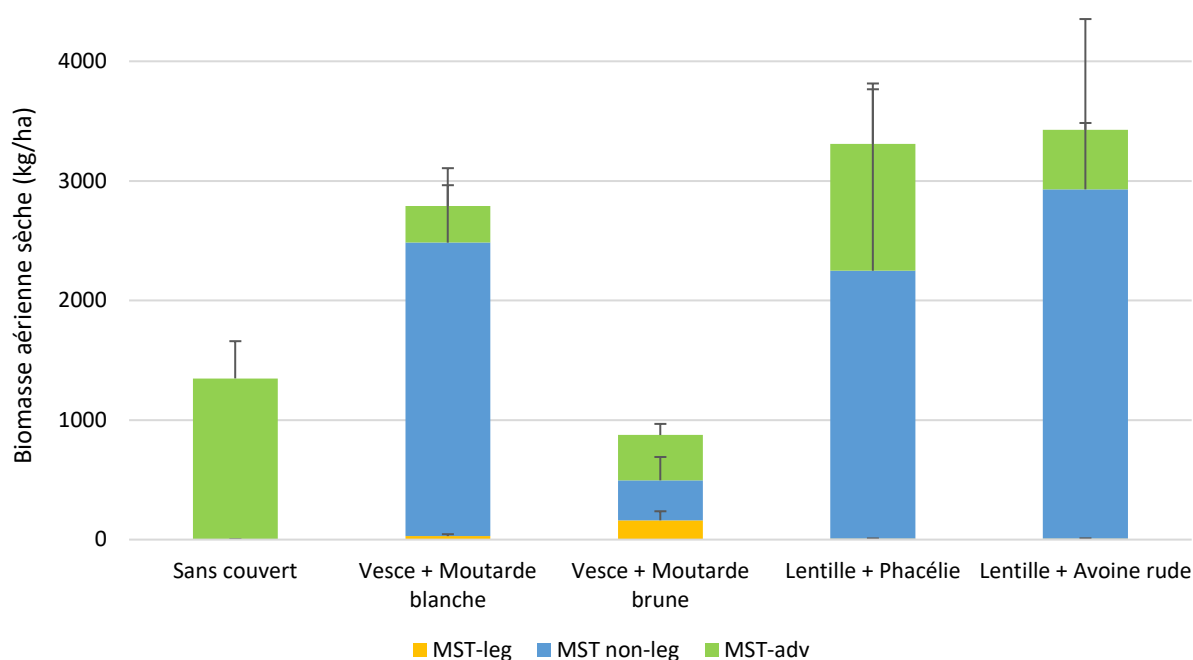
Date	Stade culture	Intervention	Matériel utilisé	Remarques
19/07/2019	Maturité	Récolte blé tendre	Moissonneuse	
05/08/2019	Interculture	Déchaumage	Déchaumeur à disques	
17/09/2019	Interculture	Déchaumage	Déchaumeur à disques	
17/09/2019	Interculture	Travail du sol	Cracker	
07/09/2019	Interculture	Préparation du sol	Herse rotative	
20/09/2019	Semis	Semis essai	Semoir pour essai	
23/03/2020	Biomasse max	Destruction couverts	Déchaumeur à disques	

## 2. Les résultats

### a. Biomasses des couverts avant destruction

Les biomasses totales des couverts sont significativement différentes selon le couvert implanté, le couvert vesce + moutarde brune étant celui avec la biomasse la plus faible (**Figure 5**). Ce résultat s'explique par la très faible biomasse de la moutarde brune (334,3 kg/ha contre 2 538,5 kg/ha en moyenne pour les autres espèces non-légumineuses) tandis que la biomasse de vesce pour ce couvert est la plus importante (161,6 kg/ha contre 29,1 kg/ha pour la vesce en association avec la moutarde blanche et en moyenne 8,5 kg/ha pour la lentille). De manière générale, les légumineuses des couverts se sont très mal développées cette année, et la lentille a souffert du froid suite aux épisodes de gelées à répétition durant le mois de mars qui ont pu atteindre -3°C. Une grande partie de la légumineuse a donc été détruit avant les prélèvements et la biomasse récoltée n'a pas dépassé les 10 kg/ha.

En ce qui concerne la biomasse des adventices, les couverts vesce + moutarde blanche, vesce + moutarde brune et lentille + avoine rude ont permis de diminuer significativement la biomasse des adventices par rapport à la modalité sans couvert (en moyenne 393,7 kg/ha pour ces trois couverts contre 1348,2 kg/ha pour la modalité sans couvert).



**Figure 5** : Biomasses aériennes des couverts bispécifiques semés à l'automne et des adventices. Les barres d'erreur correspondent aux écart-types calculés sur les 3 répétitions. MST = Matière Sèche Totale ; leg = légumineuse ; non-leg = non-légumineuse ; adv = adventices.

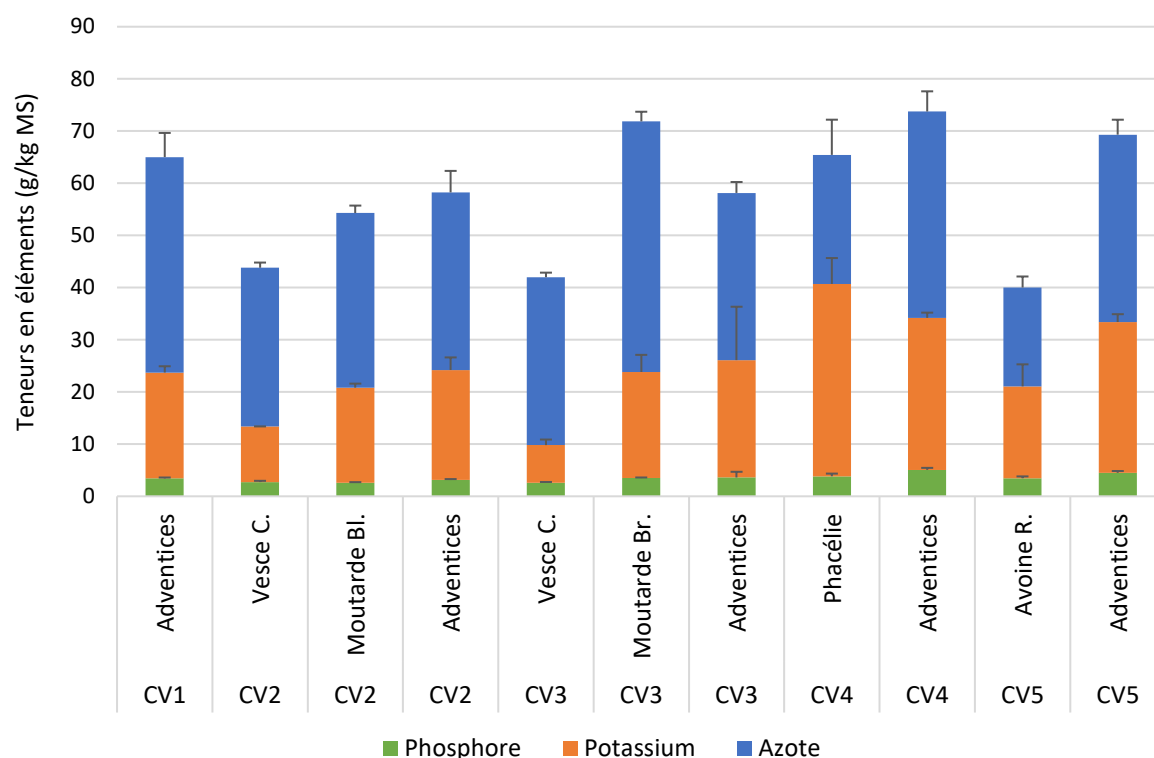
## b. Les éléments prélevés par le couvert végétal

La biomasse de la lentille prélevée était trop faible pour pouvoir réaliser des analyses de teneurs en azote, phosphore et potassium (**Figure 6**).

L'analyse de variance montre un effet significatif très fort de la modalité sur la teneur d'azote de la biomasse aérienne (adventice + couvert), le couvert vesce + moutarde brune étant celui avec la teneur la plus élevée (112,2 g/kg MS) suivi par le couvert vesce + moutarde blanche (87,8 g/kg MS). Ils sont significativement différents de la modalité sans couvert qui présente elle une teneur en azote de 41,3 g/kg MS. La destruction prématurée de la lentille par le gel dessert les résultats des couverts 4 et 5, il est possible d'envisager que les échantillons qui n'ont pas pu être analysés auraient influé les teneurs en azote de ces modalités-là.

La teneur en potassium est également très liée à la présence d'un couvert ou non : toutes les modalités avec couverts (en moyenne 52,2 g/kg MS) sont significativement différentes de la modalité sans couvert (20,3 g/kg MS en moyenne). On retrouve de nouveau ce résultat pour la teneur en phosphore (3,5 g/kg MS pour la modalité sans couvert contre 8,5 g/kg MS en moyenne pour les modalités avec couvert).

Les restitutions en éléments N (azote), P (phosphore) et K (potassium) seront donc plus importantes grâce aux couverts et les légumineuses jouent un rôle déterminant dans les teneurs en azote de la biomasse totale aérienne.



**Figure 6 :** Teneurs en éléments N, P et K des adventices et des couverts en g/kg de matière sèche (MS). Les barres d'erreur donnent les écart-types.

### 3. Discussion sur les couverts

Suite à cette sixième 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 (par exemple, le sarrasin est 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. Ce constat s'est vérifié avec la vesce qui s'est beaucoup mieux développée dans le mélange avec la moutarde brune (qui a produit peu de biomasse) que celui avec la moutarde blanche (qui a produit beaucoup de biomasse). Cette année, la lentille n'a pas supporté les basses températures et a gelé avant les prélèvements de biomasse.
- Les associations de moutardes (blanche/brune) + vesce 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). Les mélanges avec la lentille semblent moins efficace à ce sujet : l'année passée, le couvert lentille + phacélie n'avait pas permis une diminution significative de la biomasse des adventices pour une erreur de 5% mais de 6% et cette année, la biomasse des adventices pour cette modalité n'est pas significativement différente de celle de la modalité sans couvert. En revanche, c'est le cas cette année pour le couvert lentille + avoine rude.

- Concernant l'avoine rude, les résultats sur 3 ans montrent une certaine variabilité inter annuelle sur la biomasse produite mais cette année, comme l'année dernière, l'avoine est l'espèce qui affiche la biomasse la plus élevée. Elle a donc sa place en tant que couvert associé pour la production de biomasse mais attention à la compétition avec la lentille qui peut être trop forte pour le bon développement de la légumineuse.



## Partie III. Suivi des arrières effets des couverts de 2018

### 1. Suivi des arrières effets des couverts de légumineuses semés au printemps 2018

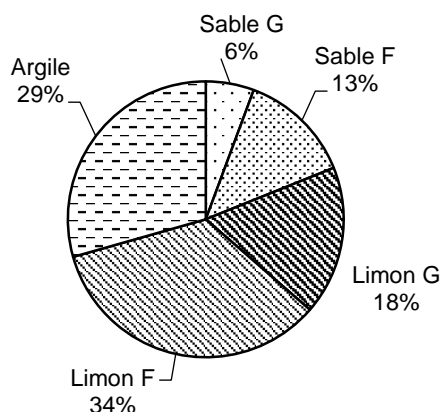
#### a. Description de l'essai

##### Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de La Hourre

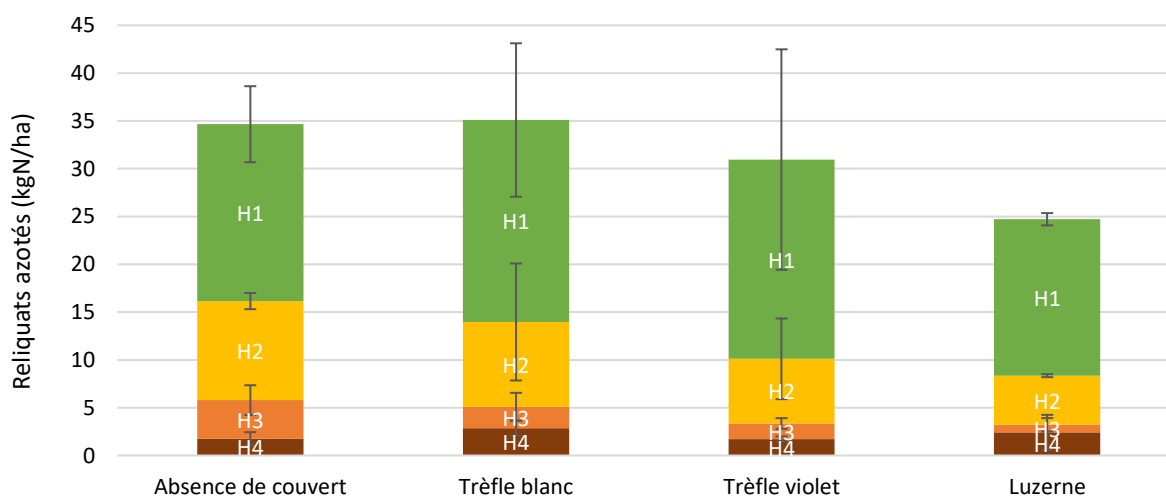
Sol : Argilo-calcaire profond, parcelle LH9 (**Figure 7**)

Climat : Océanique dégradé, le contexte annuel est détaillé en **Annexe 2**



**Figure 7** : Texture de la parcelle LH9

Les reliquats azotés des prélèvements de sol réalisés à l'implantation ne sont pas significativement différents entre chaque modalité sur les teneurs totales (**Figure 8**). Il y a en revanche une différence significative sur l'horizon 3 entre la modalité sans couvert et celle avec de la luzerne. Il pourrait donc y avoir une lixiviation légèrement favorisée par l'absence de couvert.



**Figure 8** : Reliquats azotés ( $\pm$  écarts-types) à l'implantation du soja pour chaque modalité sur quatre horizons : H1 = horizon 1 (0-30 cm) ; H2 = horizon 2 (30-60 cm) ; H3 = horizon 3 (60-90 cm) ; H4 ) horizon 4 (90-120 cm)

**Type d'essai et modalités d'expérimentation**

L'essai se présente 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, dont les différentes modalités sont présentées dans le **Tableau 6** ci-dessous. Le trèfle blanc est un trèfle intermédiaire (ni nain, ni géant) ; le trèfle violet est diploïde.

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

Code	Espèces	Variétés	Dose de semis (kg/ha)	Remarques
CV1	Absence couvert	-	-	Témoin sans couvert
CV2	Trèfle blanc	TRIBUTE	3	Choix pour tolérance à la sécheresse
CV3	Trèfle violet	PASTOR	10	Témoin production de biomasse
CV4	Luzerne méditerranéenne	ICON	12	

**Conduite de la culture hôte du couvert**

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**). La date de levée du blé a été notée au 15 décembre 2017. Pour le semis des couverts dans la culture de blé, réalisé au stade plein tallage, un semoir pour essais a été utilisé (semoir en ligne à socs) en ne mettant aucune pression sur les descentes. Le semis des couverts s'est fait tardivement suite aux fortes pluies de début d'année, dans des conditions qui n'étaient pas optimales, le sol n'étant pas entièrement ressuyé.

En mai 2019, un soja a été implanté, semé sur sol sec avant quelques épisodes pluvieux. La levée a été notée au 26 mai.

**Tableau 7** : Itinéraire technique de l'essai et du précédent cultural. BTH = Blé Tendre d'Hiver ; CV = Couvert Végétal.

Date	Stade culture	Interventions	Matériel utilisé	Remarques
13/10/2017	Maturité	Récolte machine Soja	Moissonneuse	
25/10/2017	Inter-culture	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	Désherbage	Herse étrille	Agressivité 5,5/6
06/04/2018	Plein Tallage	Préparation semis	Herse étrille	Agressivité 5,5/6
06/04/2018	Semis	Semis essai	Semoir pour essais	
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	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
13/06/2019	2F	Désherbage	Bineuse avec dents droites	
27/06/2019	3F	Désherbage	Bineuse avec cœurs	
04/10/2019	Maturité	Récolte manuelle	Règle 1m – piquets - sacs	2x2x1m / répétition

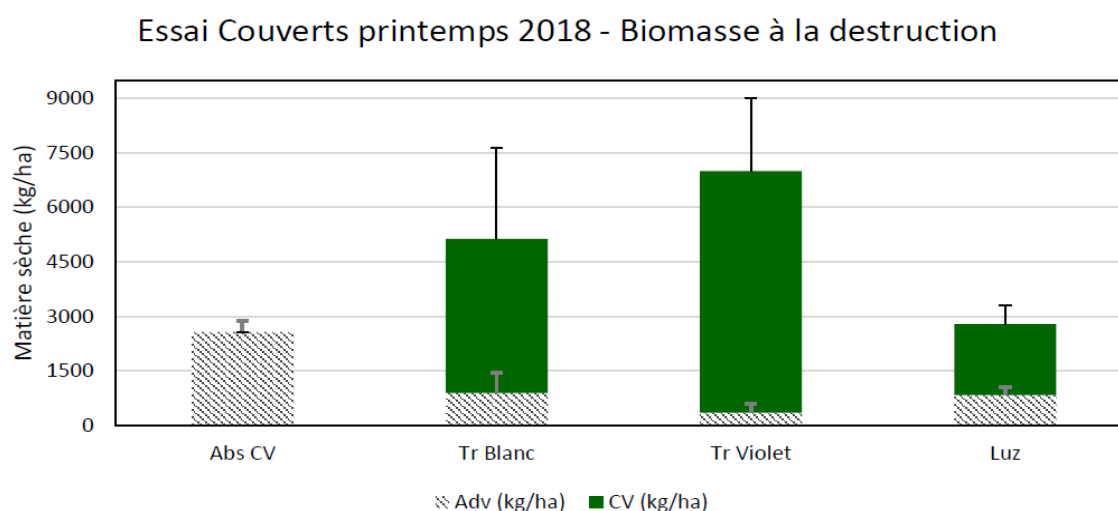
Les couverts ont rapidement levé après le semis. La date de levée fut notée le 3 avril 2018 pour la luzerne et le trèfle violet. Les couverts ont rencontré de bonnes conditions de développement jusqu'à mi-mai et n'ont pas subi l'hydromorphie observée sur d'autres parcelles. Seules les températures assez basses pour la période ont pu être un frein au développement et pourraient expliquer le faible développement des couverts à la récolte.

La différence de biomasses à la récolte entre couverts a été très importante avec 6 649 kg/ha pour le trèfle violet, 4 235 kg/ha pour le trèfle blanc, et 1 954 kg/ha pour la luzerne.

## b. Les résultats

### La biomasse produite par les couverts 2018

Les couverts 2018 ont fait l'objet d'un rapport l'année passée mais pour étudier l'impact de leur production de biomasse sur l'effet « fertilisant » des couverts, il est rappelé dans cette partie les résultats obtenus précédemment (**Figure 9**). Dans l'ensemble, la production de biomasse a été particulièrement importante cette année, le trèfle violet ayant été le couvert qui a produit le plus de biomasse.



**Figure 9** : Biomasse aérienne sèche des couverts 2018. Figure extraite du rapport sur les couverts végétaux 2018.

### Les composantes du rendement

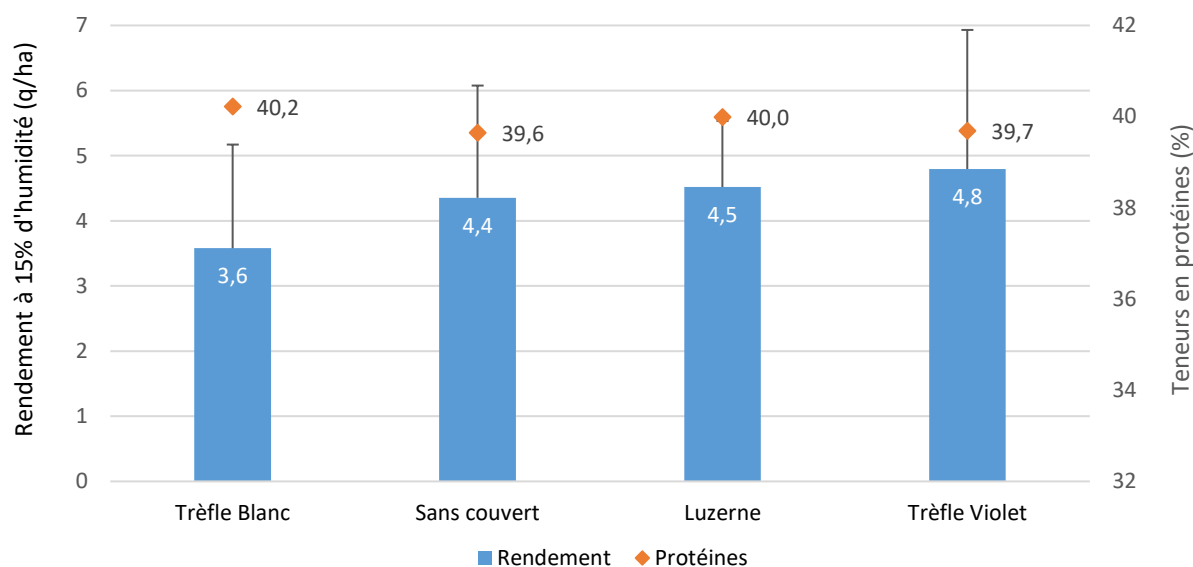
Cette année, les rendements de soja ont été faibles. La plante n'a pas réussi à compenser les importantes pertes à la levée et on retrouve donc à la récolte une faible quantité de gousses/m<sup>2</sup> et de grains/m<sup>2</sup> (**Tableau 8**). Le PMG a également été faible, certainement du fait d'un manque d'eau, l'été ayant été très sec en 2019. La nature du couvert ou l'absence de couvert n'ont pas eu d'effet significatif sur les composantes du rendement.

**Tableau 8** : Les moyennes ( $\pm$  écart-types) des différentes composantes du rendement, pertes à la levée et architecture du soja avant récolte. Les écart-types sont calculés sur les 3 répétitions. Les Poids de Mille Grains (PMG) et les rendements (RDT) sont donnés à 15% d'humidité.

	Pertes à la levée (%)	Gousses/m <sup>2</sup>	Gousses/plante	Grains/m <sup>2</sup>	Grains/gousse	PMG (g)	RDT (q/ha)
Sans couvert	50 $\pm$ 6	124 $\pm$ 36	7,2 $\pm$ 1,3	242 $\pm$ 86	1,9 $\pm$ 0,2	179 $\pm$ 8	4,4 $\pm$ 1,7
Trèfle blanc	43 $\pm$ 6	117 $\pm$ 27	5,2 $\pm$ 0,3	205 $\pm$ 66	1,7 $\pm$ 0,2	171 $\pm$ 22	3,6 $\pm$ 1,6
Trèfle violet	43 $\pm$ 4	149 $\pm$ 55	6,8 $\pm$ 1,2	272 $\pm$ 98	1,8 $\pm$ 0	173 $\pm$ 15	4,8 $\pm$ 2,2
Luzerne	47 $\pm$ 11	141 $\pm$ 30	7,5 $\pm$ 0,9	256 $\pm$ 49	1,8 $\pm$ 0,1	176 $\pm$ 8	4,6 $\pm$ 1,0

### Le rendement et la teneur en protéines du soja après couverts

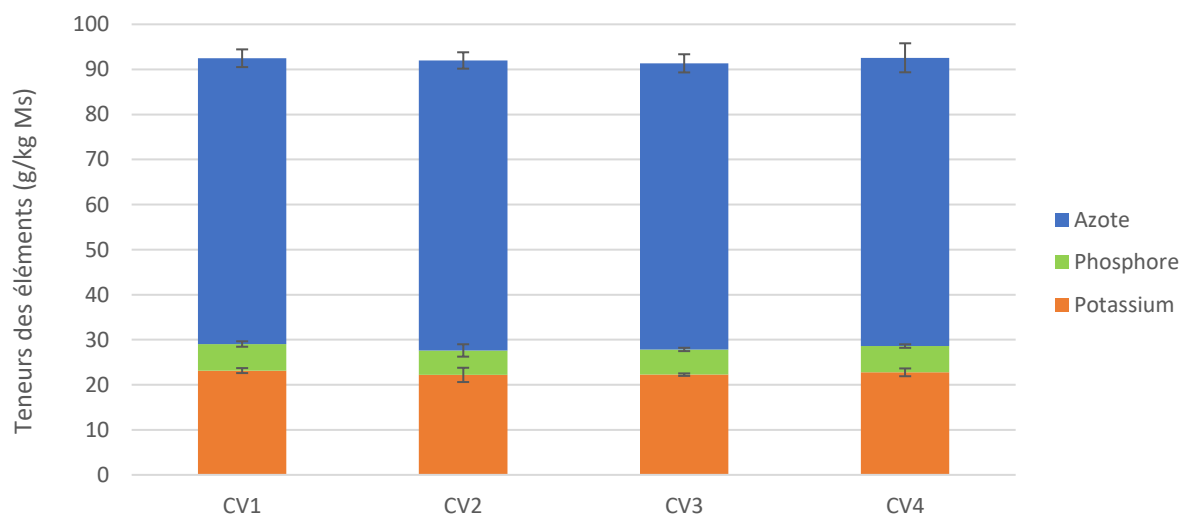
Si l'année dernière la luzerne avait eu un effet positif significatif sur le rendement, ce n'est du moins pas visible cette année, les rendements étant très faibles pour l'ensemble des modalités (**Figure 10**). Aucun effet significatif n'est montré par l'analyse statistique. La teneur en protéines des grains de soja a été calculée à partir de la mesure de la teneur en azote (méthode Dumas) que nous avons multipliée par 6,25. Le taux de protéine ainsi obtenu est bon et équivalent d'une modalité à l'autre (40% en moyenne). Il n'y a pas d'effet significatif du couvert sur la teneur en protéines.



**Figure 10** : Le rendement à 15% d'humidité et la teneur en protéines des grains de soja suivant les modalités de couverts semés en interculture d'automne. Les barres d'erreur donnent les écarts-types. Le prélèvement a été fait sur placettes le 4 octobre 2019 avant récolte.

### Les éléments prélevés par le soja

Les analyses de grain sont présentées **Figure 11**. Il n'y a pas d'effet significatif de la gestion de l'interculture sur les teneurs en éléments absorbés se trouvant dans les grains de soja.



**Figure 11** : Teneurs en éléments N, P et K des grains de soja à la récolte, exprimées en g/kg de matière sèche (MS). Les barres d'erreur correspondent aux écarts-types.

## 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 LH8 (Figure 12)

Climat : Océanique dégradé, le contexte annuel est détaillé en Annexe 2

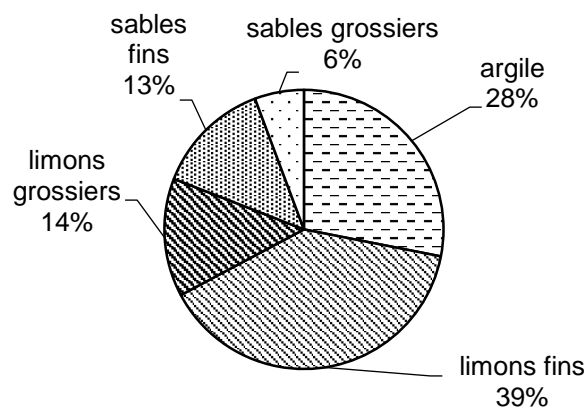


Figure 12 : Texture de la parcelle LH8

Des prélèvements de sol réalisés au moment de l'implantation du soja permettent d'analyser les reliquats azotés de l'essai pour chaque modalité. Ceux-ci sont assez hétérogènes au sein de l'essai mais sans qu'il y ait de différences significatives entre les différentes modalités (Figure 13).

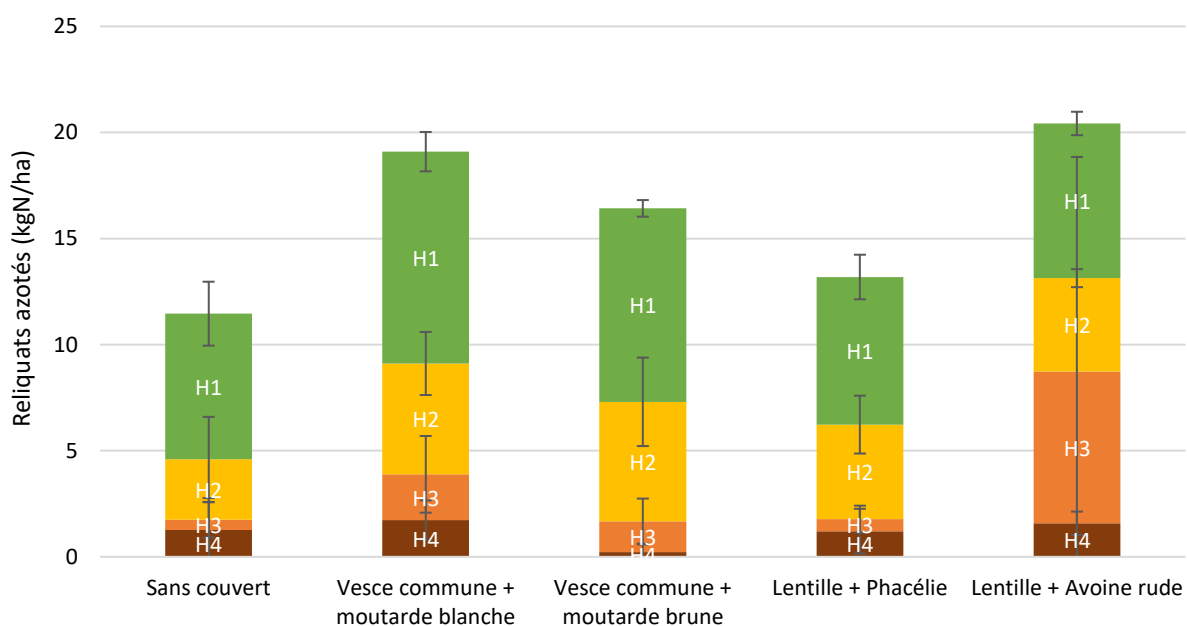


Figure 13 : Reliquats azotés ( $\pm$  écarts-types) à l'implantation du soja pour chaque modalité sur quatre horizons : H1 = horizon 1 (0-30 cm) ; H2 = horizon 2 (30-60 cm) ; H3 = horizon 3 (60-90 cm) ; H4 = horizon 4 (90-120 cm)

**Type d'essai et modalités d'expérimentation**

L'essai se présente 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, décliné en 4 modalités (**Tableau 9**).

**Tableau 9** : Espèces et densités de semis pour l'essai couvert d'automne 2018. 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.

Espèces	Code	Dose légumineuse + non-légumineuse	Remarques
Absence couvert	CV1	-	Témoin sans couvert
Vesce commune (CANDY) + moutarde blanche (VERTE)	CV2	20 kg/ha + 5 kg/ha	Témoin mélange engrais vert
Vesce commune (CANDY) + moutarde brune (ETAMINE)	CV3	20 kg/ha + 5 kg/ha	Effet allélopathique
Lentille (FLORA) + Phacélie (STALA)	CV4	20 kg/ha + 5 kg/ha	Effet structurant
Lentille (FLORA) + Avoine rude (OTEX)	CV5	20 kg/ha + 20 kg/ha	Effet allélopathique

**Conduite de la culture**

L'essai semé à l'automne 2018 se place entre un blé dont la biomasse aérienne a été exportée suite à un problème de maîtrise des adventices et un soja implanté en mai 2019 dont la levée a été noté le 21 juin (**Tableau 10**). Le semis des couverts a été réalisé 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.

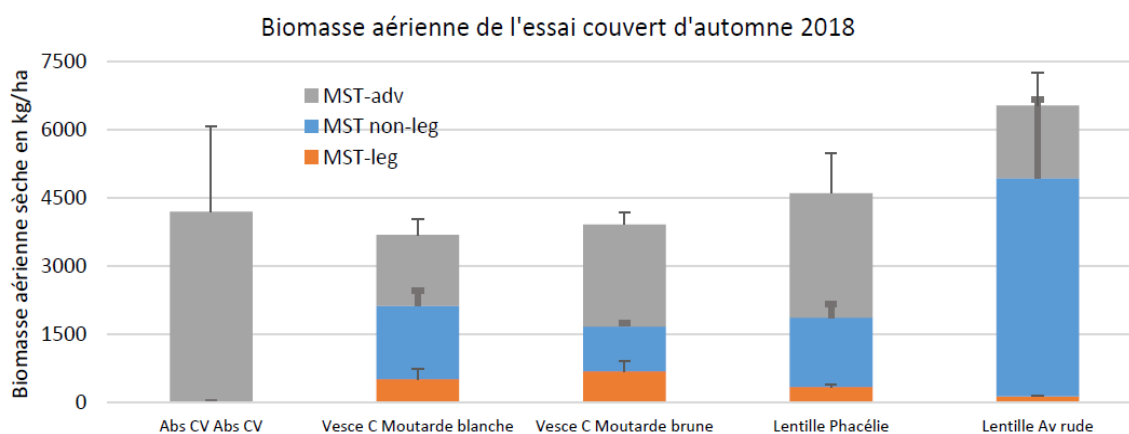
**Tableau 10** : Itinéraire technique de l'essai couverts d'automne 2018. CV = couverts

Date	Stade	Intervention	Matériel	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 déchets verts 10 mois BIO FUMUS 10 t/ha : 70% MS (N: 0,1%, P: 0,06%, K: 0,15%)
14/09/2018	Interculture	Enfouissement et désherbage	Déchaumeur à disques	Enfouissement du compost
17/09/2018	Interculture	Préparation du sol	Herse rotative	
18/09/2018	Semis	Semis de l'essai	Semoir pour essai	
30/04/2019	Interculture	Désherbage – destruction CV	Déchaumeur à disques	
07/05/2019	Interculture	Préparation du sol	Herse rotative	
07/05/2019	Semis	Semis soja	Semoir monograinne	Variété ISIDOR, 555556 grains/ha
27/06/2019	3F	Désherbage	Bineuse	
03/10/2019	Maturité	Récolte manuelle soja	Règle 1m – piquets – sachets - sécateurs	2x2x1m par répétition

## b. Les résultats

### La biomasse produite par les couverts 2018

Pour rappel, le couvert lentille + avoine rude a été le plus productif en termes de biomasse en 2018 (**Figure 14**). Sa production de biomasse était significativement plus forte que celle des autres couverts qui ont présenté des biomasses équivalentes.



**Figure 14** : Biomasse aérienne sèche des couverts semés à l'automne 2018. Figure extraite du rapport sur les couverts végétaux 2018, les barres d'erreur correspondent aux écarts-types calculés sur les 3 répétitions, Adv = adventices, non-leg = non-légumineuse, leg = légumineuse.

### Les composantes du rendement

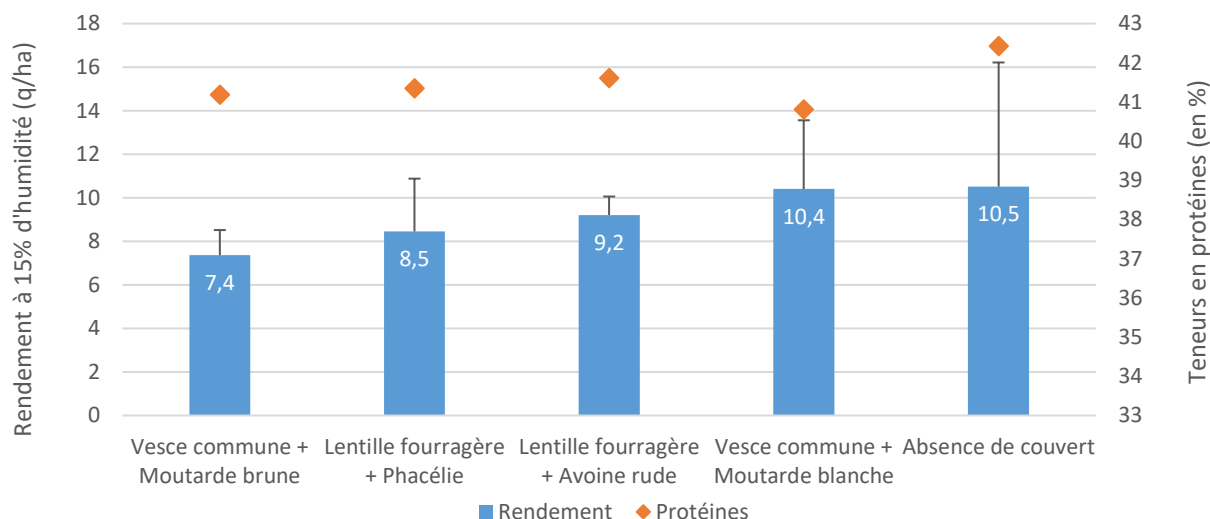
Les pertes à la levée du soja ont été très fortes en 2019 (41% en moyenne) et n'ont pas été compensées : très peu de gousses/m<sup>2</sup> ont été récoltées (**Tableau 11**). Il y a eu également peu de gousses/plante et donc peu de grains/m<sup>2</sup>. En revanche, le PMG a été correct. Il y a un petit effet significatif de la nature du couvert sur le PMG mais la différence significative est entre le couvert vesce commune + moutarde blanche (la modalité présentant le PMG le plus important) et le couvert lentille fourragère + phacélie (la modalité présentant le plus faible PMG). L'année passée, le couvert lentille + phacélie semblait avantager la culture de soja sans que ce soit visible sur l'analyse statistique mais cette année ce n'est pas le cas. La modalité sans couvert et vesce commune + moutarde blanche affichent les meilleurs rendements. L'écart relevé en 2018 n'était donc que fortuit a priori mais une année supplémentaire d'essai permettra de conclure sur cette question.

**Tableau 11** : Les moyennes et écart-types des différentes composantes du rendement, pertes à la levée et architecture de la plante avant récolte. Les écart-types sont calculés sur les 3 répétitions. Les poids de mille grains (PMG) et les rendements (RDT) sont donnés à une humidité de 15%.

	% Perte levée	Gousses/m <sup>2</sup>	Gousses/plante	Grains/m <sup>2</sup>	Grains/gousse	PMG (g)	RDT (q/ha)
Absence couvert	38,3 ± 0,1	288 ± 120	10,1 ± 2,6	501 ± 242	2,0 ± 0,0	178 ± 21	10,5 ± 5,7
Vesce commune + Moutarde blanche	43,8 ± 0,1	262 ± 61	9,7 ± 1,0	530 ± 120	2,0 ± 0,0	194 ± 14	10,4 ± 3,2
Vesce commune + Moutarde brune	40,0 ± 0,1	217 ± 26	8,8 ± 0,6	414 ± 45	1,9 ± 0,1	177 ± 9	7,4 ± 1,2
Lentille + Phacélie	39,8 ± 0,0	251 ± 59	8,7 ± 1,2	484 ± 114	1,9 ± 0,1	173 ± 11	8,5 ± 2,4
Lentille + Avoine rude	41,5 ± 0,1	263 ± 7	8,9 ± 0,8	520 ± 20	2,0 ± 0,0	177 ± 1	9,2 ± 0,8

### Le rendement et la teneur en protéines du soja après couverts

Les rendements ont été assez faibles également pour cet essai (9 q/ha en moyenne) mais les teneurs en protéines ont été très bonnes de 41% en moyenne (**Figure 15**). Il n'y a pas d'effet significatif du couvert sur les teneurs en protéines.

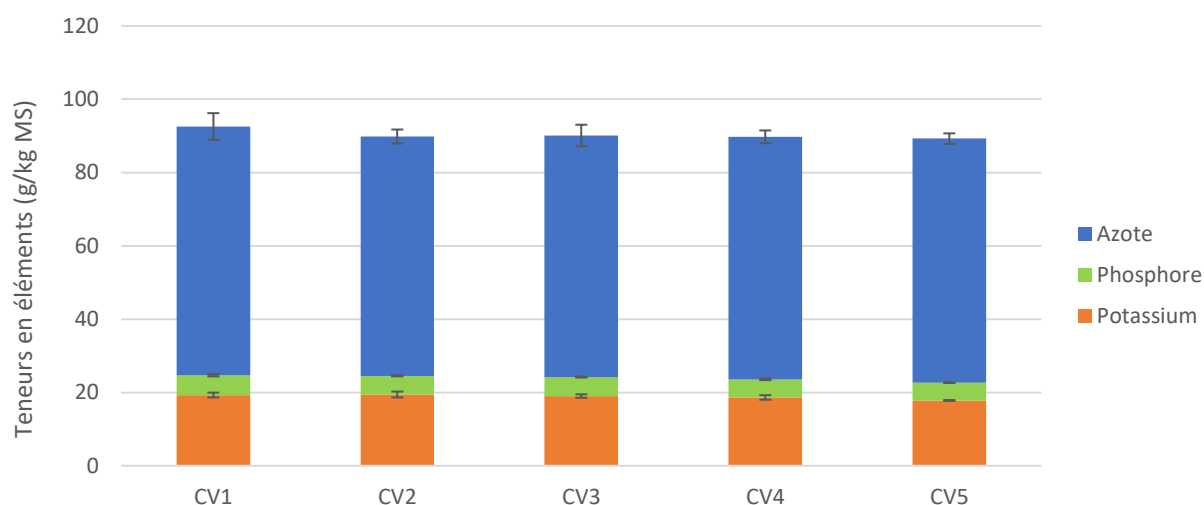


**Figure 15** : Rendements et teneurs en protéines du soja pour les différentes modalités. Les barres d'erreurs donnent les écart-types.

### Les éléments prélevés par le soja

Les analyses des grains sont présentés **Figure 16**. Il n'y a aucun effet significatif du couvert sur la teneur en azote en revanche, il y a un effet significatif sur les teneurs en éléments K et P. Les grains de soja affichent la plus forte teneur en potassium dans la modalité vesce commune + moutarde blanche mais sans que ce soit significativement différent de la modalité sans couvert. C'est en revanche significativement différent de la modalité lentille + avoine rude qui affiche la teneur en K la plus faible.

Pour le phosphore, c'est les grains de la modalité sans couvert qui en ont absorbé le plus et les résultats de la modalité lentille + avoine rude sont significativement moins importants que la modalité sans couvert.



**Figure 16** : Teneurs en éléments N, P et K des grains de soja à la récolte exprimées en g/kg de matière sèche (MS). Les barres d'erreur correspondent aux écarts-types.



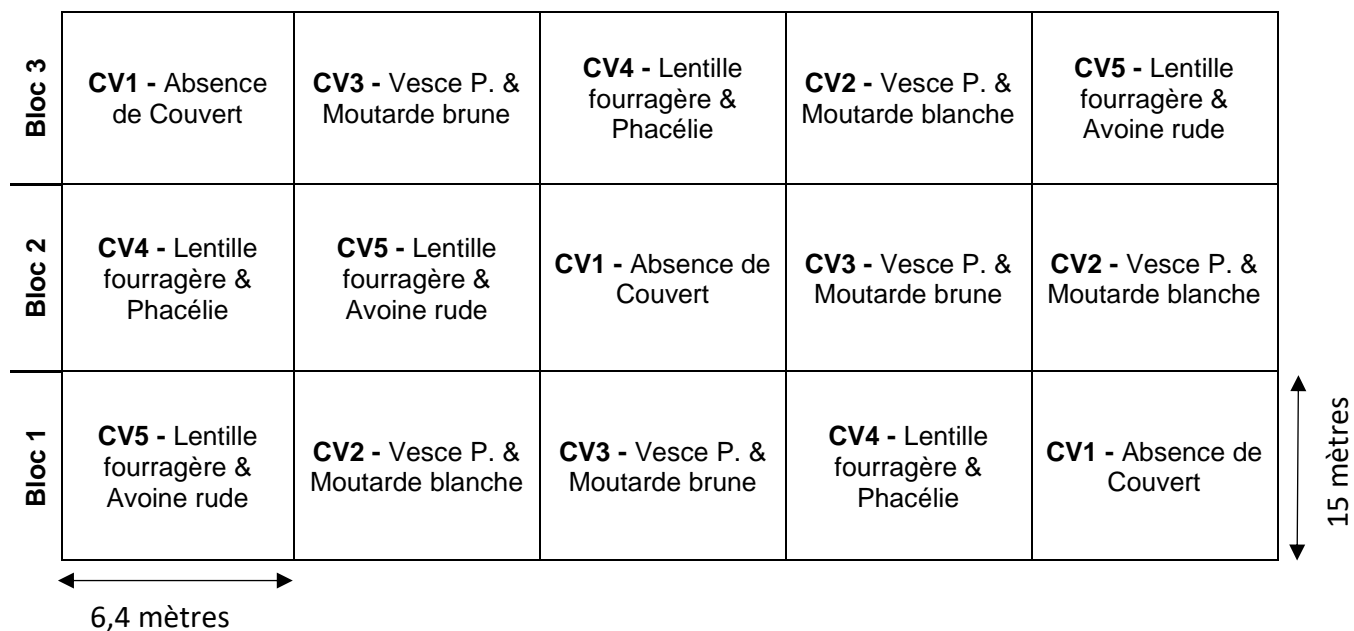
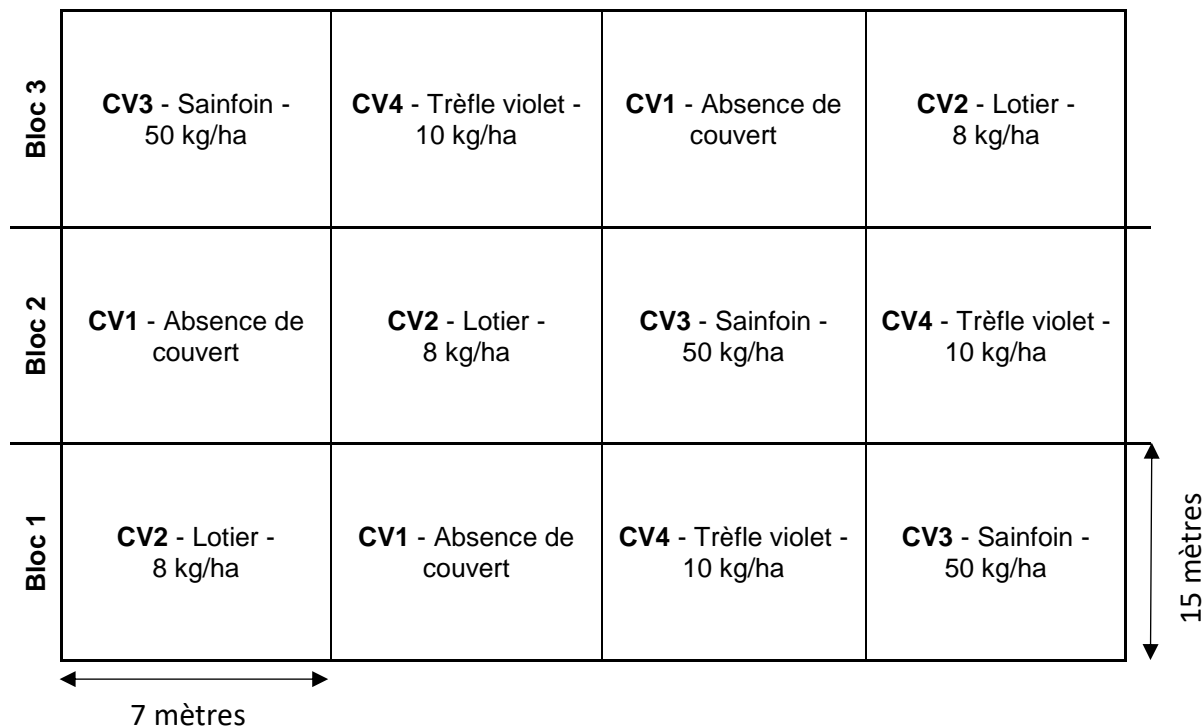
### 3. Discussion sur les effets des couverts sur soja

Cette année a été peu propice au soja et les différences des effets des couverts sur les résultats de cette culture ne sont que peu visibles. Les adventices ayant également été très présentes en 2018 dans les couverts d'automne, les teneurs en éléments (notamment potassium) de la biomasse aérienne totale de la modalité sans couvert se trouve significativement supérieure à celle de la modalité lentille + avoine rude et ne permet pas cette année de mettre en lumière un effet « fertilisant » des couverts testés.

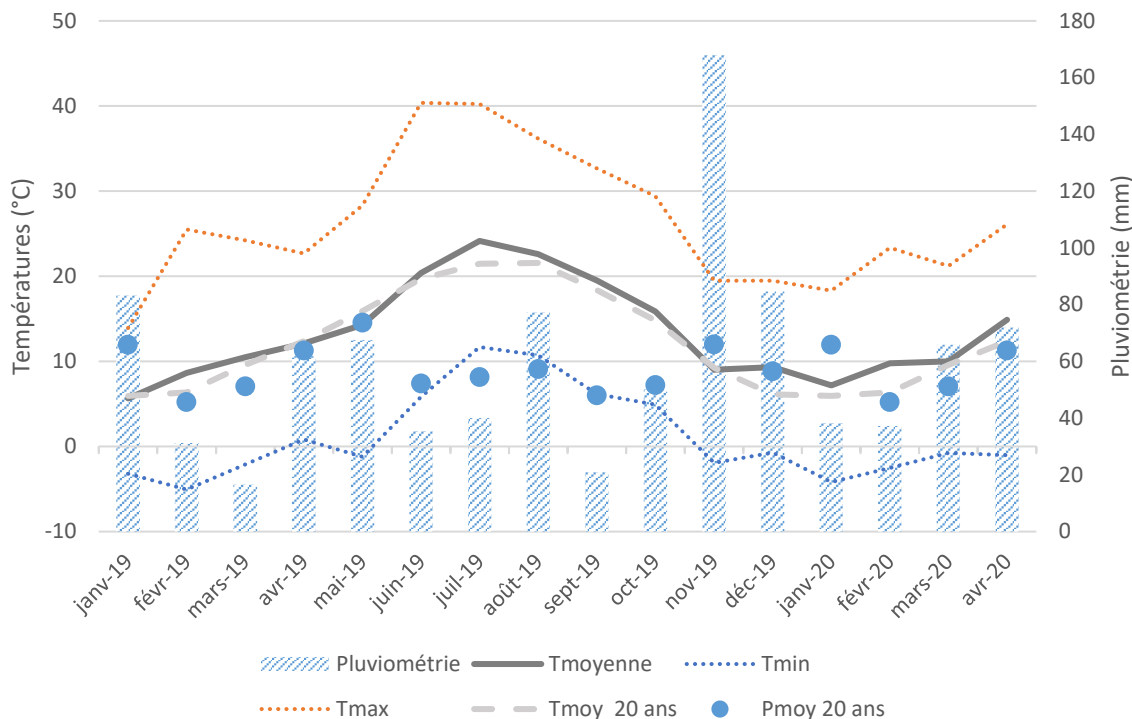
Il a été montré les années passées que **la luzerne est le meilleur couvert de légumineuses**, parmi les trois semées au printemps, **si l'effet recherché est d'améliorer le rendement du soja** qui suit. Cet effet n'est pas visible cette année. Les résultats précédents permettent également de conclure que **le trèfle violet** est celui qui **permet de produire le plus de biomasse** et que **le trèfle blanc** semble plus **adapté aux contextes de stress hydrique** important sur la période estivale.

## Annexe 1 : Plans d'essais

Essai



## Annexe 2 : Climatologie campagne 2019-2020



**Figure 17** : Climat sur la campagne 2019-2020 des couverts de printemps et d'automne 2019 (données station météo INRA). La moyenne des températures et des précipitations sur 20 ans à Auch (respectivement Tmoy 20 ans et Pmoy 20 ans) sont également données à titre de comparaison (données de Météo France).

### Hiver 2019 (janvier à mars)

L'hiver a été assez doux, favorable au développement des cultures d'hiver avec un mois de février présentant une température moyenne mensuelle supérieure de 2°C par rapport à la moyenne sur 20 ans. Il y a eu cependant plusieurs épisodes de gelées assez prononcées qui se sont étalés tout l'hiver avec des températures atteignant -3,2°C en janvier, -5,1°C en février et -2,1°C en mars. Les précipitations ont été élevées en janvier (+ 17,4 mm par rapport à la moyenne sur 20 ans) mais février et mars ont été très secs, avec un cumul de seulement 47,8 mm sur les deux mois soit la moitié de la moyenne des 20 dernières années. L'ensoleillement a également été globalement plus important cet hiver avec notamment +80h de soleil en plus que la moyenne en février (Sources : MétéoFrance, station d'Auch).

### Printemps 2019 (avril à juin)

Les mois d'avril et mai ont été frais (respectivement -0,3°C et -1,6°C par rapport à la moyenne sur 20 ans) avec un épisode de gelée matinale le 6 mai sans conséquence. Le printemps a été globalement plus sec que la moyenne avec un total de 165 mm de précipitations contre 189 en moyenne sur les 20 dernières années, ce qui a pu ralentir la levée des couverts et limiter leur développement.

### **Été 2019 (juillet à septembre)**

L'été 2019 a été plus chaud que la moyenne, notamment en juillet (+2,7°C), mois durant lequel les pluies ont également été très peu abondantes (-14,4 mm par rapport à la moyenne), ce qui a permis d'obtenir des taux d'humidité très faibles à la récolte. Le mois de septembre a également été plus sec (-27 mm par rapport à la moyenne) en revanche août a été un peu plus humide (+19,9 mm).

### **Automne 2019 (octobre à décembre)**

L'automne a été très humide en 2019 (presque +130 mm par rapport à la moyenne sur 20 ans) avec des mois de novembre et de décembre très pluvieux. Les couverts d'automne a pu être semés avant qu'il ne soit impossible de rentrer dans les parcelles et ont ainsi pu profiter des pluies et des températures plutôt élevées pour la saison. En effet, les températures ont été douces, similaires à ce que l'on obtient d'habitude en automne, sauf en décembre où on a eu en moyenne +3°C par rapport à la moyenne sur 20 ans. Les températures sont toutefois descendues en dessous de zéro lors de quelques épisodes de gelées matinales en novembre et décembre et la lentille ne l'a pas supporté.

### **Printemps 2020 (janvier à mars)**

L'hiver a été très doux, avec des températures supérieures à la moyenne, notamment en mars où la moyenne des températures a été plus élevée de 3°C par rapport à la moyenne sur 20 ans. Si la pluviométrie a été au total moins importante que la moyenne sur 20 ans, les couverts n'ont pu être détruits que tardivement, dans de bonnes conditions cependant.