



CENTRE DE RECHERCHE ET D'EXPERIMENTATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

au service de l'Innovation en Occitanie et dans le Grand Sud

RAPPORT SUR LES COUVERTS VEGETAUX 2022



Photo CREABio : couverts d'automne 2022, La Hourre mars 2023

CREABio

LEGTA Auch-Beaulieu
32020 AUCH Cedex 09

Enguerrand Burel, Laurent Escalier, Eve-Anna Sanner

Tél : 05.62.61.71.29 ou eburel.creab@gmail.com
laurentcreab@gmail.com, easanner.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 pêche¹ et du Foyer Ludovic LAPEYRÈRE



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

Les fertilisants du commerce étant onéreux, 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^[1] lorsqu'ils sont justement conduits entre 2 cultures d'intérêt pour fertiliser la culture de vente suivante, principalement à travers un apport d'azote.

L'objectif 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 ont été suivis :

- la biomasse produite
- la quantité d'éléments minéraux absorbés dans les parties aériennes (N-P-K)
- l'effet de biocontrôle 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 deuxième 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, Caussade Semences, RAGT Semences, Cérience et Bioline qui nous ont gracieusement fourni les semences de 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 vert semés en interculture	5
1. Description de l'essai.....	5
a. Situation de l'essai	5
b. Type d'essai et modalités d'expérimentation.....	5
c. Conduite de la culture.....	6
2. Les résultats.....	7
a. Biomasses des couverts avant destruction.....	7
b. Les éléments prélevés par le couvert végétal.....	8
c. Reliquats azotés implantation	11
3. Discussion sur les couverts	12
Partie II. Suivi des arrières effets des couverts végétaux 2021 sur la culture suivante (soja)	
13	
1. Suivi des arrières effets des couverts végétaux de printemps semés au printemps 2021	
13	
a. Description de l'essai	13
b. Les résultats	15
c. Suivi des arrières effets des couverts d'automne légumineuses/non-légumineuses	
semés en 2021.....	19
d. Discussion sur les effets des couverts sur soja	19
Annexe 1 : Plan d'essai.....	20
Annexe 2 : Climatologie campagne 2021-2022	21

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 Texture de la parcelle LH6A-S	5
Figure 2 : Moyenne (\pm écarts-types) des biomasses des couverts et des adventices aux deux dates de destruction (D1 : 27 février, D2 : 29 mars).....	8
Figure 3 : Quantité d'éléments azote (N), phosphore (P) et potassium (K) absorbés par les couverts et des adventices (kg/ha). Les barres d'erreur donnent les écart-types calculés à partir des 3 répétitions. Les lettres correspondent aux résultats des tests de Tukey réalisés par éléments (les modalités avec la même lettre pour un même élément (identifié par la couleur : jaune pour l'azote, violet pour le phosphore et rouge pour le potassium) font partie d'un même groupe homogène et ne présentent donc pas de différences significatives pour cet élément).	10
Figure 4 : Reliquats azotés (\pm écarts-types) dans les prélèvements de sol effectués par modalité à l'implantation de l'essai sur trois horizons : H1 = horizon 1 (0-30 cm) ; H2 = horizon 2 (30-60 cm) ; H3 = horizon 3 (60-90 cm)	11
Figure 5 : Texture de la parcelle LH7.....	13
Figure 6 : Reliquats azotés (\pm écarts-types) à l'implantation du soja pour chaque modalité sur les horizons H1 (0-30 cm), H2 (30 cm-60 cm), H3 (60 cm-90 cm), H4 (90 cm-120 cm).....	14
Figure 7 : Moyenne (\pm écarts-types) des biomasses des couverts et des adventices à la destruction.	16
Figure 8 : Rendements et teneurs en protéines des grains (moyennes \pm écarts-types) du soja pour les différentes modalités. Les rendements sont donnés à 15% d'humidité.	17
Figure 9 : Teneurs en éléments azote (N), phosphore (P) et potassium (K) du soja plante entière selon la modalité en kg/ha (moyenne écarts-types).	18
Figure 10 : Climat sur la campagne 2021-2022 des couverts d'automne 2022 (données station météo INRAe). 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).	21
Tableau 1 : 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, Caussade Semences, RAGT Semences et Jouffray-Drillaud. Les noms des variétés sont spécifiés entre parenthèses.	6
Tableau 2 : Itinéraire technique de l'essai.	7
Tableau 3 : Teneurs en éléments azote (N), potassium (K) et phosphore (P) des couverts par espèce et des adventices en g/kg de matière sèche. Date 1 et Date 2	9
Tableau 4 : Variétés et densités de semis des couverts. Le trèfle violet est diploïde.	14
Tableau 5 : Itinéraire technique de l'essai couverts de printemps 2020.	15
Tableau 6 : 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%.	17

Partie I. Engrais vert semés en interculture

L'objectif de cet essai est d'évaluer des couverts de mélange bispécifique composés d'une légumineuse et d'une non-légumineuse (graminée ou brassicacée) en termes de facilité et de réussite d'implantation, de production de biomasse et de capacité à prélever les éléments azote (N), phosphore (P) et potassium (K). Cet essai s'inscrit également dans le projet Phosphobio qui s'intéresse aux questions de l'évolution de l'élément phosphore dans les systèmes agricoles en agriculture biologique.

1. Description de l'essai

a. Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

Sol : Argilo-calcaire profond, parcelle LH6A-S (**Figure 1**)

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

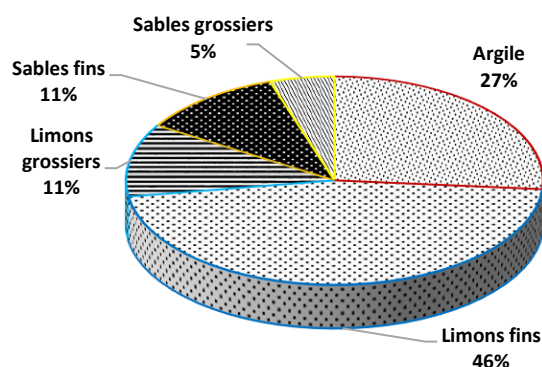


Figure 1 Texture de la parcelle LH6A-S

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 m² [0,5 m x 0,5 m]) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est le couvert végétal dont les différentes modalités sont présentées dans **Tableau 1** : deux légumineuses sont testées (une vesce pourpre et un trèfle incarnat) associées à 4 espèces non-légumineuses (moutarde blanche ou avoine rude avec la vesce, radis fourrager ou sorgho fourrager avec le trèfle).

Le mélange vesce pourpre + moutarde blanche est notre référence pour les mélanges bispécifiques semés à l'automne. La vesce pourpre est vigoureuse à l'implantation ce qui est intéressant pour une conduite en association avec la moutarde et peut être facilement détruite. L'autre légumineuse choisie, le trèfle incarnat, a un développement plus rapide que

la majorité des autres trèfles à l'automne et semble adapté à des destructions tardives au printemps.

L'avoine rude/brésilienne/diploïde (Avoine de printemps) est allélopathique et très compétitive. 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.

Le radis fourrager est très tolérant à la chaleur et au stress hydrique, sa floraison est plus tardive que celle de la moutarde blanche. Il est facile à planter, se développe rapidement et semble plus adapté que la moutarde aux associations avec des légumineuses.

Le sorgho fourrager est résistant au stress hydrique mais est très sensible au froid et au gel. Il sera donc plus adapté à des semis juste après la moisson pour avoir le temps de produire de la biomasse. C'est une plante qui produit beaucoup de biomasse, dont la mesure devra être effectuée plus précocement que pour les autres espèces, dès que les températures descendront en dessous des 10-12°C.

Le choix variétal de ces différentes espèces se base sur les travaux de l'INRAE, le caractère intéressant sélectionné étant la capacité à prélever du phosphore.

Tableau 1 : 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, Caussade Semences, RAGT Semences et Jouffray-Drillaud. Les noms des variétés sont spécifiés entre parenthèses.

Espèces	Dose légumineuse + non-légumineuse	Remarques
Absence couvert	-	Témoin sans couvert
Vesce pourpre (VIOLINE) + moutarde blanche (ARCHITECT)	15 kg/ha + 3 kg/ha	Témoin mélange engrais vert
Vesce pourpre (VIOLINE) + Avoine rude (OCEANE)	15 kg/ha + 15 kg/ha	
Trèfle incarnat (CEGALO) + Radis fourrager (ROMESA)	8 kg/ha + 5 kg/ha	
Trèfle incarnat (CEGALO) + Sorgho fourrager (SUDAL)	8 kg/ha + 15 kg/ha	Sorgho gélif

Les résultats sont analysés par ANOVA (analyse de variance) réalisée avec Expé R au risque alpha de 5%. Si l'ANOVA s'avère significative sur le facteur étudié, elle est complétée d'un test de Tukey pour former des groupes homogènes entre les modalités.

c. Conduite de la culture

Le semis a été réalisé dans des conditions sèches le 21 septembre 2022. Un passage de rouleau a été réalisé pour augmenter le contact entre le sol et la graine et pour favoriser la levée.

Des pluies ont suivies le semis, ce qui a permis aux couverts de lever. Cependant, un automne chaud et sec a pénalisé le développement de ces derniers.

Tableau 2 : Itinéraire technique de l'essai.

Date	Stade culture	Intervention	Matériel utilisé	Remarques
25/06/2022	Maturité	Récolte blé tendre	Moissonneuse	
20/09/2022	Interculture	Préparation du sol	Déchaumeur à disques	
21/09/2022	Semis	Semis essai	Semoir pour essai	
22/09/2022	Post-semis	Roulage semis	Rouleau squelette	
27/02/2023	Végétation	Prélèvement biomasse maximum	Cadre 0,25 m ²	4 cadres/répétition
29/03/2023	Végétation	Prélèvement biomasse maximum	Cadre 0,25 m ²	4 cadres/répétition

2. Les résultats

a. Biomasses des couverts avant destruction

Le sorgho a gelé, aussi aucune valeur de biomasse n'a été mesurée pour cette espèce et le couvert « trèfle incarnat et sorgho fourrager » correspond à un couvert de trèfle incarnat uniquement dans la suite du rapport.

Les autres couverts se sont peu développés, du fait d'un automne sec suivi d'un hiver qui a été marqué par d'importantes variations de températures et une pluviométrie déficitaire (-26 mm en décembre et l'un des mois de février les plus secs jamais observés avec -35 mm par rapport à la moyenne sur 20 ans).

En date de récolte 1 (D1 : 27 février), l'espèce ayant significativement produit le plus de biomasse était l'avoine rude avec 375 kgMS/ha. La moutarde et le radis avaient à cette date produit des biomasses respectivement de 168 et 170 kgMS/ha. S'agissant des légumineuses en association, le trèfle incarnat associé au sorgho fourrager a produit une biomasse deux fois plus importante que le trèfle incarnat associé au radis fourrager (respectivement 265 kgMS/ha et 144 kgMS/ha), ce qui peut s'expliquer par la différence de développement de la non-légumineuse associée. Cependant, l'écart de biomasse du trèfle incarnat entre ces deux modalités n'est pas significatif. La vesce pourpre a quant à elle produit très peu de biomasse (89 et 67 kgMS/ha).

En date de récolte 2 (D2 : 29 mars), l'espèce ayant produit le plus de biomasse était toujours l'avoine rude avec 798 kgMS/ha. La moutarde avait produit significativement plus de biomasse que le radis fourrager avec une biomasse de 283 kgMS/ha tandis que le radis se situait à 199 kgMS/ha. S'agissant des légumineuses en association, le trèfle incarnat associé au radis fourrager a produit une biomasse de 695 kgMS/ha qui n'est toutefois pas significativement différente de la biomasse produite par le trèfle incarnat associé au sorgho fourrager (580 kgMS/ha). La vesce pourpre a quant à elle produit plus de biomasse qu'en D1 mais reste en deçà des biomasses produites par le trèfle incarnat.

La destruction plus tardive des couverts présente cette année un intérêt pour l'avoine et le trèfle incarnat, pour autant les biomasses produites restent très faibles par rapport aux campagnes précédentes.

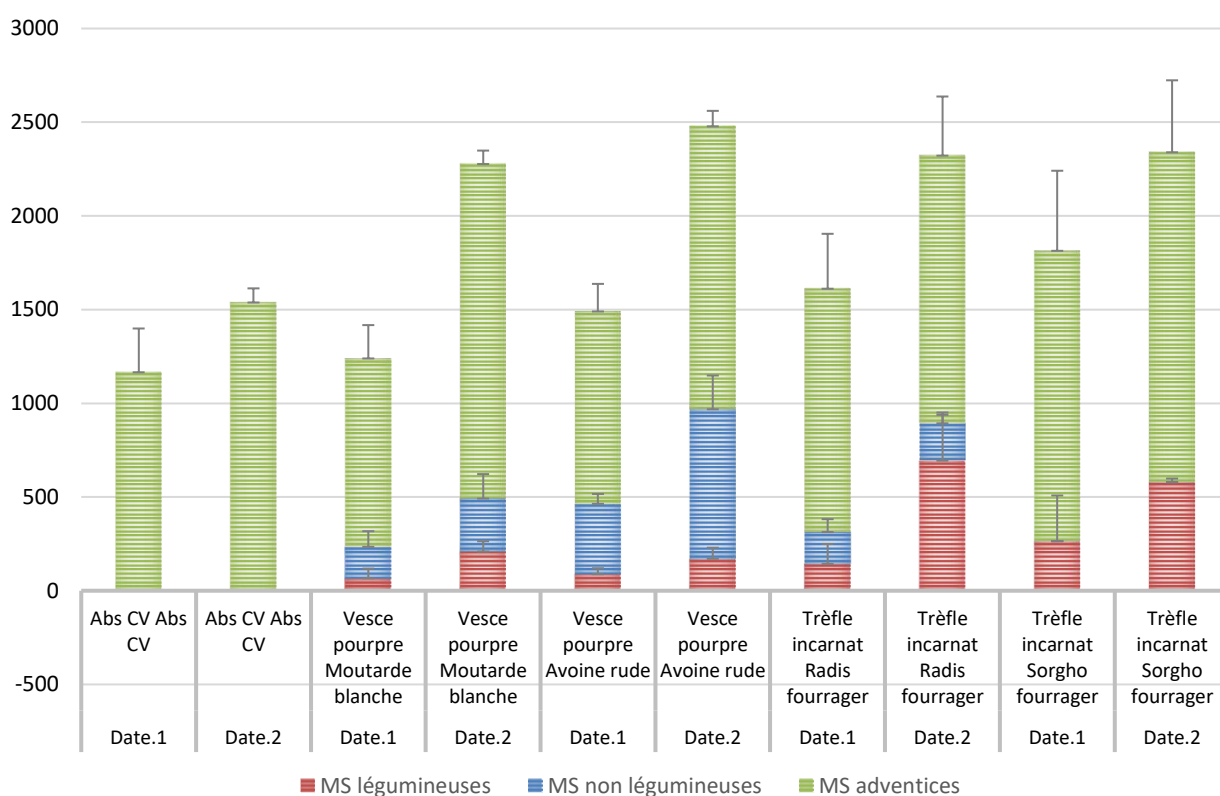


Figure 2 : Moyenne (\pm écarts-types) des biomasses des couverts et des adventices aux deux dates de destruction (D1 : 27 février, D2 : 29 mars).

Les adventices étaient très présentes pour une biomasse produite de 1,2 tMS/ha en D1 et 1,6 t/ha en D2 en moyenne sur l'ensemble de l'essai. La biomasse adventice la plus forte est celle de la modalité 'Trèfle incarnat Sorgho fourrager' (1,5tMS/ha en D1, 1,8tMS/ha en D2) sans toutefois qu'il n'y ait de différence significative entre les biomasses produites des différentes modalités. La présence d'adventice était significativement plus forte en D2 sans qu'il n'y ait de différence entre modalités. Ainsi, le faible développement des couverts n'aura pas permis de réguler la présence d'adventices.

b. Les éléments prélevés par le couvert végétal

Les teneurs en éléments N, P et K prélevées par les différentes espèces du couvert et les adventices sont présentées dans le *tableau 3*.

S'agissant des non légumineuses, le radis fourrager avec une teneur en azote de 32,4 g/kg de matière sèche se place en tête des trois espèces. En D1 la différence de teneur en azote entre le radis et la moutarde blanche et l'avoine rude est significative en D1 mais ne l'est plus en D2. L'avoine rude a en revanche des teneurs en P significativement plus élevées que les deux autres espèces en D1 et en D2 (4,2 g/kg de MS en D1 et 3,9 g/kg de MS en D2). L'avoine rude a également une teneur en K significativement plus élevée que les deux autres espèces en D1 avec une teneur s'élevant à 28,8 g/kg de MS. En D2, les teneurs en K de l'avoine rude et du radis fourrager sont significativement différentes de celle de la moutarde brune.

S'agissant des légumineuses, les teneurs en azote du trèfle incarnat et de la vesce pourpre associée à l'avoine rude sont significativement différents de celle associée à la moutarde blanche en D1, ce qui n'est plus le cas en D2. Les teneurs en P sont très proches, 2,6 g/kg de MS en moyenne, avec cependant une teneur significativement inférieure de la vesce pourpre associée à la moutarde blanche en D2 avec une teneur de 2 g/kg de MS. Les teneurs en potassium du trèfle incarnat sont significativement supérieures à celles contenues dans la vesce pourpre en D1 et D2 avec des teneurs de 25,1 g/kg de MS et 25,5 g/kg de MS en moyenne respectivement.

Tableau 3 : Teneurs en éléments azote (N), potassium (K) et phosphore (P) des couverts par espèce et des adventices en g/kg de matière sèche. Date 1 et Date 2

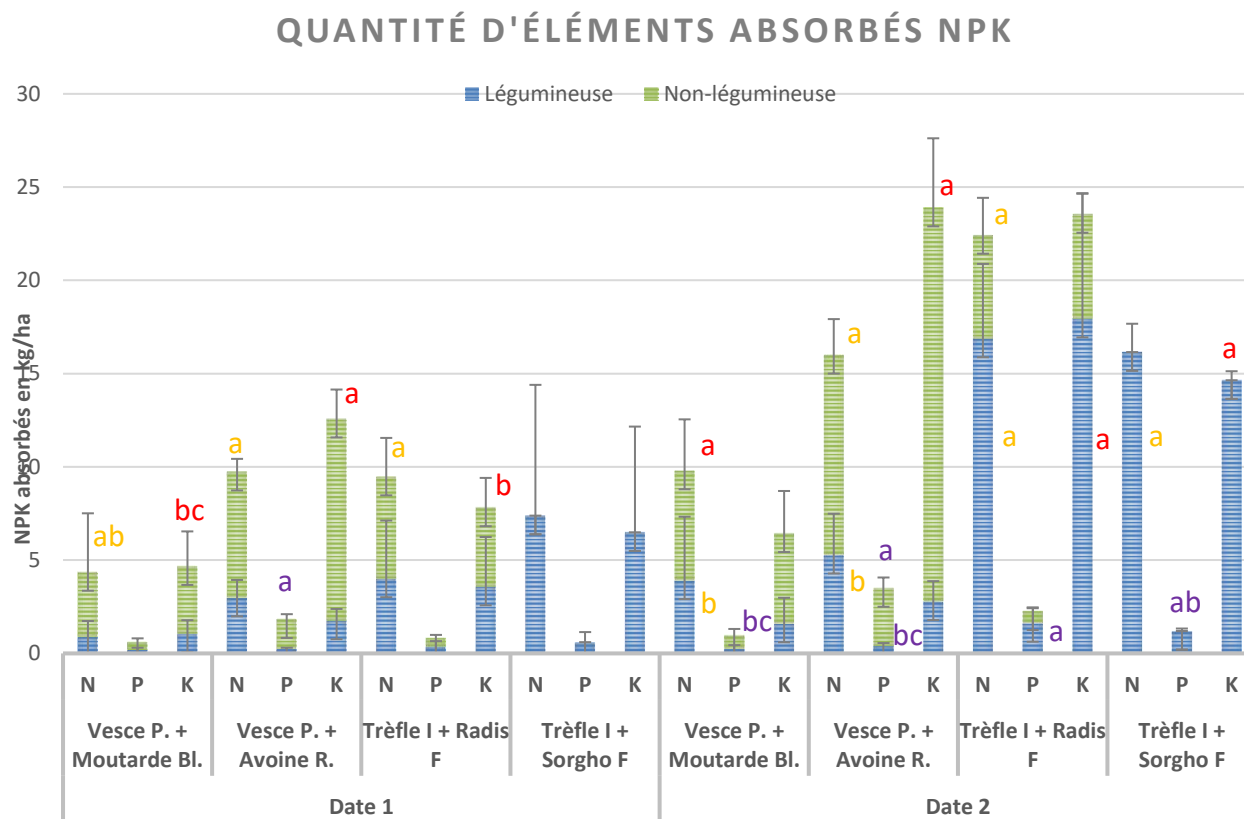
		Couvert non-légumineuse			Couvert légumineuse		
		N	P	K	N	P	K
Date 1	Absence couvert	-	-	-	-	-	-
	Vesce pourpre + Moutarde blanche	24,4 (± 1,4)	2,4 (± 0,2)	21,2 (± 0,8)	34,8 (± 0,3)	2,7 (± 0,1)	16,6 (± 1,5)
	Vesce pourpre + Avoine rude	18,1 (± 1,6)	4,2 (± 0,5)	28,8 (± 1,6)	33,6 (± 2,6)	2,7 (± 0,2)	19,7 (± 0,6)
	Trèfle incarnat + Radis fourrager	32,4 (± 1,2)	2,8 (± 0,2)	25,2 (± 0,9)	28 (± 3,4)	2,5 (± 0,4)	25,1 (± 1,9)
	Trèfle incarnat + Sorgho fourrager	-	-	-	27,3 (± 1,3)	2,3 (± 0,1)	25,1 (± 1,1)
Date 2	Absence couvert	-	-	-	-	-	-
	Vesce pourpre + Moutarde blanche	20,7 (± 0,9)	2,5 (± 0,1)	17,1 (± 0,7)	32,6 (± 0,8)	2,0 (± 0)	13,4 (± 0,6)
	Vesce pourpre + Avoine rude	13,6 (± 1,5)	3,9 (± 0,4)	26,7 (± 1,9)	30,2 (± 2,8)	2,2 (± 0,2)	16 (± 1,1)
	Trèfle incarnat + Radis fourrager	27,4 (± 3,6)	3,1 (± 0,4)	28,3 (± 0,8)	25 (± 3)	2,3 (± 0,3)	25,8 (± 0,3)
	Trèfle incarnat + Sorgho fourrager	-	-	-	27,8 (± 2,1)	2,1 (± 0,2)	25,2 (± 0,7)

S'agissant des non légumineuses, l'avoine rude et le radis fourrager sont celles qui ont absorbées significativement plus d'azote la moutarde blanche en D1, respectivement 6,8 et 5,5 kg/ha. Il n'y a en revanche pas de différence significative en D2. L'avoine rude a en revanche absorbées significativement plus de P et de K que toutes les autres espèces non légumineuses en D1 et en D2.

S'agissant des légumineuses, les deux espèces ont absorbées autant de N et de K en D1 mais en D2 c'est le trèfle incarnat qui a absorbé significativement de ces éléments que la vesce pourpre. En D2, le trèfle associé au radis fourrager a absorbé significativement plus de phosphore que celui associé au sorgho fourrager ainsi qu'à la vesce pourpre.

Le mélange vesce pourpre et avoine rude est celui ayant significativement absorbé le plus d'éléments en D1 : 10 kg/ha en moyenne pour l'azote contre 7 kg/ha en moyenne pour les autres modalités ; 13 kg/ha en moyenne pour le potassium contre 6 kg/ha en moyenne pour les autres modalités ; 0,7 kg/ha en moyenne pour le phosphore contre 4 kg/ha pour les autres modalités (

Figure 3). En revanche, en D2 c'est le mélange trèfle incarnat et radis fourrager qui a absorbé le plus d'éléments avec notamment une plus grande absorption de l'azote à 22 kg/ ha contre



14 kg/ ha en moyenne pour les autres modalités.

Figure 3 : Quantité d'éléments azote (N), phosphore (P) et potassium (K) absorbés par les couverts et des adventices (kg/ha). Les barres d'erreur donnent les écart-types calculés à partir des 3 répétitions. Les lettres correspondent aux résultats des tests de Tukey réalisés par éléments (les modalités avec la même lettre pour un même élément (identifié par la couleur : jaune pour l'azote, violet pour le phosphore et rouge pour le potassium) font partie d'un même groupe homogène et ne présentent donc pas de différences significatives pour cet élément).

c. Reliquats azotés implantation

Des mesures de reliquats azotés ont été réalisées sur trois horizons de l'essai à l'automne 2022 au moment de l'implantation puis au printemps 2023 à la destruction. A l'implantation, les reliquats sont homogènes au sein de l'essai. Il y a un petit effet bloc mais les différentes modalités ne présentent pas de reliquats significativement différents au moment de l'implantation (Figure 4).

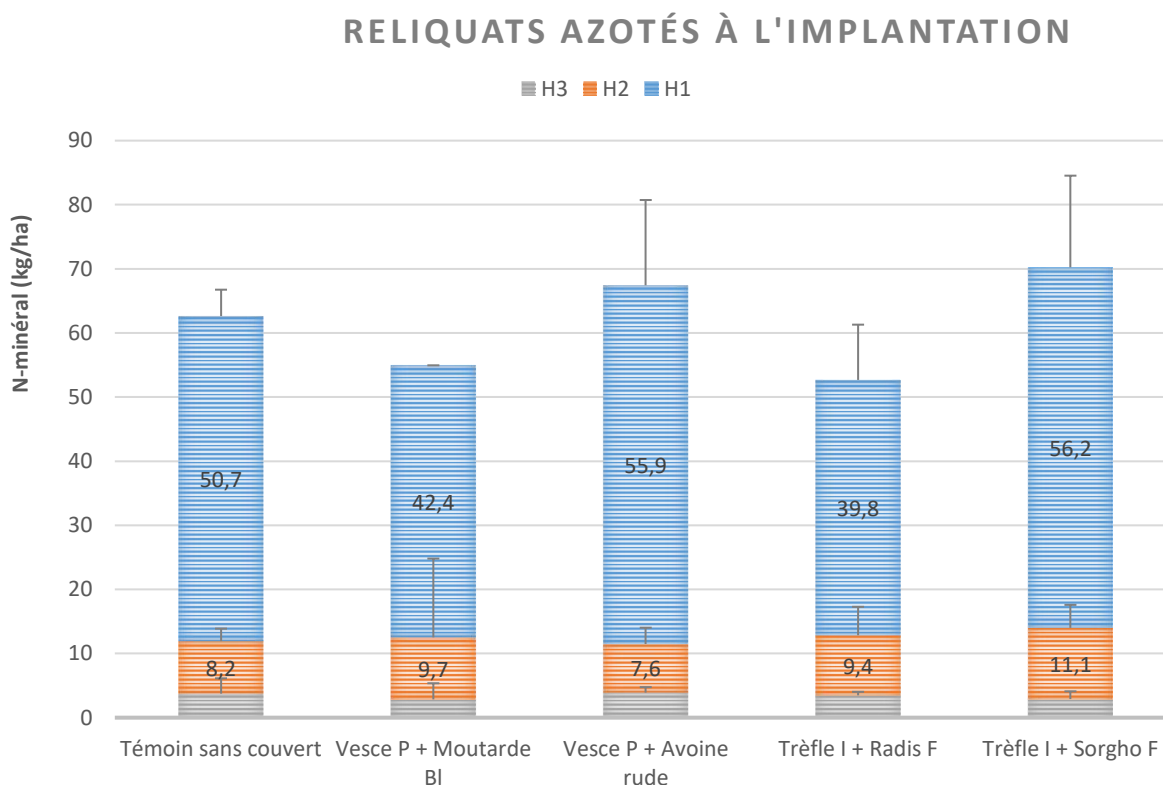


Figure 4 : Reliquats azotés (\pm écarts-types) dans les prélèvements de sol effectués par modalité à l'implantation de l'essai sur trois horizons : H1 = horizon 1 (0-30 cm) ; H2 = horizon 2 (30-60 cm) ; H3 = horizon 3 (60-90 cm)

3. Discussion sur les couverts

Les couverts de cette année se sont peu développés en raison d'un automne et d'un hiver secs. Le faible développement des couverts n'a pas permis de réguler la présence d'adventices. En termes de capacité d'extraction des éléments azote, phosphore et potassium, ce sont les mélanges vesce + avoine rude et trèfle incarnat + radis fourrager qui se sont démarqués.

Suite à cette huitième 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, sorgho 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 et le sorgho se détériore dès que les températures passent en dessous des 10 à 12°C
- 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)
- Les associations avec des brassicacées (moutardes ou radis) + 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)
- Concernant l'avoine rude, les résultats sur 4 ans montrent une certaine variabilité inter annuelle sur la biomasse produite mais dans l'ensemble c'est une espèce qui permet une production assez élevée de biomasse. 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. La vesce semble moins sensible à sa compétition, les résultats des prochaines années permettront de valider l'efficacité de ce mélange.

Partie II. Suivi des arrières effets des couverts végétaux 2021 sur la culture suivante (soja)

1. Suivi des arrières effets des couverts végétaux de printemps semés au printemps 2021

a. Description de l'essai

Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

Sol : argilo-calcaire profond, parcelle LH7 (*Figure 5*)

Climat : océanique dégradé

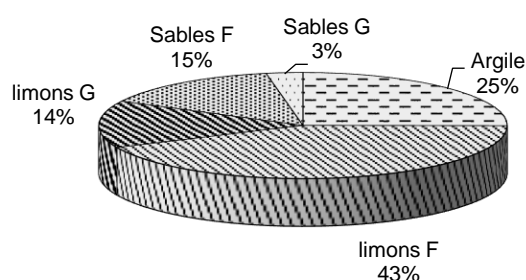


Figure 5 : Texture de la parcelle LH7

Des mesures de reliquats azotés ont été effectuées sur les quatre horizons de l'essai à l'implantation du soja le 17 juin 2022. Un petit effet bloc est à noter qui devra être pris en compte lors de l'analyse de l'impact des couverts végétaux sur le soja, pour autant les différentes modalités ne présentent pas de reliquats significativement différents au moment de l'implantation (*Figure 6*).

RELIQUATS AZOTÉS À L'IMPLANTATION

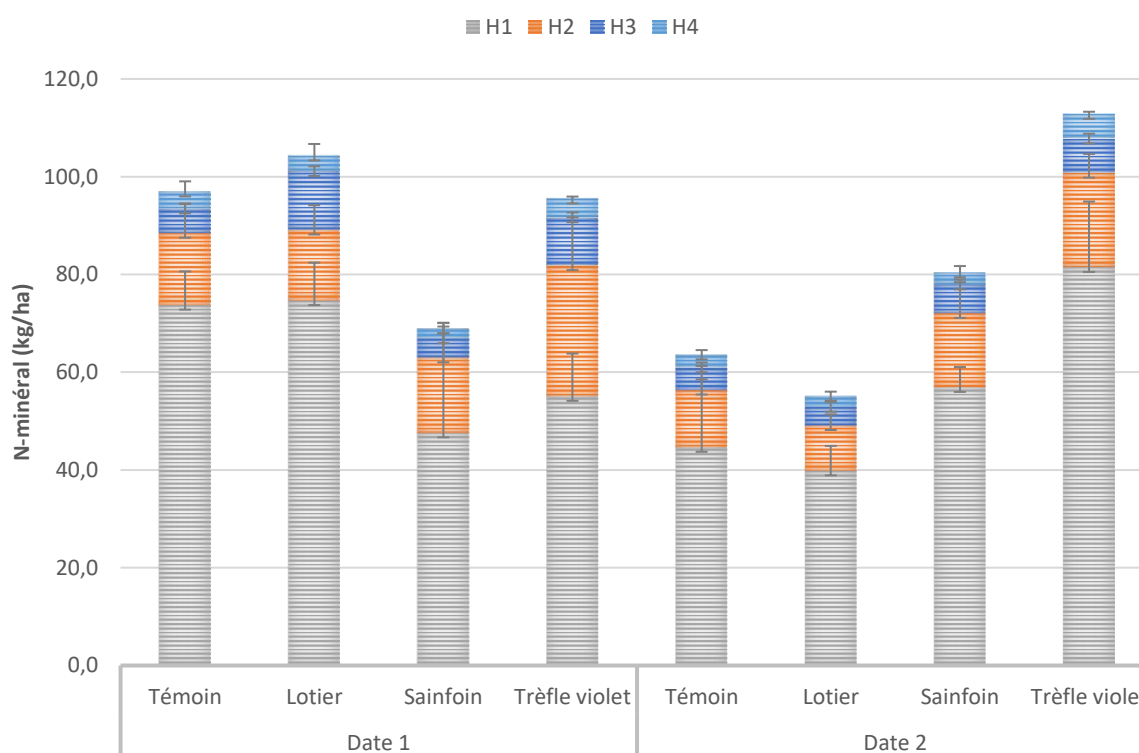


Figure 6 : Reliquats azotés (\pm écarts-types) à l'implantation du soja pour chaque modalité sur les horizons H1 (0-30 cm), H2 (30 cm-60 cm), H3 (60 cm-90 cm), H4 (90 cm-120 cm)

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 m² : 0,5 m x 0,5 m) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est le couvert végétal, décliné en 3 modalités, comparé à une modalité sans couvert qui sert de témoin (**Tableau 5**).

Tableau 4 : 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

Conduite de la culture

Le précédent cultural était un soja récolté en novembre 2020. Le blé a été mis en place le 15 novembre 2020 et récolté le 19 juillet 2021. Un apport d'engrais (500kg de 10-5-0 soit 50 unités d'azote) a été réalisé au stade tallage le 20 février 2021.

Les couverts de légumineuses ont été implantés fin mars 2021 dans un blé au stade tallage et ont été détruits à deux dates différentes. Une première destruction a eu lieu le 1er mars 2022 (D1) et la seconde le 7 avril 2022 (D2).

La campagne climatique de 2021 a été très favorable au développement des couverts de printemps avec des pluies fréquentes qui ont favorisé la levée et la production de biomasse des légumineuses. La levée du blé a été observée le 1er décembre 2020. L'essai est resté propre grâce aux passages de houe rotative et 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. Une quantité de semoule fine de 12g a été mélangée aux grains de trèfle violet et de lotier à semer pour homogénéiser leur implantation.

Tableau 5 : Itinéraire technique de l'essai couverts de printemps 2020.

Date	Stade culture	Intervention	Matériel utilisé	Remarques
02/11/2020	Maturité	Récolte soja	Moissonneuse	
12/11/2020	Interculture	Travail du sol	Chisel	
15/11/2020	Semis BTH	Semis Forcali fermier	Semoir combiné	Pesée semis : 164 kg/ha
20/02/2021	Tallage	Engrais 10-5-0	Epandeur centrifuge	500kg
24/02/2021	Tallage	Désherbage	Houe rotative	
10/03/2021	Tallage	Désherbage	Herse étrille	Réglage 4,5
23/03/2021	Epi 1 cm	Préparation sol	Herse étrille	
23/03/2021	Semis	Semis essai	Semoir d'expérimentation	
19/07/2021	Maturité	Récolte blé	Moissonneuse	
22/02/2022	Végétaux	Prélèvement biomasse maximum	Cadre 0,25 m ²	4 cadres/répétition, blocs 1,2,3
04/04/2022	Végétaux	Prélèvement biomasse maximum	Cadre 0,25 m ²	4 cadres/répétition, blocs 1,2,3

b. Les résultats

La biomasse produite par les couverts 2021

Dans l'ensemble, la levée des légumineuses a été hétérogène (Figure 7), néanmoins les bonnes conditions au semis ainsi que les bonnes conditions climatiques qui ont suivi ont permis un bon développement du couvert. Le lotier est le couvert qui a produit le plus de biomasse aérienne, 2,9tMS/ha au 1^{er} mars 2022 et 3,6tMS/ha au 7 avril 2022 (+22%). La date de destruction du couvert a donc un impact significatif sur la production de biomasse. Le sainfoin a produit 65% de biomasse aérienne de moins que le lotier en D1 soit 1,9tMS/ha. En revanche, sa biomasse a plus que doublé par la suite (+78%) et se situait à 3,4tMS/ha en D2. Le trèfle violet a quant à lui produit une biomasse aérienne proche de celle du sainfoin en D1, à 2,1 tMS/ha. Celle-ci a augmenté en D2 mais de façon moins significative (+41%) et a atteint 2,9 tMS/ha.

ESSAI COUVERTS PRINTEMPS 2021 - BIOMASSE AERIENNE À LA DESTRUCTION

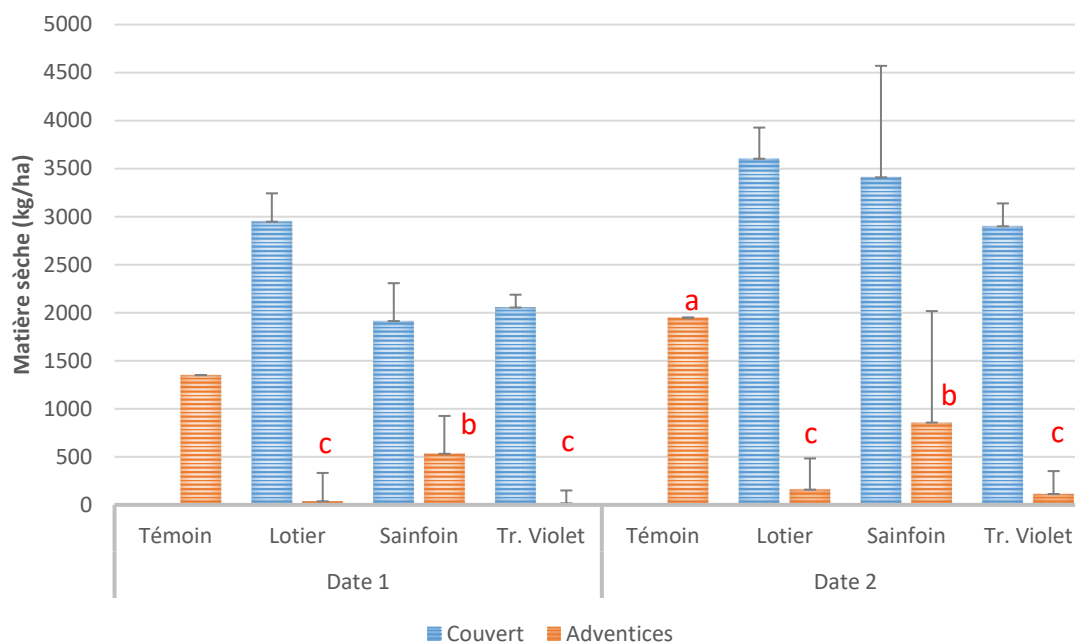


Figure 7 : Moyenne (\pm écarts-types) des biomasses des couverts et des adventices à la destruction.

Les adventices étaient présentes cette année pour une biomasse produite de 485 kg/ha en moyenne sur l'ensemble de l'essai. La biomasse adventice la plus forte est celle de la modalité témoin sans couvert (1,3tMS/ha en D1, 1,95tMS/ha en D2)). Les plus faibles biomasses d'adventices se retrouvaient dans les modalités lotier et trèfle violet, respectivement 38 kg/ha et 17 kg/ha en D1. La modalité sainfoin comptait une biomasse d'adventices à 532 kg/ha. Les biomasses d'adventices ont augmenté entre les deux dates de destruction, +598 kg/ha pour le témoin sans couvert, +122 kg/ha pour la modalité lotier, +325 kg/ha pour la modalité sainfoin, +97 kg/ha pour la modalité trèfle violet.

L'effet d'une destruction plus tardive a permis au sainfoin de doubler sa biomasse aérienne par rapport à la D1 pour atteindre un niveau de biomasse proche de celle produite par le lotier et ce malgré une présence plus importante d'adventices. Cet effet devra cependant être confirmé lors des prochaines campagnes.

Pour la deuxième année consécutive, le lotier affiche les teneurs en azote les plus importantes (69kg/ha) tandis que le sainfoin affiche des teneurs en potassium plus élevées (24kg/ha) que les deux autres espèces de légumineuses lors de la première destruction des couverts végétaux. Si le lotier affiche toujours des teneurs en azote plus importantes (110kg/ha) que les autres légumineuses en D2, il affiche également les teneurs en potassium (54kg/ha) et phosphore (11kg/ha) les plus importantes. En lien avec la production de biomasse plus importante, la date D2 permet de restituer plus d'éléments après destruction.

Les composantes du rendement du soja

Le soja a été récolté manuellement le 12 septembre 2022. L'essai était très hétérogène et le soja a souffert des températures extrêmes et d'une très longue période de sécheresse estivale. Au vu de ces éléments, le rendement biologique est à prendre avec précaution.

Tableau 6 : 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 ²	Gousses/pl ante	Grains/m ²	Grains/ gousse	PMG (g)	RDT (q/ha)
Absence couvert	4,5	706,1± 122,6	13,29± 2,1	967,5± 273,1	1,4 ± 0,2	143 ± 13	14,1 ± 5,2
Lotier	10,0	855,6± 86,4	17,12± 1,6	1101,4± 46,4	1,3 ± 0,1	145 ± 12	16 ± 1,7
Sainfoin	25,0	641,7± 105,7	15,75± 2,6	853,6± 101,4	1,4 ± 0,2	145 ± 19	12,5 ± 2,9
Trèfle violet	4,0	754,2± 29,2	14,32± 2,3	1052,0± 185,7	1,4 ± 0,3	151 ± 3	16,0 ± 3,2

Cette année, les couverts n'ont eu aucun effet significatif sur les composantes du rendement ou les rendements du soja.

Le rendement et la teneur en protéines du soja après couverts

Les rendements de soja ont été faibles pour cet essai (14 q/ha en moyenne) de même que la teneur en protéines (27% en moyenne sur l'ensemble de l'essai). Cette dernière était significativement reliée à la modalité pour la date de destruction 1 uniquement, la modalité lotier étant celle qui a eu significativement le plus de protéines que les autres (27,8 % contre 26,2% en moyenne pour les autres modalités).

Rendement du soja après couvert

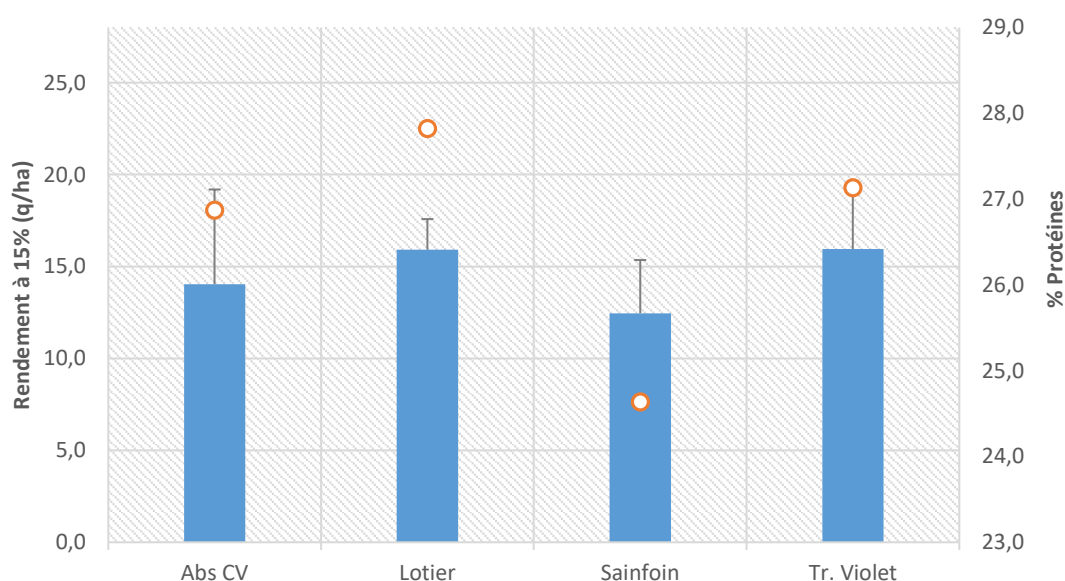


Figure 8 : Rendements et teneurs en protéines des grains (moyennes ± écarts-types) du soja pour les différentes modalités. Les rendements sont donnés à 15% d'humidité.

La teneur en élément azote du soja est également liée à la modalité pour la date de destruction 2 uniquement. Le soja ayant suivi le témoin est celui ayant la plus forte teneur en azote : 56,3 kg/ha en moyenne (Figure 9). Les teneurs en éléments phosphore et potassium ne sont quant à elles pas liées aux modalités de couverts.

N P K ABSORBÉS PAR LES SOJAS APRÈS COUVERTS

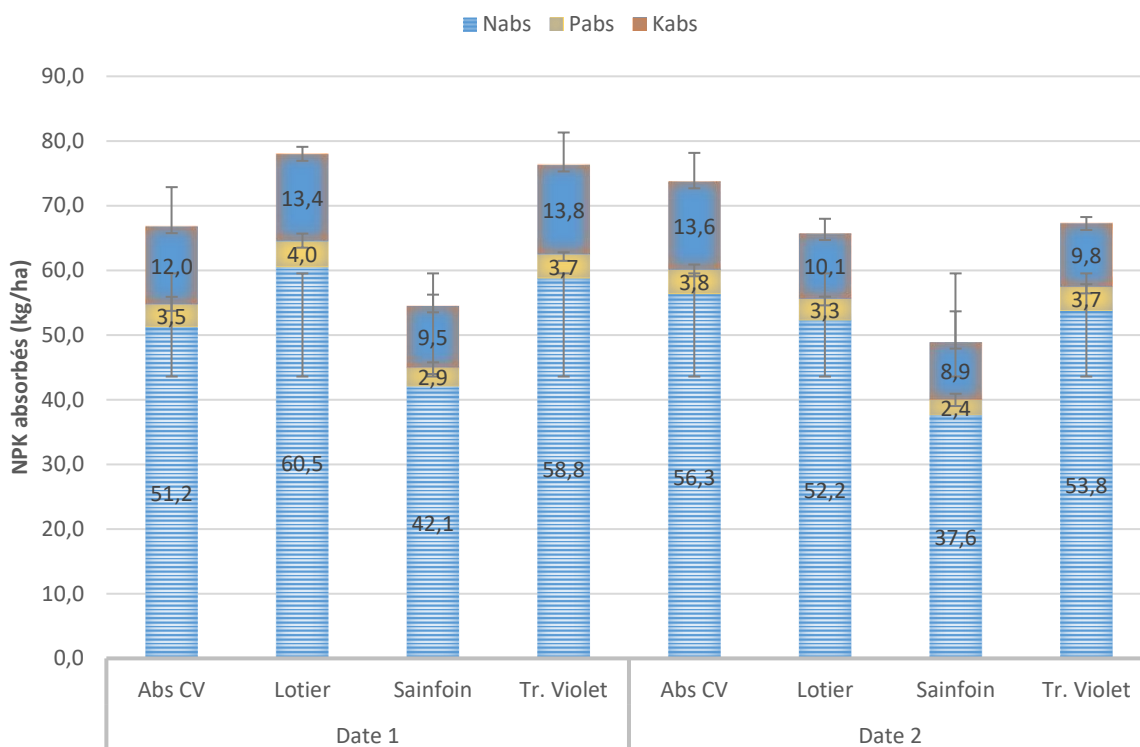


Figure 9 : Teneurs en éléments azote (N), phosphore (P) et potassium (K) du soja plante entière selon la modalité en kg/ha (moyenne écarts-types).

c. Suivi des arrières effets des couverts d'automne légumineuses/non-légumineuses semés en 2021

Le semis a été réalisé dans de bonnes conditions le 13 septembre 2021. Un passage de rouleau a été réalisé pour augmenter le contact entre le sol et la graine et pour favoriser la levée. Une période de sécheresse a suivi le semis et des dégâts importants de limaces ont provoqué une levée trop faible et trop hétérogène pour que l'essai soit maintenu en place. Aussi, il faudra attendre l'automne prochain et la mise en place d'un nouvel essai pour obtenir des résultats.

d. Discussion sur les effets des couverts sur soja

Cette année, les résultats ne permettent pas de mettre en évidence un gain de rendement sur soja après mise en place de couverts semés au printemps. De même, l'état nutritionnel du soja ne semble pas avoir été impacté par la mise en place de couverts mais les conditions climatiques extrêmes ayant nuit au bon développement de la plante, il semble important d'analyser les résultats de la dernière campagne de couverts végétaux d'automne et leurs potentiels impacts sur l'état nutritionnel du soja pour conclure.

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. 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.

Concernant l'effet de la mise en place des couverts d'automne sur la culture de soja suivante, il n'a pas été possible d'analyser les résultats cette année, l'essai n'ayant pu être mené à terme. Cependant les résultats obtenus jusqu'ici avec les couverts bispécifiques ne permettent pas de mettre en évidence un gain de rendement sur soja. Le rendement le plus élevé est celui de la modalité vesce pourpre et moutarde blanche (27 q/ha) mais l'analyse statistique ne permet pas de montrer d'effet de la modalité sur les rendements. Néanmoins il est à noter que le soja implanté à la suite d'un mélange vesce pourpre et avoine rude a significativement plus de phosphore dans ses grains que celui implanté à la suite d'un mélange vesce pourpre et moutarde blanche.

Annexe 1 : Plan d'essai

Essai couverts d'automne

Bloc 3	CV2 - Vesce P. & Moutarde blanche	CV5 - Trèfle incarnat & Sorgho fourrager	CV4 - Trèfle incarnat & Radis fourrager	CV1 - Absence de Couvert	CV3 - Vesce P. & Avoine rude
Bloc 2	CV3 - Vesce P. & Avoine rude	CV1 - Absence de Couvert	CV5 - Trèfle incarnat & Sorgho fourrager	CV2 - Vesce P. & Moutarde blanche	CV4 - Trèfle incarnat & Radis fourrager
Bloc 1	CV4 - Trèfle incarnat & Radis fourrager	CV2 - Vesce P. & Moutarde blanche	CV1 - Absence de Couvert	CV3 - Vesce P. & Avoine rude	CV5 - Trèfle incarnat & Sorgho fourrager

15 mètres

6,4 mètres

Annexe 2 : Climatologie campagne 2021-2022

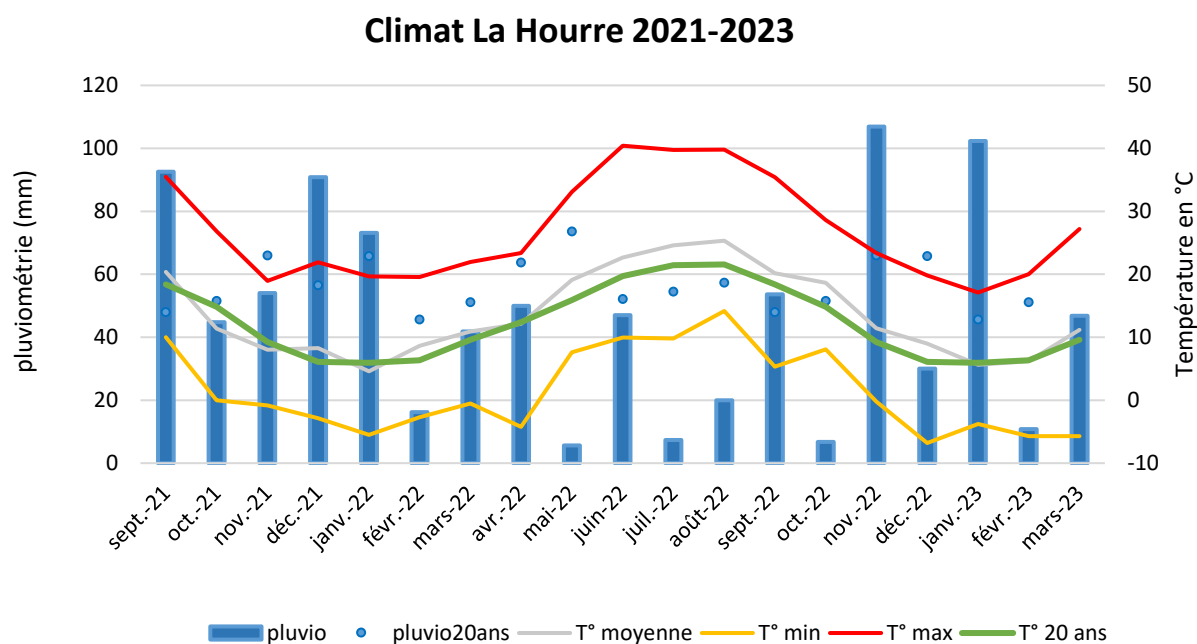


Figure 10 : Climat sur la campagne 2021-2022 des couverts d'automne 2022 (données station météo INRAe). La moyenne des températures et des précipitations sur 20 ans à Auch (respectivement Tmoy 20 ans et Pmoy 20 ans) sont également données à titre de comparaison (données de Météo France).

Particularités climatiques de la campagne 2022 :

- Faible pluviométrie et températures extrêmes
- Fortes contraintes climatiques de fin de cycle : stress hydrique et thermique à partir de mi-mai

La campagne climatique 2021/2022 se caractérise par une faible pluviométrie et des températures extrêmes notamment sur la fin de cycle des blés. L'automne 2021 a été modérément pluvieux ce qui a permis de bonnes conditions d'implantations dans la majorité des cas. Des épisodes pluvieux importants en décembre et janvier ont pu entraîner des excès d'eau dans certains secteurs et parcelles hydromorphes.

Après des températures fraîches en janvier, les mois qui suivent sont doux et secs. La pluviométrie est faible de février à mi-avril. Après les épisodes pluvieux d'avril, la sécheresse s'installe sur la fin de cycle accompagnée de températures records (3°C de plus que les normales saisonnières en mai). Pendant la phase de remplissage des grains, les températures élevées prévalent.

L'année a été marquée par de fortes contraintes climatiques de fin de cycle : stress hydrique et thermique à partir de mi-mai. Malgré un hiver chaud, propice aux maladies, peu de développement des maladies foliaires ont été observées en raison de la sécheresse du début de fin d'hiver jusqu'au printemps.