

Evaluation multicritère d'un système en semis sous couvert permanent de légumineuses

Projet GO COPSLEG

Conduites techniques des cultures – **Mars 2022**
Fiche de conseil collectif

Depuis plusieurs années, les techniques de travail du sol sans labour se développent, notamment pour les cultures d'hiver (blé, orge et colza). Ces techniques vont parfois jusqu'à la suppression du travail profond, voire au semis direct avec des semoirs spécialisés ; elles permettent des gains notables de temps de travaux, mais les gains en frais de mécanisation sont souvent faibles à peu significatifs.

Ces systèmes en travail du sol simplifié utilisent nettement plus d'herbicides. Cette augmentation résulte pour l'essentiel de passages répétés de glyphosate. Une étude multicritère en 2016 en Saône-et-Loire a montré que les systèmes en travail simplifié nécessitent 0,4 à 0,6 IFT de glyphosate (soit 1,2 à 1,8 l/ha de produit commercial par an !), alors que les systèmes avec labour utilisent peu ou pas cette molécule.

Pour pallier ces limites, **le système de cultures sous couvert permanent consiste à associer arrêt du travail du sol et intégration d'une culture de légumineuses présente plusieurs années dans les cultures et intercultures.**

Cette pratique est récente et encore expérimentale en France, alors qu'elle est courante dans les pays tropicaux et de plus en plus adoptée aux Etats-Unis.

Ce système s'inscrit entièrement dans le concept d'Agroécologie (Altieri, 2002) qui consiste à tirer profit des services écosystémiques fournis par la nature et utiles à l'Homme.

Ces systèmes innovants, qui combinent techniques de travail du sol simplifié et plantes de couverture, ont pour objectif de :

- limiter les apports d'azote (fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses),
- réduire l'utilisation des herbicides par «l'étouffement des adventices» (voire des insecticides),
- réduire le travail du sol (donc les charges de mécanisation, y compris l'utilisation de carburant),
- réduire l'érosion,
- améliorer la porosité du sol,
- augmenter la biodiversité, l'activité biologique et le taux de matière organique des sols.

Les agriculteurs « pionniers » pratiquant ce mode de production connaissent des réussites et essuient aussi régulièrement des échecs par manque d'expérience, ce qui pour certains n'est plus supportable économiquement.

Les références concernant cette technique sont peu nombreuses. La Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire a suivi, depuis 2015, des parcelles chez des agriculteurs pratiquant ces techniques, pour synthétiser, capitaliser, vulgariser et partager ces expériences.

La difficulté de la conduite de ces systèmes est de maintenir le couvert permanent sans qu'il ne concurrence la culture commerciale.

La présente fiche a pour objectif de vous présenter les résultats (agronomiques et techniques) et performances (économiques, environnementales et sociales) d'un des systèmes mis en place à Baudrières dans le cadre de ces expérimentations et suivis pendant plusieurs années.

DESCRIPTION DE L'EXPERIMENTATION

Origine du système dans l'expérimentation

L'agriculteur pratiquait la réduction de travail du sol avant le début de l'expérimentation. Cette expérimentation vise à lui permettre d'atteindre la pratique du semis direct tout en réduisant ses charges et son impact environnemental.

Le système de culture testé a été conçu par la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire, en collaboration avec Romuald GROS dans le cadre du projet GO COPSLEG. Le projet GO COPSLEG vise à analyser les systèmes en semis direct sous couvert permanent de légumineuses avec peu ou sans glyphosate.

Le contexte de l'expérimentation

■ Le contexte pédoclimatique, socio-économique, biotique

Plusieurs expérimentations ont été conduites en Saône-et-Loire entre 2014 et 2019. Cette fiche s'appuie sur les résultats des expérimentations conduites à Baudrières. Voici quelques éléments de contexte physique relatifs aux parcelles ayant reçu cette expérimentation :

Situation géographique	Val de Saône, Baudrières (71)
Climat	Semi-continentale (760mm) T° moyenne = 11.1°C
Type de sol	Limons-sableux
Réserve utile	130 mm
Potentiel de rendement	Colza associé : 40 q/ha Blé tendre : 70 q/ha Maïs grain : 80-90 q/ha Orge + pois d'hiver : 35 q/ha
Irrigation	Pas d'irrigation
Adventices	Très présentes : géraniums, rumex - Présentes : Panics, Sétaires, Digitaires
Maladies	Blé tendre d'hiver : septoriose
Ravageurs	Charançons du bourgeon terminal, Altises (Colza), Limaces (maïs/soja), Pyrales (maïs), pucerons à l'automne (Blé)

■ Le contexte de l'exploitation qui met en œuvre le système

- SAU : 110 ha
- UTH : 1 UTH + 3.5 heures d'entreprise pour la récolte du colza
- Exploitation céréalière : blé tendre, maïs grain, soja, colza, orge d'hiver, pois d'hiver
- Système de culture fondé sur une succession de type :
 - Colza - Blé tendre - Maïs grain - Orge + Pois d'hiver sur les parcelles sableuses
- Parcellaire pas très morcelé, à moins de 2 km de l'exploitation. Présence de 3 types de sols différents :
 - Alluvions argileuses inondables
 - Limons battants de Bresse avec localement des pentes argileuses
 - Limons-sableux

Le système étudié se situe en sol limono-sableux.

Dispositif expérimental

Année de début d'expérimentation : 2015 (première récolte)

Durée prévue : 4 ans

Année de fin d'expérimentation : 2020

Les résultats sont issus des parcelles ayant fait l'objet d'expérimentations entre 2014 et 2019.

Type de dispositif

Dans ce dispositif, deux systèmes de culture sont expérimentés en comparaison : un système testé et un système de référence. Le système testé est conduit sur l'ensemble de la parcelle agriculteur et le système de référence sur une bande témoin de 12 m de large.

Le système de culture est expérimenté sur 5 parcelles différentes en décalé d'un an. C'est-à-dire que la première parcelle a démarré à l'automne 2014, tandis que la seconde a démarré à l'automne 2015 et ainsi de suite.

Système de culture étudié	Rotation
Système en semis sous couvert	Colza (trèfle blanc sous couvert) / Blé H (trèfle blanc sous couvert) / Maïs / OH -Pois d'hiver
Système de référence	Colza /Blé H / Maïs / OH-Pois d'hiver

La rotation testée est une rotation C/BTH/Maïs/OH-Pois en semis sous couvert permanent de légumineuses.

Pour cette expérimentation, le couvert permanent retenu est le trèfle blanc nain (variété Huia), qui produit une biomasse limitée (hauteur maxi 25 cm en interculture) et limite donc le risque de concurrence avec la variété en place (en corolaire, n'est pas adapté pour l'exploitation en fourrage en interculture).

Le choix retenu a été de mettre en place le couvert permanent de légumineuses dans le colza car c'est la méthode la plus sûre et qui réussit le plus régulièrement.

Le SdC 5 n'a pas été semé à la suite du SdC 4 car l'automne 2018 n'a pas été propice au semis du colza.

Les parcelles sont de taille petite à assez grande (entre 1,1 et 7,9 ha).

Tableau 1 : Récapitulatif de la logique de l'expérimentation

	SdC 1	SdC 2	SdC 3	SdC 4
2014-2015	Colza associé			
2015-2016	Blé tendre	Colza associé		
2016-2017	Maïs grain	Orge Hiver	Colza associé	
2017-2018	Pois + orge	Maïs grain	Blé tendre	Colza associé
2018-2019		Pois + orge	Maïs grain	Blé tendre
2019-2020			Pois + orge	Maïs grain

L'analyse est réalisée à partir d'une synthèse des différents itinéraires techniques réalisés sur les 4 parcelles.

Les systèmes ayant été semés en décalé, certaines cultures seront plus présentes que d'autres (Colza : 3 années – Blé tendre : 3 années – Maïs grain : 3 années – Pois + Orge : 2 années).

La culture de colza sur le SdC 4 ayant subi un hiver très pluvieux, ainsi que des problèmes d'interventions culturales, elle n'a pas été prise en compte dans l'analyse.

Le SdC 2 a été semé en orge d'hiver, d'où la présence de 3 années pour la synthèse du blé au lieu de 4 attendues. Pour avoir 3 années de données pour la synthèse du maïs, l'hypothèse a été posée qu'un précédent blé n'était pas différent d'un précédent orge d'hiver.

Les Objectifs

Les objectifs de l'expérimentation

Tester la faisabilité et la productivité des systèmes en semis direct sous couvert permanent de trèfle blanc nain.

Objectifs assignés au SdC testé

- Disposer d'un SdC qui respecte le sol et l'environnement.
- Disposer d'un SdC économe en intrants et en interventions humaines.
- Maîtriser la flore adventive en limitant l'accès à la chimie.

Attentes du pilote de l'expérimentation

- Réussir le passage en semis direct pur pour diminuer les charges de mécanisation et le temps de travail, et améliorer la portance du sol.
- Avoir un système plus résilient face au changement climatique.
- Réduire l'utilisation d'herbicides de 50 % sur la partie de la rotation sous couvert (et notamment limiter, voire supprimer l'utilisation du glyphosate).
- Limiter les apports d'azote (fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses).

Rendements : Colza : 35q/ha ; Blé : 70 q/ha ; Maïs : 80-90 q/ha ; Orge + pois : 35 q/ha



*Figure 1 :
Trèfle blanc après récolte du colza
(8 octobre 2015)*

Les Stratégies de gestion

Stratégies de gestion du système de référence

Schéma décisionnel de la stratégie de maîtrise des adventices

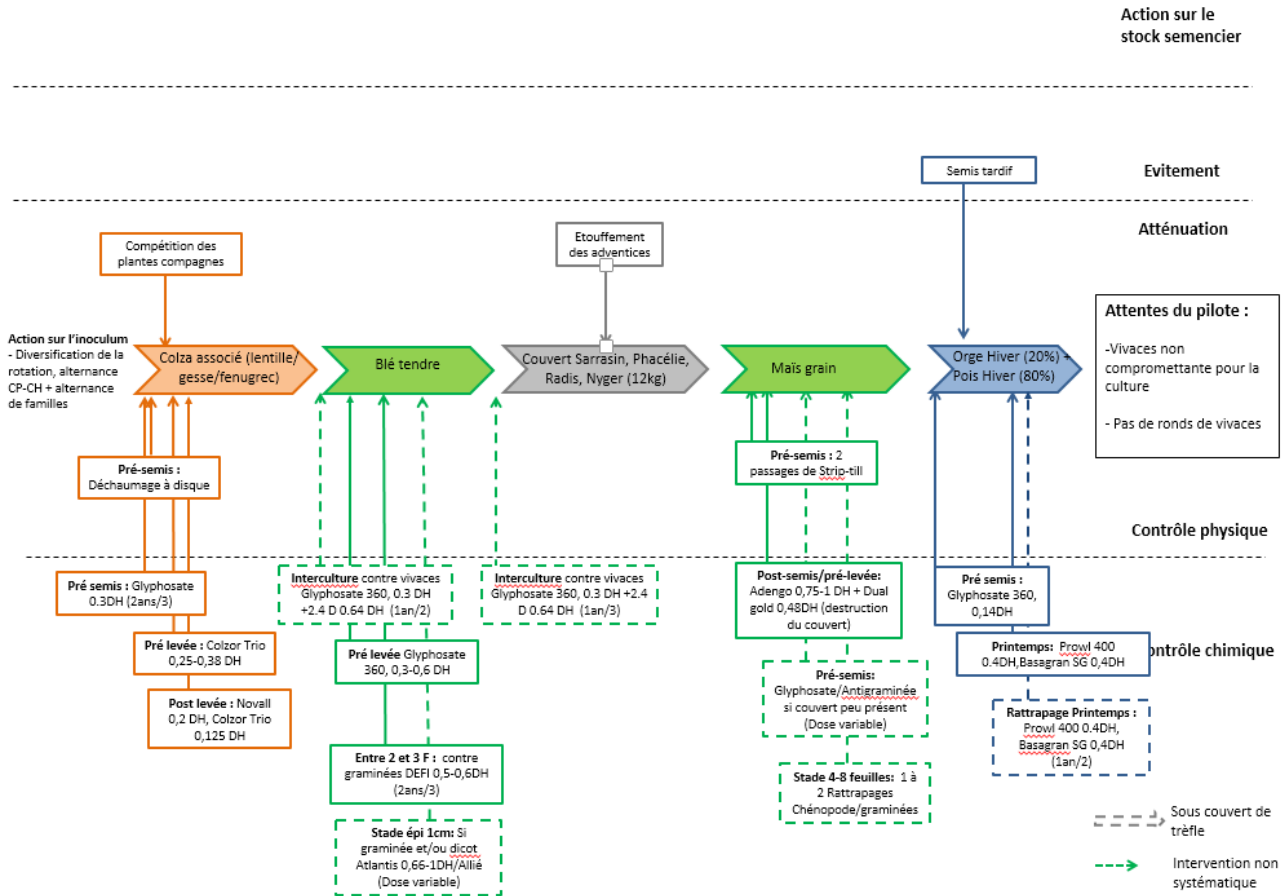
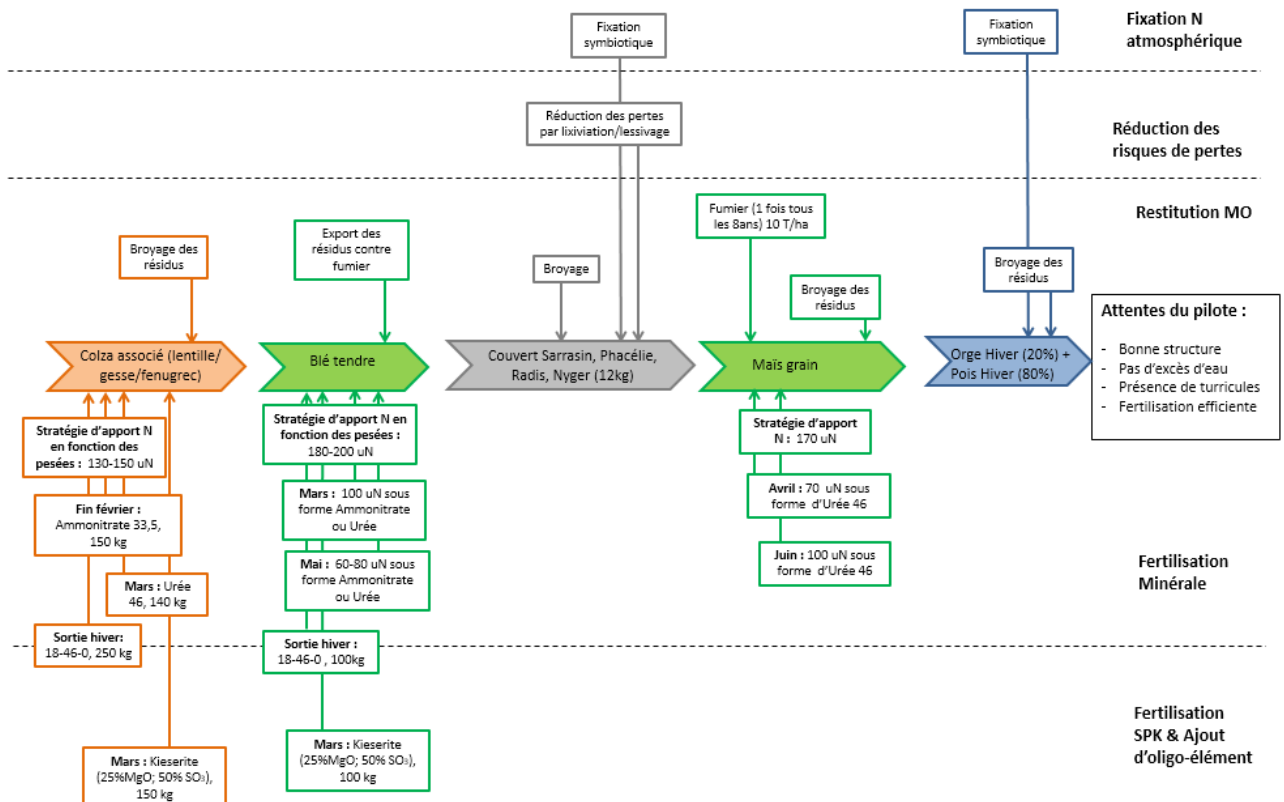


Schéma décisionnel de la stratégie de maîtrise de l'alimentation NPK



Stratégies de gestion du système sous couverts

Schéma décisionnel de la stratégie de maîtrise des adventices sous couvert de trèfle blanc

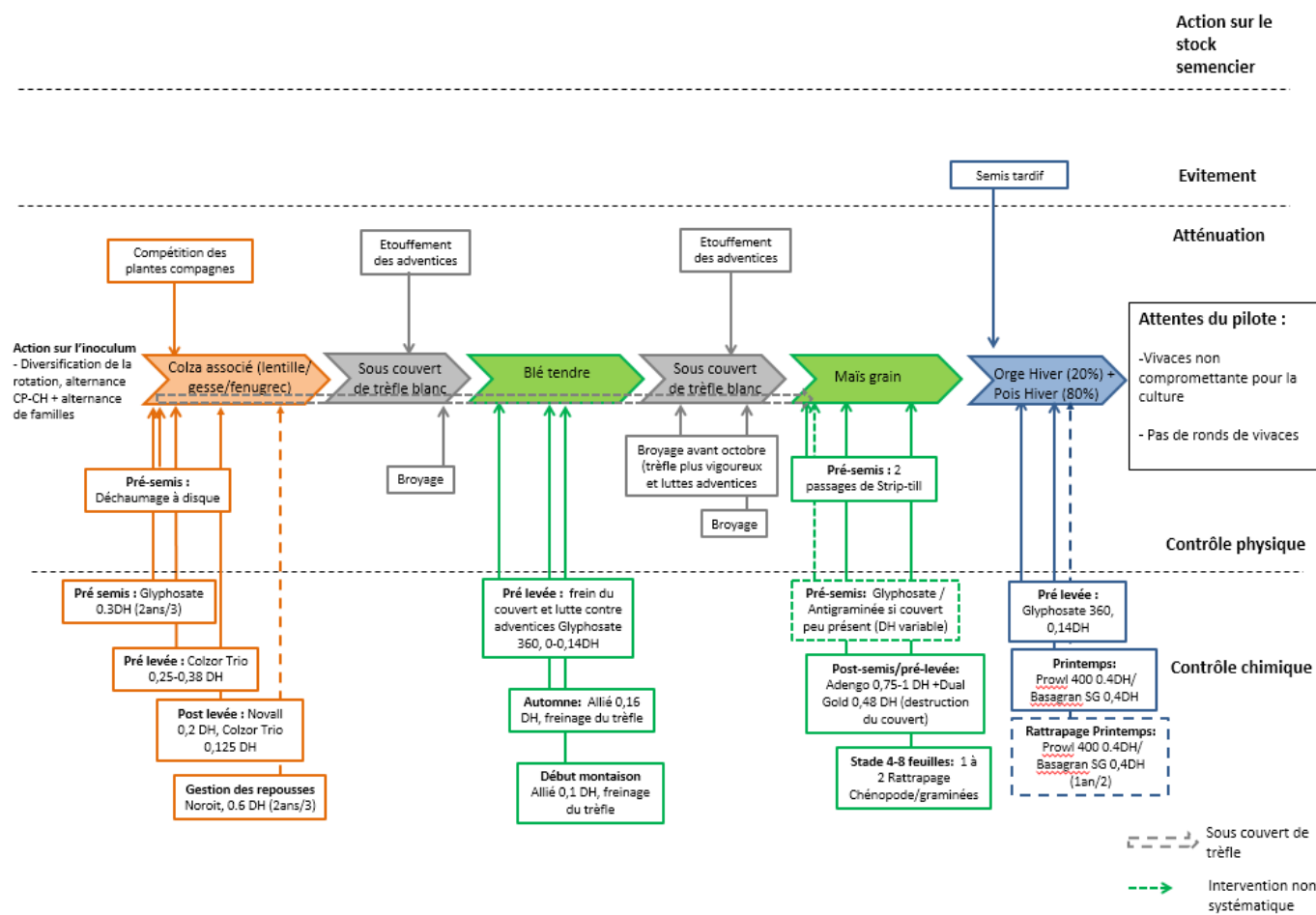
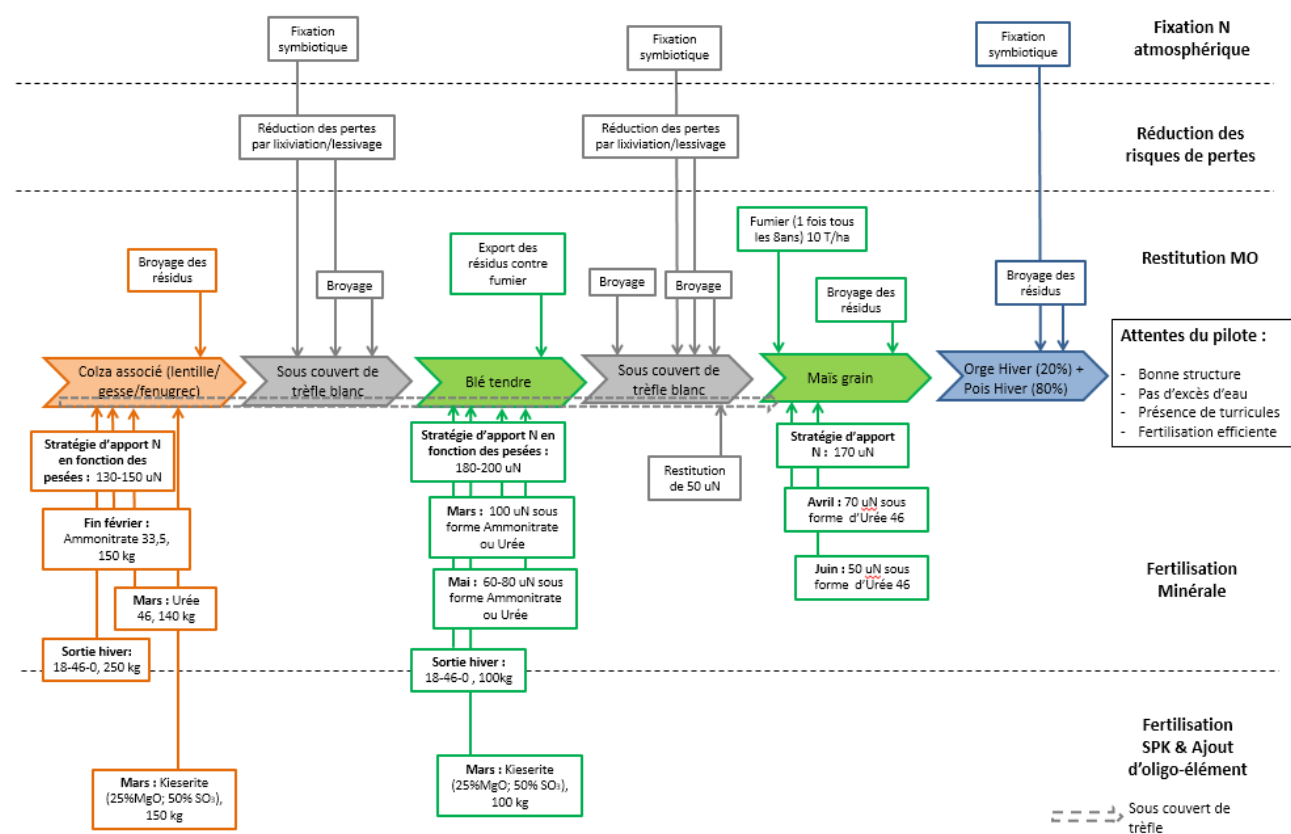


Schéma décisionnel de la stratégie de maîtrise de l'alimentation NPK sous couvert de trèfle blanc



Le système de cultures pratiqué

Pratiques du système de référence

Cultures Intervention	Colza associé	Blé tendre	Maïs Grain	Association Pois + Orge
Interculture précédent			<ul style="list-style-type: none"> 10/08 Radis 3kg/ha (1an/3) 10/08 Semis de précision Sarrasin, Phacélie, Radis, Nyger (1/4, 1/4, 1/4, 1/4), 12 kg/ha (1an/3) 11/08 Broyeur (1an/3) 20/04 Broyeur (1an/3) 19/01 Rouleau Packer (destruction du couvert par fort gel) (2 ans/3) 	
Travail du sol et Faux-semis	<ul style="list-style-type: none"> 27/08 Déchaumage à disque (2ans/3) 28/08 Herse rotative (1an/3) 		<ul style="list-style-type: none"> 05/04 2 passages de Strip-fill (2 ans/3) ou déchaumeur + herse rotative (2 ans/3) 	<ul style="list-style-type: none"> 06/11 Déchaumage à disque (1an/2)
Semis Variétés	<ul style="list-style-type: none"> 01/09 Semis direct associé ; Colza traité, 35g/m² + Lentille 9 kg/ha - Fenugrec, 9 kg/ha 	<ul style="list-style-type: none"> 14/10 : Semis direct, semences traitées, 145 kg/ha 	<ul style="list-style-type: none"> 19/04 : Semis de précision 5 rangs, semences traitées, 89 000 grains/ha 	<ul style="list-style-type: none"> 17/11 : Semis à la volée Variété orge Etincel, semence de ferme non traitée/non triée 115 kg/ha 23/11 : Semis de précision, variété pois Balltrap, semence de ferme triée non traitée 180 kg/ha
Lutte/ adventices	<ul style="list-style-type: none"> 12/08 : Glyphosate 360, 2,5L (1an/3) 22/08 : Glyphosate 360 2L (1an/3) 02/09 : Glyphosate 360 1L, Colzor Trio 1L 03/10 : Colzor Trio 0,3L, Novall 0,5L 10/11 : Noroit à 0,66L (1an/3) 13/02 : Noroit 0,5L (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> 25/08 : Glyphosate 2L, Chardol 600 0.8L (2ans/4) 14/10 : Glyphosate 2L, Allié 5 g (1an/4) OU Glyphosate 2L, 2.4D 0.5L (1an/4) OU Glyphosate à 4 L (1an/4) 10/11 : Spow 2L, Herbaflex 1L, Carat à 0.16L (2an/4), 01/12 : Carat 0.35 (2an/4), Defi 3L (1an/4), Defi 0.7L (1an/4), Allié 0.012 kg (1an/4) 02/04 : Gratil (anti-rumex) 25g, Axial Pratic 1L (1an/4) 10/04 : Allié 4.5 g (2ans/4), Allié 25 g (1an/4) 18/04 : Tomigan 20 0.45L (1an/4) 	<ul style="list-style-type: none"> 10/08 : Glyphosate 360 3L (1an/3) 05/04 : Glyphosate 360 2,15L (3ans/3), Banvel 4S à 0.5L (1an/3) 15/04 : Glyphosate 360 2L (1ans/3) 20/04 : Adengo 1,5L, Duald Gold 1L (2ans/3) ou Glyphosate 360 1,3L, Duald Gold 1,13L, Merlin Flexx 1,1L (1an/3) 29/05 : Emblem 0.5L + Casper 130 g (2an/3), Camix 0.45 l (1an/3), Banvel 4S (1an/3), Sajon 0.5L (1an/3), maisotrione 0.5L (1an/3) 20/06 : Pampa 0.45L (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> 15/11 : Glyphosate 360 1,8L 23/03 : PROWL 400 1L, BASAGRAN 0,55kg (1an/2) 05/04 : PROWL 400 0.8L, BASAGRAN 0,52kg
Lutte/ maladies	<ul style="list-style-type: none"> 10/04 : Pictor Pro 0,1kg, Prosaro 0,8L (2ans/3) 	<ul style="list-style-type: none"> 22/04 : Cherokee 0,6L 04/05 : Pyros 0,3L Librax 0,45L (2ans/3) et Voxan 0,53L, Acanto 0,1L (1an/3) 20/05 : Tebucur 0,5L (1an/3) 01/06 : Piano 0,5L, Pyros 0,3L (2ans/3) 		<ul style="list-style-type: none"> 23/05 : Fongil FL 1,25L,
Lutte/ insectes	<ul style="list-style-type: none"> 24/10 : Cypermetran 0,05L 20/03 : Clameur 0,05L, Cythrine max 0,04L (1an/3) ou Cyperméthrine 0,4L (1an/3) 29/03 : Mavrick Flo 0,2L, Pyrinex 0,5L (1an/3) 		<ul style="list-style-type: none"> 23/06 : Coragen 0,065L, Profi Cyper Max 0,06L (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> 23/05 Karaté K 1,25L (1an/2)

Lutte/autres		• 17/03 Régulateur C5 1L (1/3)		
Fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> • 19/02 : 18-46-0 222kg (2ans/3) • 24/02 : Ammonitrate 33,5 150kg, Kieserite 150kg • 10/03 : Ammonitrate 33,5 180kg ou Urée 46 155kg 	<ul style="list-style-type: none"> • 15/08 : Marn'or 2.67T (1an/3) • 29/02 : Kieserite 103,5kg • 15/03 : Azote 120 uN : Ammonitrate 33,5 358kg (1an/3) ou Urée 46 258kg (2ans/3) • 06/05 : Ammonitrate 33,5 206kg • 18/05 : Fol'N (N27%, SO3 3.2%, MgO 3%) 40l/ha (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 10/04 : Urée 46 152kg • 01/06 : Urée 46 217kg 	
Récolte	• 05/07 24,4 q/ha	• 21/07 79 q/ha	• 05/10 80,3q/ha	• 26/06 90% pois - 10% orge 26q/ha
Export de résidus				

Pratiques du système sous couvert

Cultures	Colza associé	Blé tendre	Maïs Grain	Association Pois + Orge
Intervention				
Interculture précédent	• 28/08 : Semis du trèfle blanc sous couvert 3 kg/ha		<ul style="list-style-type: none"> • 23/08 : Broyage du couvert de trèfle (2ans/3) • 20/04 : Broyage du couvert de trèfle (2ans/3) 	
Travail du sol et Faux-semis	<ul style="list-style-type: none"> • 27/08 : Déchaumage à disque (2ans/3) • 28/08 : Herse rotative (1an/3) 	• 21/07 Broyeur (1/3)	<ul style="list-style-type: none"> • 05/04 2 passages de Strip-till (2ans/3) ou déchaumeur + herse rotative (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 06/11 Déchaumage à disque • 23/11 Herse rotative (1an/2)
Semis Variétés	<ul style="list-style-type: none"> • 01/09 Semis direct associé • Colza traité, 35 g/m² + Lentille 9 kg/ha - Fenugrec, 9 kg/ha 	• 14/10 Semis direct, semence traitée, Aprilio 145 kg/ha	• 19/04 Semis de précision 5 rangs, semences traitées, 89 000 grains/ha	<ul style="list-style-type: none"> • 17/11 Semis à la volée • Variété orge Etincel, semence de ferme non traitée/non triée 115 kg/ha • 23/11 Semis de précision, variété pois Balltrap, semence de ferme triée non traitée 180 kg/ha
Lutte/adventices	<ul style="list-style-type: none"> • 12/08 Glyphosate 360 2,5L (1an/3) • 22/08 Glyphosate 360 2L (1an/3) • 02/09 Glyphosate 360 1L, Colzor Trio 1L (3ans/3) • 03/10 Colzor Trio 0,3L, Novall 0,5L (2ans/3) • 10/11 Noroit à 0.6L (1an/3) • 13/02 Noroit 0,5L (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 14/10 Glyphosate 1.8L (3ans/4), Allié 5g (1an/4) • 10/11 Ardeur (Allié) à 5 g (3ans/4) • 02/04 Gratil (anti-rumex) 25g (2ans/4), Axial Pratic 1L (1an/4) • 15/04 Allié 4g (3ans/4) • 18/04 Tomigan 20 0.45L (1an/4) 	<ul style="list-style-type: none"> • 15/04 Glyphosate 360 2L (2ans/3) + Banvel 0,5L (1an/3) • 20/04 Adengo 1,5L, Duald Gold 1L (2ans/3) ou Glyphosate 360 1,3L, Duald Gold 1,13L, Merlin Flexx 1,1L (1an/3) • 29/05 Emblem à 0.5 l (3ans/3), Casper à 130 g (2an/3), Camix à 0.45 l (1an/3), Banvel 4S (1an/3), sajon à 0.5L (1an/3), maisotrione à 0.5 L (1an/3) • 04/06 Calibra 0,9L, Rajah 0,9L, Casper 136g (1an/3) ou Pampa 0,45L (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 15/11 Glyphosate 360 1,8L • 23/03 PROWL 400 1L, BASAGRAN 0,48kg (1an/2) • 05/04 PROWL 400 0,75L, BASAGRAN 0,48kg
Lutte/maladies	<ul style="list-style-type: none"> • 10/04 Pictor Pro 0,1kg, Prosaro 0,8L (2ans/3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 22/04 Cherokee 0,6L • 04/05 Pyros 0,3L, Librax 0,45L (2ans/3) et Voxan 0,53L, Acanto 0.1L (1an/3) • 20/05 Tebucur 0,5L (1an/3) • 01/06 Piano 0,5L, Pyros 0,3L (2ans/3) 		<ul style="list-style-type: none"> • 23/05 Fongil FL 1,25L, Karaté K 1,25L (1an/2)
Lutte/insectes	• 24/10 : Cypermetran 0,05L		<ul style="list-style-type: none"> • 23/06 : Coragen 0,065L, Profi Cyper Max 0,06L (1an/3) 	

	<ul style="list-style-type: none"> • 20/03 : Clameur 0,05L, Cythrine max 0,04L (1an/3) ou Cypermethrine 0,4L (1an/3) • 29/03 : Mavrick Flo 0,2L, Pyrinex 0,5L (1an/3) 			
Lutte/autres		<ul style="list-style-type: none"> • 17/03 : Régulateur C5 1L (1an/3) 		
Fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> • 19/02 18-46-0 222kg (2ans/3) • 24/02 Ammonitrate 33,5 150kg, Kieserite 150kg • 10/03 Ammonitrate 33,5 180kg ou Urée 46 155kg 	<ul style="list-style-type: none"> • 15/08 Marn'or 2.67T (1an/3) • 29/02 Kieserite 103,5kg • 15/03 Azote 120 uN : Ammonitrate 33,5 358kg (1an/3) ou Urée 46 258kg (2ans/3) • 06/05 Ammonitrate 33,5 206kg • 18/05 Fol'N (N27%, SO3 3.2%, MgO 3%) 40L/ha (1an/3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 14/08 Marn'or 3T/ha (1an/3) • 10/04 Urée 46 152kg • 01/06 Urée 46 108 kg 	
Récolte	<ul style="list-style-type: none"> • 05/07 27.8q/ha 	<ul style="list-style-type: none"> • 21/07 77.5q/ha 	<ul style="list-style-type: none"> • 05/10 72,3q/ha 	<ul style="list-style-type: none"> • 26/06 90% pois - 10% orge 25q/ha
Export de résidus				



Figure 2 : Repousses de trèfle après la récolte du colza et comparaison au témoin (12 septembre 2016)

RESULTATS ET PERFORMANCES OBTENUS

Les résultats agronomiques sont-ils impactés par la présence d'un couvert permanent de trèfle blanc ?

Pour la culture de colza, le trèfle ne pose jamais problème et permet rapidement d'étouffer toutes repousses et pousses d'adventices et de colza. Des problèmes de levées du colza sont à relevés en 2016, ce qui a conduit au salissement du champ dans les zones mal levées. Pour autant, à la récolte, le trèfle joue pleinement son rôle de contrôle des adventices.

Pour le blé, en 2015, le couvert de trèfles a concurrencé la culture de rente. Il est donc bien présent à la récolte. Un passage d'Allié aura été nécessaire. Pour les 2 autres années, le trèfle est bien régulé et très présent à la récolte, sauf à certains endroits de la parcelle durant l'été 2017. La gestion des adventices au semis est facilitée et entraîne un recours plus faible aux herbicides.

Pour le maïs, la concurrence avec le trèfle a été problématique durant la première année. C'est pourquoi le trèfle fut détruit au semis par la suite. La présence du trèfle a entraîné un retard de végétation et une baisse de 10 000 épis à l'hectare.

Les essais réalisés par ARVALIS – Institut du végétal à Satolas (69) confirment également que le trèfle gardé vivant, même avec un développement maîtrisé, peut vite être très concurrentiel et pénaliser très fortement le rendement du maïs. Le semis au strip-till ne permet pas de maîtriser la croissance du trèfle qui recolonise rapidement le rang et étouffe la culture.

Le semis doit se faire dans un couvert ras désherbé au semis avec le strip-till. Le traitement avec du glyphosate n'est pas recommandé (effet limité dans le temps, même avec une dose forte de 1080 g/ha). Cette technique (désherbage au semis et semis au strip till) a été adoptée par la suite.

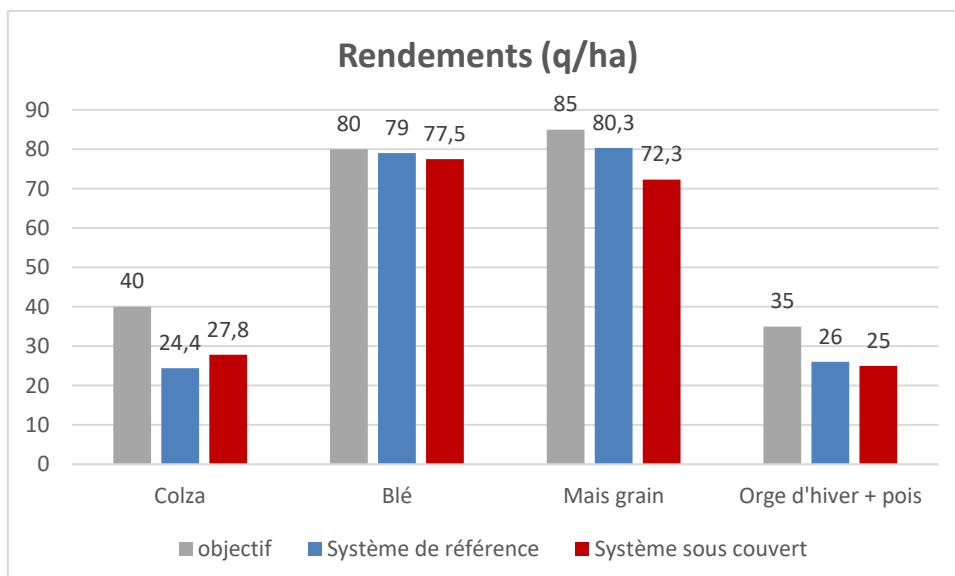
En 2018, les résidus de trèfles ont pénalisé la levée du maïs sans pour autant pénaliser le rendement.

Avec le couvert de trèfles, la gestion des adventices et du couvert est plus délicate lors du semis de maïs, ce qui entraîne des interventions supplémentaires de travail du sol et/ou d'herbicides.

Résultats techniques ?

Dans le système de référence, ainsi que dans le système testé, les rendements obtenus sont décevants (20 % de moins qu'attendu pour le colza, 10 % de moins pour le maïs et 30 % de moins pour l'association orge + pois), à l'exception du blé qui dépasse de 10 % le rendement attendu. Les rendements obtenus sont similaires dans les deux systèmes, à l'exception d'un écart de 10 quintaux sur le maïs en défaveur du système sous couvert de trèfle.

Les premiers résultats d'essais montrent qu'il est possible de maintenir les niveaux de rendements, voire de les améliorer en colza. Pour les cultures de printemps, cela semble plus difficile.



Performances économiques, environnementales et sociales

Les performances du système de référence

Les logiciels CRITER/MASC ont été utilisés pour analyser cette étude. Le logiciel CRITER (développé par l'INRA et le RMT systèmes de cultures innovants) permet de caractériser la performance de Système de Cultures par le calcul d'indicateurs nécessaires à l'évaluation multicritère via MASC 2.0.

Critères	Unité	Cultures				Moyenne SdC
		Colza	Blé tendre	Maïs grain	Orge + pois	
Marge brute sans DPU	€/ha/an	421.18	1038.73	565.85	160.56	546.58
Charges de mécanisation	€/ha/an	172.3	206.61	219.13	130.22	182.07
Marge semi-nette sans DPU	€/ha/an	248.88	832.11	346.69	30.34	364.51
Risque toxicité	/	4.99	5.08	2.66	3	3.93
IFT herbicides		1.85	3.38	3.87	1,69	2,70
Dont glyphosate (DH à 3l)		0.82	1	1.41	0.6	0.96
IFT hors herbicides		4,08	2,7	1,33	0,92	2.26
Pertes produits phytosanitaires (eaux de surfaces)	Note/10	9.33	9.5	9.09	9,14	9,27
Pertes produits phytosanitaires (eaux profondes)	Note/10	7.52	8.09	7.72	7.02	7,59
Pertes produits phytosanitaires (air)	Note/10	8,59	7.71	8.33	5.53	7.54
Consommation énergétique totale	GJ/ha/an	10.82	14.01	18.2	2.44	11.37
Consommation énergétique (mécanisation)	GJ/ha/an	2.08	2.01	3.19	1.71	2,25
Consommation énergétique (fertilisation)	GJ/ha/an	8.04	10,85	10,68	0	7,39
Consommation énergétique (produits phytosanitaires)	GJ/ha/an	0,7	1.15	1.12	0,73	0,93
Efficience énergétique	/	5.52	12.84	6.63	15.79	8.77
Quantité d'azote minérale apportée	kg/ha/an	142,82	198,9	169,74	0	127,87
Maîtrise des émissions de NH₃	Note/10	9,57	9,1	6,26	10	8,73
Maîtrise des émissions de N₂O	Note/10	7,81	6,99	7,74	7	7,39
Maîtrise du statut organique	Note/10	10	10	10	10	10

Les performances du système sous couvert

Critères	Unité	Cultures				Moyenne SdC
		Colza	Blé tendre	Maïs grain	Orge + pois	
Marge brute sans DPU	€/ha/an	552.74	1084.7	565.62	136.36	584.85
Charges de mécanisation	€/ha/an	174.44	201.26	219.6	142.6	184.48
Marge semi-nette sans DPU	€/ha/an	378.3	883.81	345.99	0	400.37
Risque toxicité	/	4,66	5.33	2	3	3.75
IFT herbicides		1.63	1.35	3.03	1,69	1.93
Dont glyphosate		0.83	0.45	0.59	0.6	0.62
IFT hors herbicides		4,08	2,7	1,33	0,92	2.26
Pertes produits phytosanitaires (eaux de surfaces)	Note/10	9.33	9.5	9.09	9,14	9.32
Pertes produits phytosanitaires (eaux profondes)	Note/10	7.54	8.82	7,73	7,01	7,78
Pertes produits phytosanitaires (air)	Note/10	8,59	9.44	8,34	5,64	8,00
Consommation énergétique totale	GJ/ha/an	10,82	12,78	14.46	3	10.27
Consommation énergétique (mécanisation)	GJ/ha/an	2,12	2,03	3,23	2,26	2,41
Consommation énergétique (fertilisation)	GJ/ha/an	8,04	10,38	7	0	6.36
Consommation énergétique (produits phytosanitaires)	GJ/ha/an	0.66	0.37	0,72	0,74	0,62
Efficacité énergétique	/	6,29	13,89	8.07	12.35	9.72
Quantité d'azote minérale apportée	kg/ha/an	142,82	191,67	111.32	0	111.45
Maîtrise des émissions de NH ₃	Note/10	9,57	9,13	7.83	10	9.13
Maîtrise des émissions de N ₂ O	Note/10	7,81	7,1	8.49	7	7,6
Maîtrise du statut organique	Note/10	10	10	10	10	10

Le système de culture sous couvert permanent de trèfle permet-il de conserver les performances économiques ?

Dans le contexte de scénario de prix retenu (prix observé en 2019 et 2021 : prix assez élevé du blé, élevé du colza, médian de l'azote et du fuel par rapport aux 10 dernières années), les résultats économiques des deux systèmes sont considérés comme faibles à moyens. Ces résultats mitigés s'expliquent essentiellement par des rendements décevants pour 3 cultures sur 4 (colza, maïs, mélange orge/pois). Pour autant, ils sont similaires, voire légèrement supérieurs pour le système sous couvert. La légère différence de marge brute (585 € sous couvert vs 547 € pour la référence) est due à des charges opérationnelles plus faibles sur le système sous couvert, expliquées par l'économie de 50 u d'azote sur le maïs et la moindre utilisation d'herbicides (notamment glyphosate).

Dans un contexte de flambé des prix du fuel, de l'azote et des cultures observé en 2022, la marge brute, tout comme la marge semi-nette, progresse et la référence et le système sous couvert restent très proches à une dizaine d'euros près.

Les systèmes sous couvert permettent-ils de réduire les pesticides et notamment les herbicides ?

La dépendance aux pesticides peut être évaluée par les IFT (Indice de Fréquence de Traitement = nombre de doses de référence utilisées au cours d'une campagne culturale). Attention ce calcul est réalisé selon différentes méthodes.

Le calcul présenté par le logiciel CRITER n'intègre pas les traitements de semences et utilise une dose homologuée du glyphosate à 360 g de matière active de 3 l/ha.

Les méthodes actuelles intègrent les traitements de semences, utilisent une dose homologuée du glyphosate de 7 l/ha. Pour les autres produits, les doses homologuées peuvent être adaptées à la cible.

L'IFT total du système de référence est inférieur à l'IFT régional de réf GC 2012 et quasi-identique à l'IFT utilisé pour les dépôts des PAEC de référence, calculé lors du dépôt du PAEC Est 71 en 2016.

	Système sous couvert		Système de référence		Réf GC 2012	Réf GC PAEC Est 71
	Avec TS	Hors TS	Avec TS	Hors TS	(hors TS)	(TS compris)
IFT total	4.19	3.43	4.96	4.2	4.55	5

Dans les deux cas étudiés, l'IFT herbicides est plus élevé que l'IFT herbicides régional et le glyphosate représente une part environ égale à 30 % - 35 % de l'IFT herbicides du système.

	Système sous couvert	Système de référence	IFT H réf GC 2012	IFT H réf GC PAEC Est 71
IFT Herbicides	1.93	2.7	1.8	2
IFT Glyphosate	0.62	0.96	-	-

L'IFT du système sous couvert est légèrement inférieur au système de référence (4.19 vs 4.96). L'IFT hors herbicides étant le même pour les deux systèmes, la différence porte uniquement sur l'IFT herbicides et s'explique par un passage de glyphosate en moins avant maïs (0.8 IFT H d'écart entre maïs référence et maïs sous couvert), un passage d'herbicide en moins sur blé, un passage d'anti-graminées en moins sur certaines parcelles de colza en sortie d'hiver.

Les passages de fongicides se concentrent principalement sur le blé avec en moyenne 2 à 3 passages par an.

Dans notre expérimentation, la mise en place du système sous couvert n'a pas vraiment permis de supprimer systématiquement le glyphosate. Sur la parcelle SC1, un seul glyphosate dans la succession sur le blé au 16/10 à 1.75 l/ha et un sur OH-Pois au 09/11, alors que le témoin en a eu sur toutes les cultures.

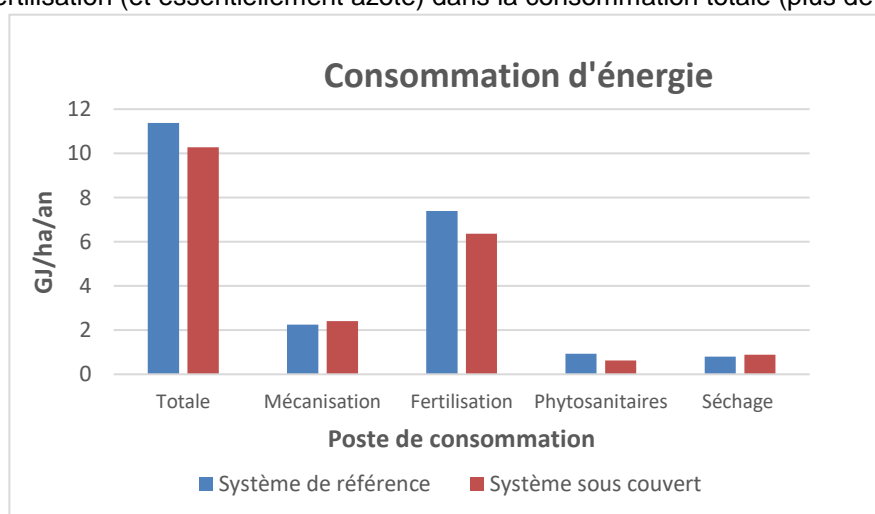
Quels impacts des systèmes sous couvert permanent de trèfle sur la consommation énergétique ?

Dans les deux systèmes, la consommation en énergie est considérée comme moyenne même si elle est légèrement faible pour le système sous couvert (10.27 GJ/ha/an vs 11.37 GJ/ha/an pour la référence). Cet indicateur prend en compte l'énergie du fuel utilisé et l'énergie nécessaire à la fabrication des fertilisants, des produits phytosanitaires et au séchage des grains. Globalement, l'absence d'apport d'azote sur le mélange Orge d'hiver-Pois d'hiver impacte positivement la consommation énergétique à l'échelle du système.

Il faut noter la part très importante de la fertilisation (et essentiellement azote) dans la consommation totale (plus de 60 %). Le système sous couvert, avec sa présence de légumineuse, est donc naturellement plus économe (restitution de 50 unités d'azote/hectare sur la culture de maïs).

La consommation énergétique liée à la mécanisation est très légèrement supérieure dans le système sous couvert (passages liés au broyage du couvert).

La consommation totale du système sous couvert représente 1 GJ/ha/an de moins que pour le système de référence. Cette baisse n'est pas négligeable, surtout au vu de l'augmentation du coût de l'énergie.



Quels impacts des systèmes sous couvert permanent de trèfle sur les paramètres environnementaux ?

Les différentes émissions de polluants sont évaluées à l'aide d'un indicateur dont les valeurs sont comprises entre 0 (risque maximal pour l'environnement) et 10 (risque nul). La valeur recommandée est de 7 et correspond à un risque minimum qui peut être atteint de manière réaliste en appliquant les recommandations de la production intégrée.

■ Risques de pertes de matières actives dans le milieu

Pour les deux systèmes, la maîtrise des pertes de matières actives est satisfaisante pour tous les compartiments (dans les eaux superficielles, dans les eaux souterraines et dans l'air). En effet, la note est toujours supérieure à 7.

Dans le détail, la maîtrise des pertes en eaux superficielles est très bonne et ce, quelle que soit la culture de la rotation. Les systèmes sans labour limitent les pertes vers les eaux superficielles (couverture du sol et matières organiques), ce qui explique ce bon résultat. La maîtrise est moyenne à forte en eaux profondes (pas d'impact du non labour sur ce paramètre) et dans l'air. Toutefois, il existe un risque de pertes dans l'air élevé pour l'association Orge d'hiver - Pois d'hiver à cause de la pendiméthaline du PROWL 400 et du chlorothalonil du DORIMAT (aujourd'hui interdite pour cette dernière, et facilement remplaçable par une autre matière active phytosanitaire, voire un produit de biocontrôle), qui sont deux matières actives très retrouvées dans l'air et moyennement en eau profonde. La bentazone est une matière active qu'on retrouve souvent en eau souterraine et pour laquelle la firme a émis des préconisations particulières.

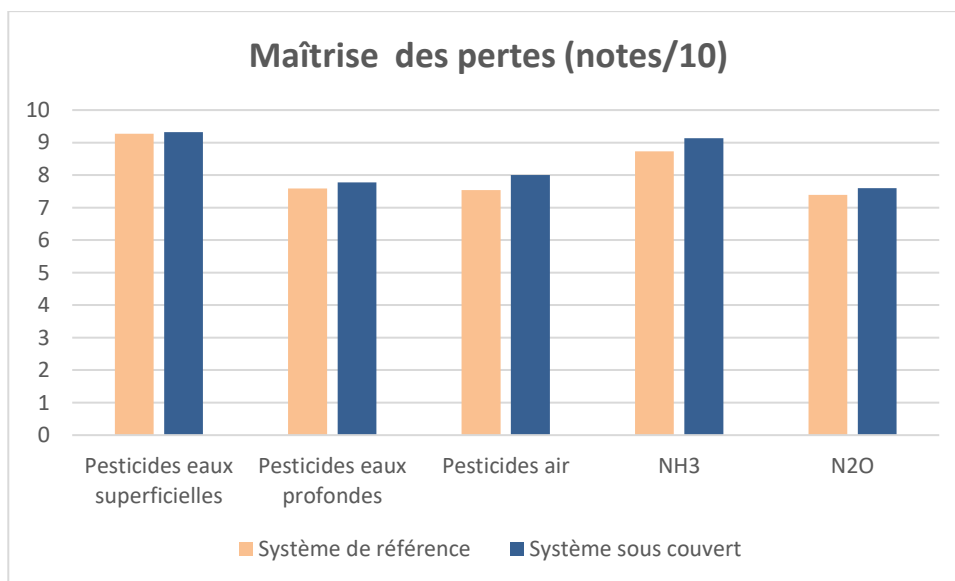
■ Risques liés aux émissions de NH₃ et N₂O

NH₃ : La quantité d'azote volatilisé sous forme ammoniacale est limitée dans les deux systèmes. La maîtrise est moyenne à élevée dans le système de référence et elle est très élevée dans le système sous couvert (uniquement grâce à la moindre fertilisation azotée apportée sur maïs).

N₂O : Le protoxyde d'azote est l'un des 3 gaz en cause dans les émissions de gaz à effet de serre en France par l'agriculture.

En grandes cultures, les principales émissions de GES proviennent des engrais azotés (émission de CO₂ pour la fabrication et émissions de N₂O à l'épandage) pour près de 75 %, et le second poste viendrait du travail du sol. Dans les sols, les processus d'émission de N₂O par dénitrification augmentent avec l'humidité, le manque d'aération, l'acidité, la teneur en carbone organique et la présence de mulch en surface. Finalement, dans les essais conduits en France, les émissions de N₂O sont en moyenne peu affectées par le travail du sol.

La maîtrise des émissions de protoxyde d'azote est moyenne à élevée et est quasi-équivalente entre les deux systèmes. Là encore, la maîtrise un peu meilleure pour le système sous couvert est liée aux moindres apports d'azote sur maïs.



Le type de système a-t-il une influence sur des paramètres d'ordre social (temps de travail, toxicité ...) ?

D'un point de vue plus social, le système sous couvert n'entraîne pas de surcharge de travail. L'agriculteur a constaté une réduction de 50 % de ses temps de semis lorsqu'il les effectuait en semis direct.

Quelle durabilité globale pour les systèmes sous couvert de trèfle blanc nain ?

Trente-huit critères sont utilisés pour caractériser la durabilité globale des systèmes de culture. Une note est donnée pour chaque valeur. Ces critères sont classés selon la dimension à laquelle ils contribuent : économique, sociale, environnementale.

Durabilité du système de référence

2 / 4	Rentabilité (50%)			3 / 4	Résultats économiques de l'exploitation (33%)	4 / 5	Dimension Économique (33%)	5 / 7	Contribution au développement durable
3 / 4	Indépendance économique (50%)	4 / 4	Autonomie économique (50%)	3 / 4	Capacité productive à long terme (33%)				
4 / 4	Effizienz économique (50%)	4 / 4		2 / 4					
2 / 4	Maîtrise du statut acido-basique du sol (33%)		Maîtrise de la fertilité physico-chimique (50%)	2 / 4	Contribution au développement économique (33%)				
1 / 4	Maîtrise de l'état structural du sol (33%)	1 / 4		4 / 4					
1 / 4	Maîtrise de la fertilité phosphopotassique (33%)		Maîtrise des bioagresseurs (50%)	3 / 4	Satisfaction des attentes de la société (50%)				
2 / 4	Maîtrise des maladies et ravageurs (50%)	3 / 4		3 / 4					
3 / 4	Maîtrise des adventices (50%)	3 / 4		4 / 4	Satisfaction des attentes de l'agriculteur (50%)				
3 / 3	Qualité sanitaire (80%)	4 / 4	Qualité des produits (80%)	4 / 4					
3 / 3	Qualité technologique et esthétique (20%)	4 / 4		4 / 4	Contribution à la qualité de l'eau (33%)				
1 / 3	Contribution à l'émergence de nouvelles filières (20%)			1 / 4					
2 / 4	Contribution à l'emploi (50%)			3 / 4	Contribution à la qualité de l'air (33%)				
4 / 4	Fourniture de matières premières (50%)		Facilité de mise en œuvre (50%)	1 / 4					
2 / 4	Complexité des itinéraires techniques (70%)	2 / 4		4 / 4	Pression sur les ressources (33%)				
2 / 3	Temps de veille technico-économique (30%)	2 / 4		3 / 4					
3 / 3	Surcharge de travail (20%)	3 / 3	Qualité des conditions de travail (50%)	1 / 4	Contribution à la qualité du milieu (33%)				
1 / 3	Risque pour la santé de l'applicateur (40%)	1 / 4		4 / 4					
3 / 3	Difficulté physique (40%)		Préservation de la qualité du sol (33%)	4 / 4	Conservation de la biodiversité (33%)				
3 / 4	Eaux profondes (50%)	4 / 4	Maîtrise des pertes pesticides (33%)	3 / 4					
4 / 4	Eaux superficielles (50%)	4 / 4	Contribution à la qualité de l'eau (33%)	4 / 4	Pression Eau (33%)				
4 / 4	Maîtrise des pertes de NO ₃ (33%)	4 / 4		2 / 4					
3 / 4	Maîtrise des pertes de P (33%)	3 / 4	Contribution à la qualité de l'air (33%)	3 / 4	Pression Énergie (33%)				
3 / 4	Maîtrise des émissions de NH ₃ (30%)	3 / 4		4 / 4					
3 / 4	Maîtrise des émissions de N ₂ O (40%)	3 / 4		4 / 4	Conservation des insectes volants (40%)				
3 / 4	Maîtrise des émissions de pesticides dans l'air (30%)	3 / 4		4 / 4					
4 / 4	Maîtrise acc. éléments tox. (35%)	4 / 4	Préservation de la qualité du sol (33%)	4 / 4	Conservation de la macrofaune (25%)				
4 / 4	Maîtrise du statut organique (30%)	4 / 4		3 / 4					
4 / 4	Maîtrise de l'érosion (35%)	4 / 4		3 / 4	Conservation de la macrofaune du sol (60%)				
3 / 3	Conso. eau d'irrigation en période critique (70%)	4 / 4	Pression Eau (33%)	4 / 4					
3 / 3	Dépendance vis à vis de la ressource en eau (30%)	4 / 4		4 / 4	Abondance floristique (50%)				
2 / 3	Consommation en énergie (50%)	3 / 4	Pression Énergie (33%)	4 / 4					
2 / 3	Effizienz énergétique (50%)	2 / 4		4 / 4	Diversité floristique (50%)				
4 / 4	Pression Phosphore (33%)	4 / 4		4 / 4					
3 / 4	Conservation des insectes volants (40%)	4 / 4	Conservation de la macrofaune (25%)	3 / 4	Conservation de la flore (50%)				
4 / 4	Conservation de la macrofaune du sol (60%)	4 / 4		4 / 4					
2 / 4	Abondance floristique (50%)	2 / 4	Conservation de la flore (50%)	3 / 4	Conservation des micro-organismes (25%)				
2 / 4	Diversité floristique (50%)	2 / 4		4 / 4					
3 / 4	Conservation des micro-organismes (25%)	3 / 4		4 / 4					

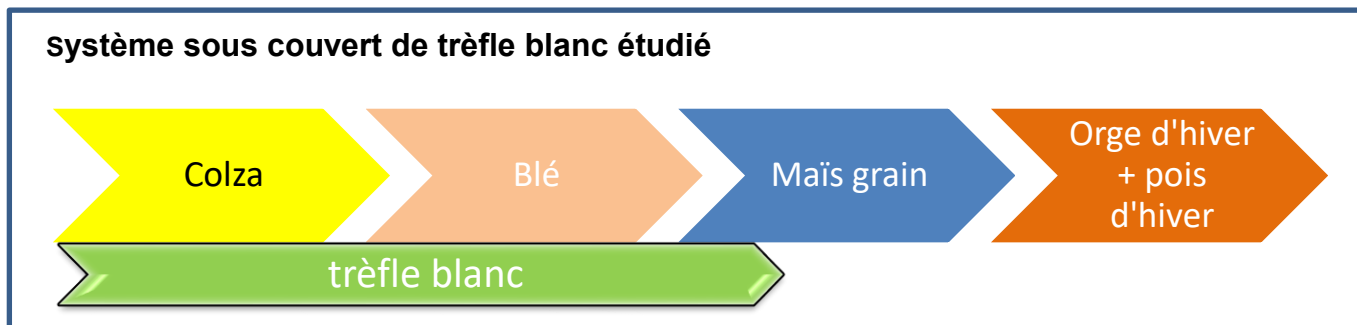
Durabilité du système en semis sous couvert de trèfle nain

2 / 4	Rentabilité (50%)			3 / 4	Résultats économiques de l'exploitation (33%)	4 / 5	Dimension Économique (33%)	5 / 7	Contribution au développement durable
4 / 4	Indépendance économique (50%)	4 / 4	Autonomie économique (50%)	3 / 4	Capacité productive à long terme (33%)				
4 / 4	Effizienz économique (50%)	4 / 4		2 / 4					
2 / 4	Maîtrise du statut acido-basique du sol (33%)		Maîtrise de la fertilité physico-chimique (50%)	2 / 4	Contribution au développement économique (33%)				
2 / 4	Maîtrise de l'état structural du sol (33%)	1 / 4		4 / 4					
1 / 4	Maîtrise de la fertilité phosphopotassique (33%)		Maîtrise des bioagresseurs (50%)	3 / 4	Satisfaction des attentes de la société (50%)				
2 / 4	Maîtrise des maladies et ravageurs (50%)	3 / 4		3 / 4					
3 / 4	Maîtrise des adventices (50%)	3 / 4		4 / 4	Satisfaction des attentes de l'agriculteur (50%)				
3 / 3	Qualité sanitaire (80%)	4 / 4	Qualité des produits (80%)	4 / 4					
3 / 3	Qualité technologique et esthétique (20%)	4 / 4		4 / 4	Contribution à la qualité de l'eau (33%)				
1 / 3	Contribution à l'émergence de nouvelles filières (20%)			1 / 4					
2 / 4	Contribution à l'emploi (50%)			3 / 4	Contribution à la qualité de l'air (33%)				
3 / 4	Fourniture de matières premières (50%)		Facilité de mise en œuvre (50%)	1 / 4					
2 / 4	Complexité des itinéraires techniques (70%)	2 / 4		4 / 4	Pression sur les ressources (33%)				
2 / 3	Temps de veille technico-économique (30%)	2 / 4		3 / 4					
3 / 3	Surcharge de travail (20%)	3 / 3	Qualité des conditions de travail (50%)	1 / 4	Contribution à la qualité du milieu (33%)				
1 / 3	Risque pour la santé de l'applicateur (40%)	1 / 4		4 / 4					
3 / 3	Difficulté physique (40%)		Préservation de la qualité du sol (33%)	4 / 4	Conservation de la biodiversité (33%)				
3 / 4	Eaux profondes (50%)	4 / 4	Maîtrise des pertes pesticides (33%)	3 / 4					
4 / 4	Eaux superficielles (50%)	4 / 4	Contribution à la qualité de l'eau (33%)	4 / 4	Pression Eau (33%)				
4 / 4	Maîtrise des pertes de NO ₃ (33%)	4 / 4		2 / 4					
3 / 4	Maîtrise des pertes de P (33%)	3 / 4	Contribution à la qualité de l'air (33%)	3 / 4	Pression Énergie (33%)				
4 / 4	Maîtrise des émissions de NH ₃ (30%)	3 / 4		4 / 4					
3 / 4	Maîtrise des émissions de N ₂ O (40%)	3 / 4		4 / 4	Conservation des insectes volants (40%)				
3 / 4	Maîtrise des émissions de pesticides dans l'air (30%)	3 / 4		4 / 4					
4 / 4	Maîtrise acc. éléments tox. (35%)	4 / 4	Préservation de la qualité du sol (33%)	4 / 4	Conservation de la macrofaune (25%)				
4 / 4	Maîtrise du statut organique (30%)	4 / 4		3 / 4					
4 / 4	Maîtrise de l'érosion (35%)	4 / 4		3 / 4	Conservation de la macrofaune du sol (60%)				
3 / 3	Conso. eau d'irrigation en période critique (70%)	4 / 4	Pression Eau (33%)	4 / 4					
3 / 3	Dépendance vis à vis de la ressource en eau (30%)	4 / 4		4 / 4	Abondance floristique (50%)				
2 / 3	Consommation en énergie (50%)	3 / 4	Pression Énergie (33%)	4 / 4					
3 / 3	Effizienz énergétique (50%)	2 / 4		4 / 4	Diversité floristique (50%)				
4 / 4	Pression Phosphore (33%)	4 / 4		4 / 4					
3 / 4	Conservation des insectes volants (40%)	4 / 4	Conservation de la macrofaune (25%)	3 / 4	Conservation de la flore (50%)				
4 / 4	Conservation de la macrofaune du sol (60%)	4 / 4		4 / 4					
2 / 4	Abondance floristique (50%)	2 / 4	Conservation de la flore (50%)	3 / 4	Conservation des micro-organismes (25%)				
2 / 4	Diversité floristique (50%)	2 / 4		4 / 4					
4 / 4	Conservation des micro-organismes (25%)	3 / 4		4 / 4					

On ne note pas de différences sur la durabilité globale du système sous couvert à ce stade, avec très peu de différences significatives au niveau des différents critères étudiés.

Conclusion

Le système sous couvert de trèfle blanc paraît intéressant, mais n'a pas permis d'atteindre tous les objectifs.



La première difficulté identifiée est l'impossibilité de garder le trèfle vivant dans le maïs grain sans fortement pénaliser le rendement du maïs. En comparant les résultats au système de référence à celui sous couvert, on observe une baisse de rendement de 10 quintaux sur la récolte de maïs.

La gestion du couvert étant délicate, les premières années ont impacté les rendements. Depuis, la gestion s'étant affinée, l'agriculteur espère atteindre ses objectifs. En effet, une meilleure gestion du couvert permettra de réduire cet écart.

De plus, les rendements obtenus n'étant pas en adéquation avec les objectifs attendus, l'agriculteur a remplacé la culture de Pois + Orge par du triticale.

L'objectif de réduction de 50 % d'utilisation d'herbicides sur la partie sous couvert n'est pas atteint. En effet, seule une baisse de 16 % (0.32 point d'IFT herbicides) est constatée.

Les pistes de travail identifiées dans ce système à l'issue des 6 premières années d'expérimentation sont les suivantes :

- Réussir à maintenir le trèfle au cours de l'été. Des pistes comme le sur-semis aux endroits où le trèfle n'est plus assez présent sont envisagées.
- Adapter la régulation du trèfle avec du metsulfuron-méthyl au type de sol. Une dose de 3 g/ha de spécialité commerciale étant largement suffisante pour des sols sableux, alors qu'il faudrait monter jusqu'à 6 g/ha dans les sols argileux. Un double passage est envisagé pour réguler le couvert. Un premier passage à 3 g/ha dans toute la parcelle, puis un second à une dose plus faible aux endroits où le trèfle est encore trop vigoureux.
- Au niveau de la fertilisation sur blé, l'agriculteur envisage de fertiliser ses cultures plus tôt qu'en conventionnel pour que celui-ci puisse concurrencer plus facilement le trèfle.
- La culture du colza étant en fort recul dans notre département (sol trop sec au semis et/ou difficultés de maîtrise des insectes d'automne), la culture du tournesol peut se substituer au colza. Des premiers essais en 2021 ont montré qu'il était possible de semer le trèfle blanc en même temps que le semis de tournesol (début avril) en 2 passages de semoir. Le tournesol est ensuite désherbé uniquement avec des produits à base d'imazamox (PULSAR 40, ...), sélectif du trèfle (il est donc indispensable d'implanter des variétés de tournesol tolérantes à ces herbicides, de type Clearfield © ou Clearfield +©).

Action réalisée dans le cadre du programme régional de recherche & expérimentation en grandes cultures GO COPSLEG des Chambres d'Agriculture de Bourgogne Franche-Comté avec le soutien financier de

