

01. Système de référence optimisé

02. TCS

03. SD

04. MAX

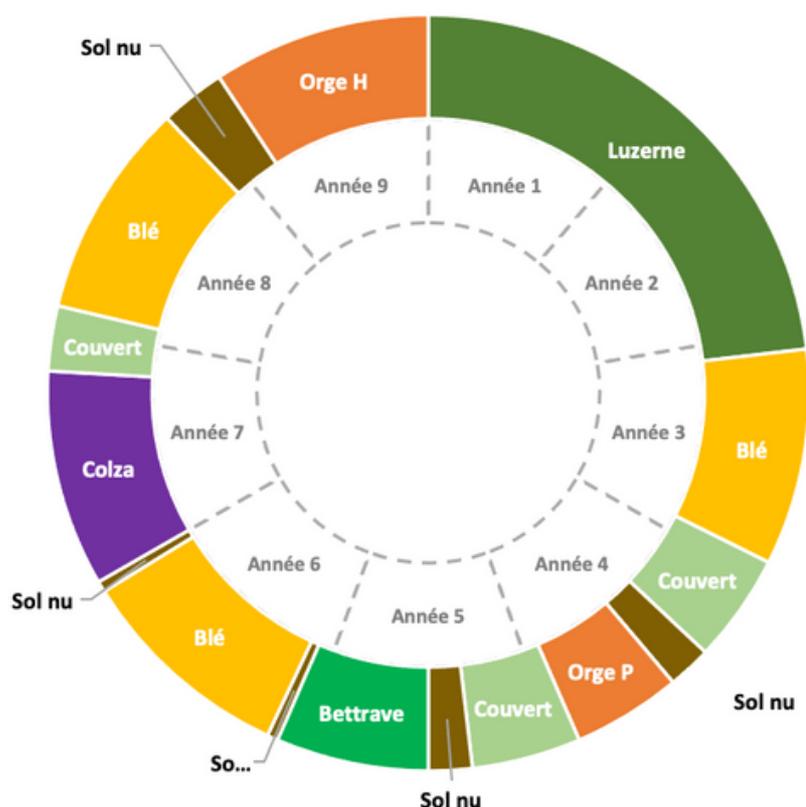
05. Auto'n

a. Les objectifs généraux des essais système

Répartis sur une surface de 220 ha, les essais systèmes, au nombre de 5, sont à taille réelle et liés à une rotation de cultures de 7 à 9 ans. Ils doivent permettre de répondre à 3 enjeux : réduire la dépendance aux énergies fossiles, être durable et garantir une productivité ainsi qu'une qualité similaire ou supérieure aux valeurs actuelles.

b. Conduite du système et rotation

L'objectif du système de référence, SDC1, est de reproduire les pratiques les plus représentatives du secteur champenois. Il suit donc les évolutions réglementaires et les optimisations techniques. La rotation s'effectue sur 9 ans et intègre les cultures principales du territoire que sont la luzerne, le blé, l'orge, la betterave et le colza.



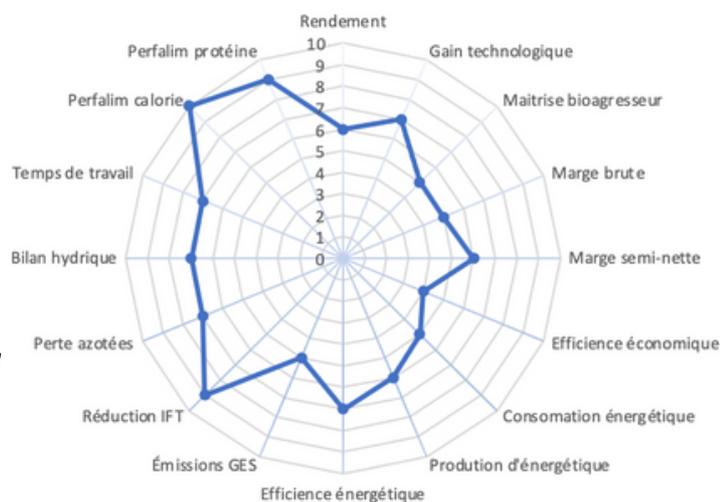
Rotation du système de référence optimisé

c. Indicateur caractéristique : Le gain de rendement

Le gain en rendement est calculé par rapport au rendement moyen annuel de chaque culture dans la zone proche de la ferme expérimentale. Les écarts de gains de rendement peuvent s'expliquer de la façon suivante, une luzerne semée en semis direct dans le SDC2, une mauvaise maîtrise des techniques de semis sous couvert dans le SDC3, les cultures de pois et de tournesol impactées par de forts dégâts de pigeons.

	Système référence	Système TCS	Système couvert permanent	Système biomasse maximum	Système autonomie azotée
	SDC 1 9 ans	SDC 2 9 ans	SDC 3 7 ans	SDC 4 7 ans	SDC 5 9 ans
Rotation (2017-2020)					
Gains moyens par système	4%	8%	-12%	-7%	-1%
Gains moyens par culture					
Luzerne 1	18%	37%	-29%		20%
Luzerne 2	7%	8%	-1%		-12%
Blé 1	8%	5%	-11%	5%	-7%
Blé 2	0%	3%	-1%	6%	15%
Blé 3	-25%	1%	-14%	-5%	
Orge de printemps	9%	-2%	-26%	-5%	10%
Orge d'hiver	15%	7%			8%
Colza	-3%	1%	-1%		
Betterave 1	6%	15%	1%	1%	-11%
Betterave 2			-16%	-16%	
Pois				-37%	
Tournesol					-43%
Chanvre					9%

Critère noté de 0 à 10. Plus la note est haute, plus le critère est positif

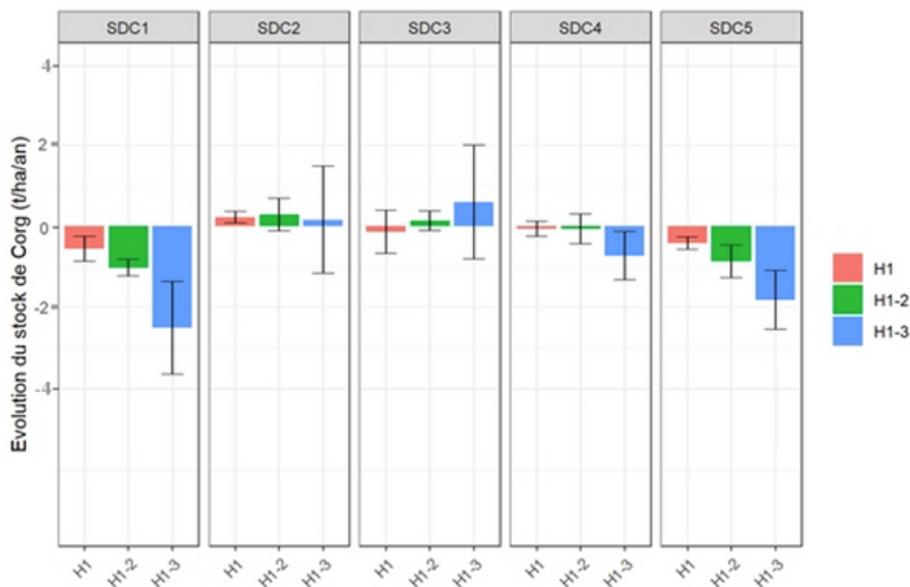


d. Analyse multi-critère

Performances globales du système de référence optimisé

e. Variation du stock de carbone

Le graphique ci-dessous montre l'évolution du stock de carbone présent dans le sol entre 2016 et 2020. Cette évolution est mesurée sur 3 profondeurs de prélèvement : H1 (0 à 10cm), H1-2 (0 à 20cm) et H1-3 (0 à 20 cm). On remarque une forte variabilité d'évolution sur les horizons H1-2 et H1-3. On peut observer une diminution de stock de carbone dans le système de référence, SDC1 et dans le système autonomie azoté, SDC2. On observe en revanche une augmentation du stock pour les systèmes TCS, SDC2, et Couvert permanent, SDC3.



f. Conclusion et perspective

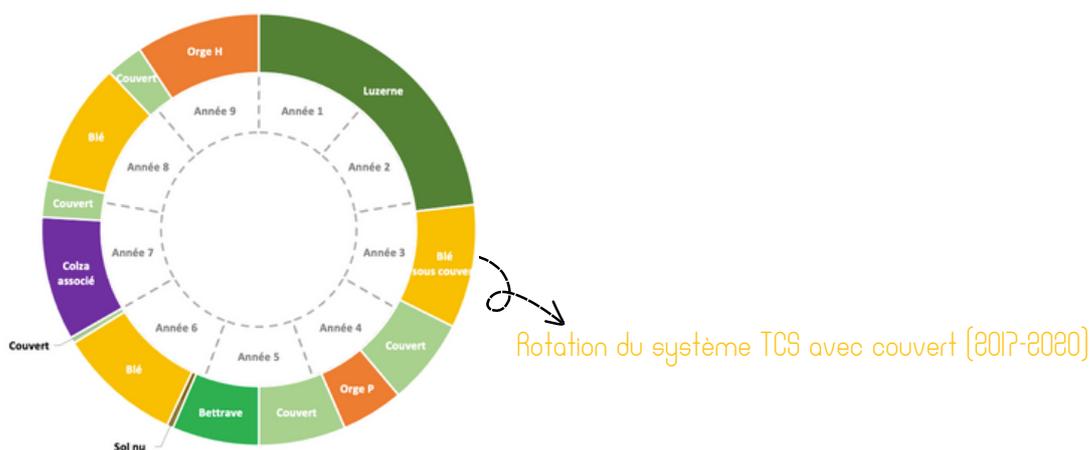
Le système de référence reprenant les pratiques couramment pratiquées dans le secteur champenois est un système adapté à notre secteur. Cependant, il est émetteur de gaz à effet de serre et très dépendant de l'azote minérale. C'est ce système que Terrasolis cherche à améliorer en proposant des solutions techniques permettant d'aller vers une agriculture décarbonée à haut rendement.

a. Les objectifs généraux des essais système

Répartis sur une surface de 220 ha, les essais systèmes, au nombre de 5, sont à tailles réel et liés à une rotation de cultures de 7 à 9 ans. Ils doivent permettre de répondre à 3 enjeux : réduire la dépendance aux énergies fossiles, être durable et garantir une productivité ainsi qu'une qualité similaire ou supérieure aux valeurs actuelles.

b. Conduite du système et rotation

Le système TCS, SDC2, a pour objectif d'améliorer la fertilité des sols en introduisant des couverts d'intercultures plus longs et plus diversifiés ainsi qu'en réduisant le travail du sol. La rotation sur 9 ans est similaire à celle du système de référence et intègre les cultures principales du territoire que sont la luzerne, le blé, l'orge, la betterave et le colza.



c. Les principaux leviers

1) Semis de betteraves au Strip-till

Cette technique permet l'implantation d'une culture en minimisant le travail du sol à la zone de semis. Nous utilisons cette technique pour le semis de betterave. Les chantiers de préparation du sol au strip-till et de semis sont, dans notre cas, réalisés en même temps. Cette technique peut présenter un inconvénient concernant l'implantation si le sol est trop humide (il n'y a pas d'assèchement du sol du au travail du sol) mais donne de meilleur rendement sur 3 années consécutives.

Rendement betterave	2016	2017	2018
ITK classique	108t	110t	75t
ITK strip-till	115t	120t	78t

2) Semis de colza

Le semis de colza associé avec de la lentille a été réalisé avec l'objectif d'insérer une légumineuse dans la rotation et de sécuriser son implantation face aux dégâts de pigeons. Ce levier a été étudié de 2016 à 2019 et a donné de bons résultats sur les dégâts de pigeons cependant, la biomasse de la lentille restait inférieure à 0.5 tMS/ha.

d. Conduite du système et rotation

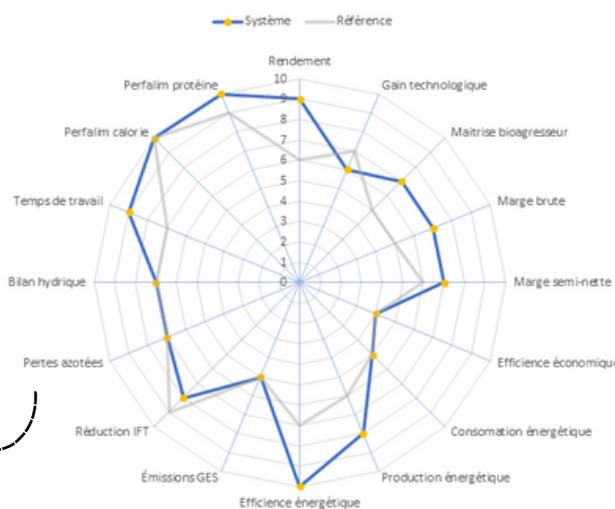
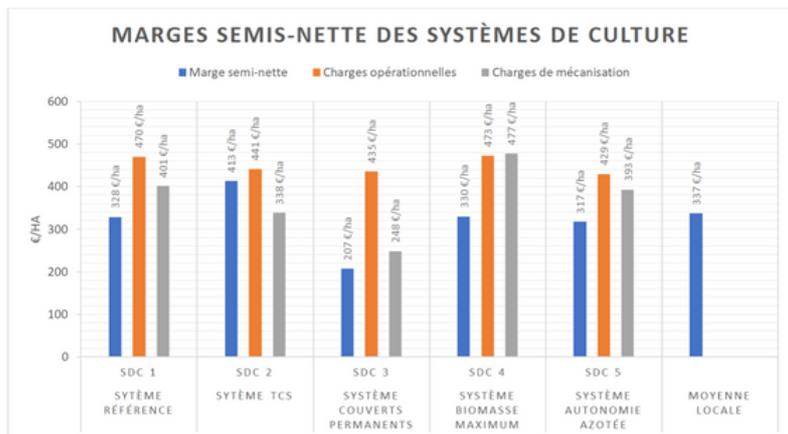
Les marges semis-nettes sont calculées avec les prix réels de chaque année. Elles correspondent au produit des ventes de culture moins les charges de mécanisation et les charges opérationnelles.

Pour les systèmes de culture SDC1, SDC4 et SDC5, la marge semi-nette est similaire à la marge semi-nette du secteur. Le système couvert permanent, SDC3, a une marge inférieure à la moyenne locale de -130€/ha contrairement au système TCS, SDC2, qui a une marge supérieure de +75€/ha

En ce qui concerne les charges opérationnelles, le système couvert permanent et le système autonomie azotée présentent les charges les plus faibles respectivement dû à l'absence de la betterave pour le SDC3 et l'utilisation réduite des produits phytosanitaires et azotés pour le SDC5.

Le système biomasse maximum, SDC4, a la plus forte charge de mécanisation, principalement dû à la betterave contrairement au système couvert permanent qui a la plus faible dû à la suppression du travail du sol.

e. Analyse multi-critère

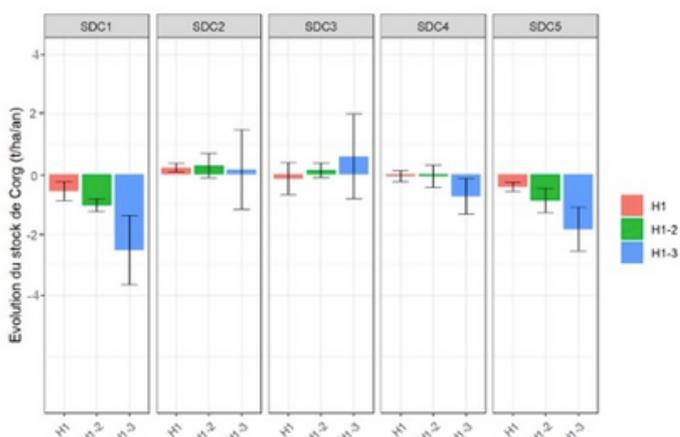


Performances globales du système TCS (2017-2020)

Critère noté de 0 à 10. Plus la note est haute, plus le critère est positif

f. Variation du stock de carbone

Le graphique ci-dessous montre l'évolution du stock de carbone présent dans le sol entre 2016 et 2020. Cette évolution est mesurée sur 3 profondeurs de prélèvement : H1 (0 à 10cm), H1-2 (0 à 20cm) et H1-3 (0 à 20 cm). On remarque une forte variabilité d'évolution sur les horizons H1-2 et H1-3. On peut observer une diminution de stock de carbone dans le système de référence, SDC1 et dans le système autonomie azoté, SDC2. On observe en revanche une augmentation du stock pour les systèmes TCS, SDC2 et Couvert permanent, SDC3.



g. Conclusion et perspective

Le système TCS qui reprend les pratiques du système de référence, en les améliorant par la réduction du travail du sol et l'implantation systématique de couverts d'interculture, est le système le plus adapté aux terres de craie. Cependant, tout comme le système de référence, il est émetteur de gaz à effet de serre et très dépendant de l'azote minérale. Ce système, plus performant d'un point de vue productivité agricole, ne répond pas aux volontés de décarbonation de l'agriculture. L'objectif de Terrasolis est d'améliorer ce système pour aller vers une agriculture décarbonée rentable.

a. Les objectifs généraux des essais système

Répartis sur une surface de 220 ha, les essais systèmes, au nombre de 5, sont à tailles réel et liés à une rotation de cultures de 7 à 9 ans. Ils doivent permettre de répondre à 3 enjeux : réduire la dépendance aux énergies fossiles, être durable et garantir une productivité ainsi qu'une qualité similaire ou supérieure aux valeurs actuelles.

b. Conduite du système et rotation

Le système semis sous couverts permanents, SDC3, a pour objectif d'améliorer la fertilité et la vie des sols avec comme principaux leviers le non travail du sol et la culture sous couvert permanent. La rotation s'effectue sur 7 ans sans cultures sarclées. Elle intègre du colza du blé et de l'orge implantés en semis direct dans un couvert de luzerne ou de trèfle. La luzerne, en plus de servir de couvert, est récoltée sur une période de 2 ans.



Rotation du système semis sous couvert permanent (2017-2020)

c. Les principaux leviers

1) Semis direct sous couvert de trèfle

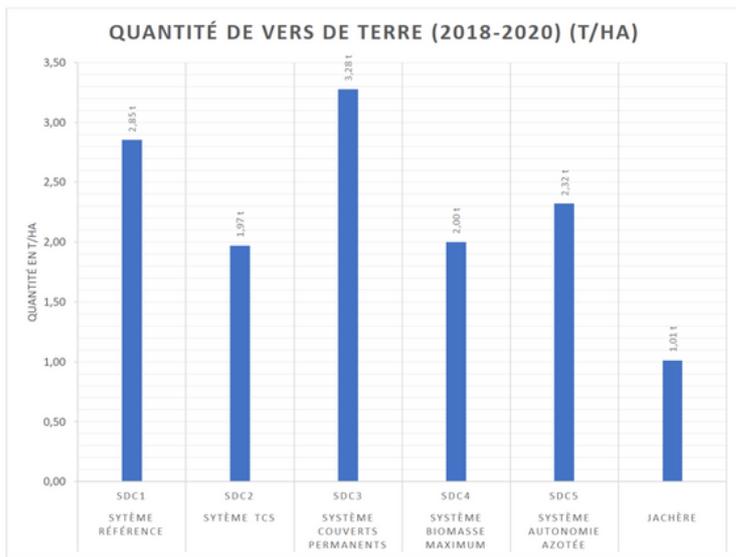
Ce levier concerne les 2 premières années de la rotation. Le trèfle est semé à la même période que le colza pour une durée de 2 ans. Le blé est ensuite semé dans le couvert de trèfle déjà en place. Ce levier présente des résultats annuels aléatoires sur le développement du trèfle, pouvant être très présent après récolte ou totalement absent.

2) Semis direct sous couvert de luzerne

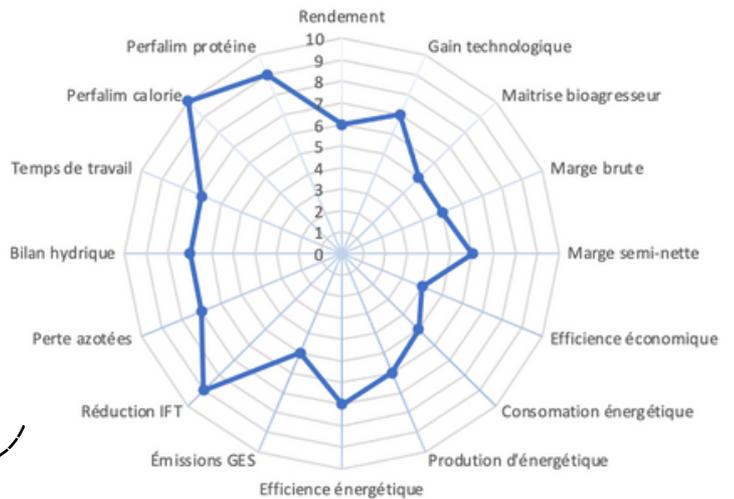
Ce levier a été mis en œuvre pour la culture de blé et d'orge de printemps. Pour le blé, cette technique ne présente pas de problèmes particuliers. La présence de la luzerne est régulée par un herbicide afin ne pas concurrencer le blé. Ce levier a en revanche été plus compliqué à mettre en œuvre avec l'orge de printemps. Il a été observé que la luzerne a plus de chance de disparaître dû à la trop forte concurrence de l'orge et peut être gênée dans sa reprise de végétation après moisson dû aux pailles de céréale.

d. Les indicateurs caractéristiques

La mesure de la quantité de vers de terre est réalisée en prélevant un volume de terre de 40 cm³ (40 x 40 x 40) sur différentes parcelles des systèmes pendant le mois de mars. Le système sous couvert permanent présente une quantité de vers de terre à l'hectare supérieure aux autres systèmes. La quantité de vers de terre est souvent plus importante dans les cultures de luzerne. On notera la faible présence de vers de terre (sur les 40 premiers centimètres) dans les parcelles en jachères.



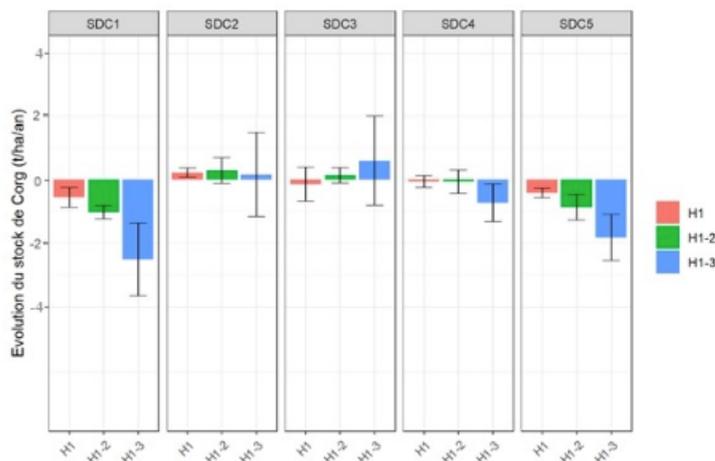
d. Analyse multi-critère



Performances globales des systèmes semis sous couvert permanent (2017-2020)

e. Variation du stock de carbone

Le graphique ci-dessous montre l'évolution du stock de carbone présent dans le sol entre 2016 et 2020. Cette évolution est mesurée sur 3 profondeurs de prélèvement : H1 (0 à 10cm), H1-2 (0 à 20cm) et H1-3 (0 à 20 cm). On remarque une forte variabilité d'évolution sur les horizons H1-2 et H1-3. On peut observer une diminution de stock de carbone dans le système de référence, SDC1 et dans le système autonomie azotée, SDC2. On observe en revanche une augmentation du stock pour les systèmes TCS, SDC2 et Couvert permanent, SDC3.



f. Conclusion et perspective

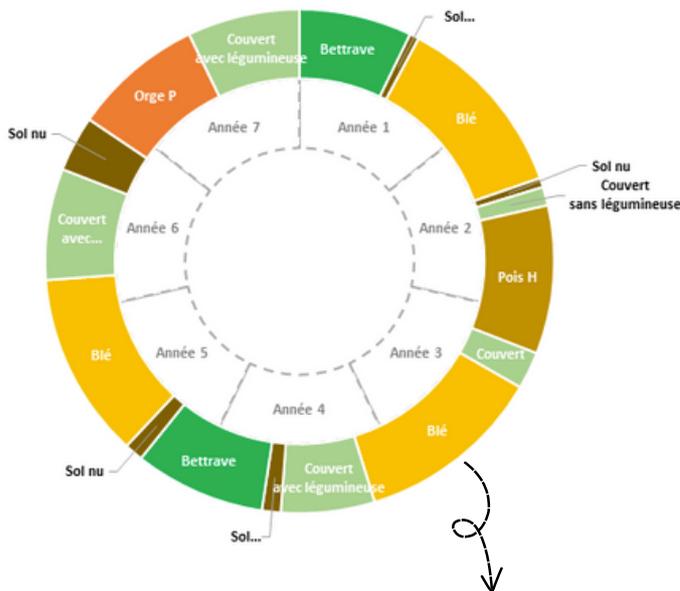
Le système couvert permanent est celui qui a la charge de mécanisation la plus faible et la meilleure biodiversité en ce qui concerne la quantité de vers de terre. Nous pouvons considérer que ce système stock du carbone sous une forme vivante via l'augmentation des micro-organismes du sol. Cependant, ce système demande une certaine technique et un temps de transition pour atteindre, si possible, les mêmes niveaux de rendement et de rentabilité que le système de référence. La plateforme expérimentale de Terrasolis continuera d'étudier ces techniques de couverts permanents en y intégrant d'autres leviers liés à la fertilisation.

a. Les objectifs généraux des essais système

Répartis sur une surface de 220 ha, les essais systèmes, au nombre de 5, sont à tailles réel et liés à une rotation de cultures de 7 à 9 ans. Ils doivent permettre de répondre à 3 enjeux : réduire la dépendance aux énergies fossiles, être durable et garantir une productivité ainsi qu'une qualité similaire ou supérieure aux valeurs actuelles.

b. Conduite du système et rotation

Le système Biomasse maximum, SDC4 (validé par la commission ressource du pôle B4C) a pour objectif de fournir le plus de biomasse possible aux filières agroalimentaires et agroindustrielles. La rotation s'effectue sur 7 ans et intègre du blé, du pois d'hiver, de l'orge de printemps et de la betterave. La maximisation de l'exportation de biomasse se fait principalement par la culture de betteraves, présente 2 fois dans la rotation, et par l'export des pailles de céréales. Les couverts à base de légumineuses ont pour objectifs de limiter les impacts des exportations.



Rotation du système biomasse maximum

c. Les principaux leviers

1) Semis direct sous betterave courte

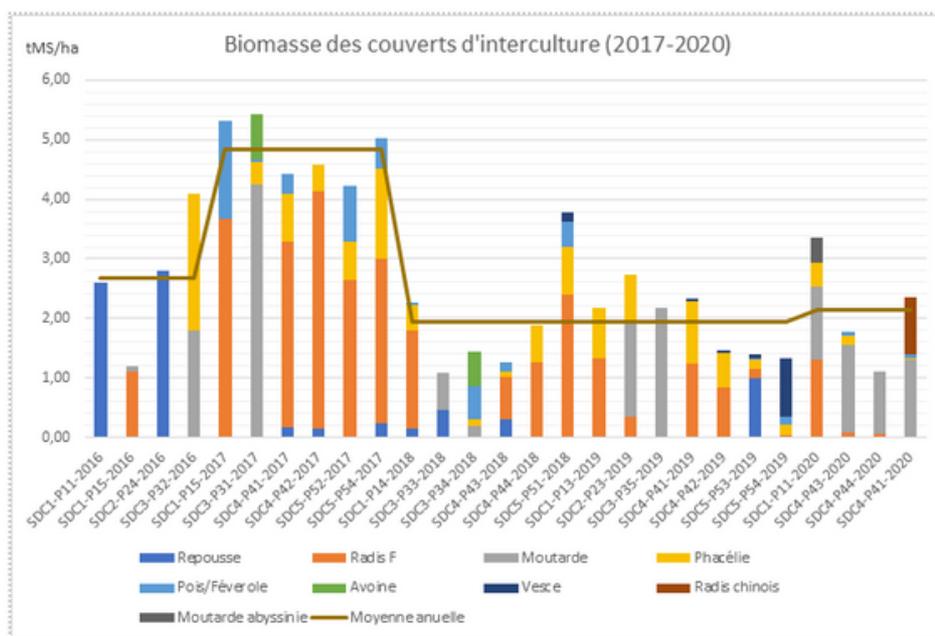
Ce levier a pour objectif d'augmenter la production de biomasse du système. La betterave a été retenue du fait de la situation géographique de la ferme expérimentale, pour permettre la production de sucres à usage alimentaire et non-alimentaire.

2) Couverts d'interculture à forte biomasse

Afin de compenser les exportations du système, une simulation a été réalisée pour connaître la quantité de biomasse nécessaire à produire en interculture pour maintenir le taux de matière organique du sol. Cette simulation, réalisée avec l'outil SIMEOS-AMG, donne une valeur de 4tMS/ha à atteindre avec un couvert d'interculture pour compenser les exportations. De 2016 à 2022, les couverts d'interculture produisent en moyenne 2,8 tMS/ha avec des variations annuelles (principalement dues au climat) allant de 2 tMS/ha à 5 tMS/ha.

d. Indicateur caractéristique: La biomasse des intercultures

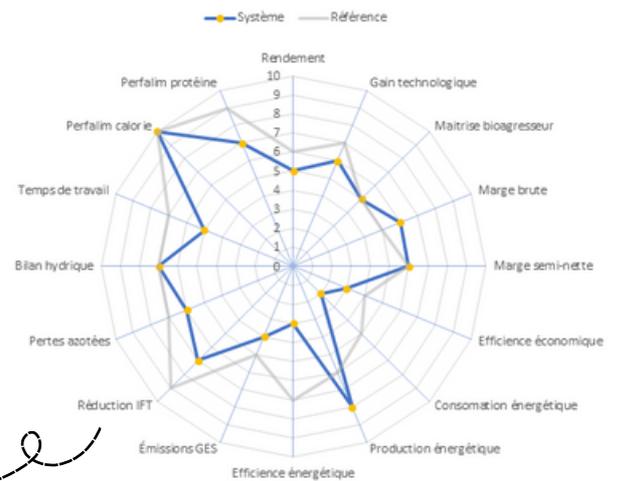
Le graphique ci-dessous correspond aux mesures de biomasse (tMS/ha) sur les parcelles des différents systèmes de 2016 à 2020. L'année 2017 se distingue du fait d'un climat favorable lors de l'implantation.



Les systèmes, de 2016 à 2021, montrent les mêmes résultats en termes de quantité de biomasse produite. On peut cependant noter une biomasse légèrement supérieure pour les systèmes couverts permanent et autonomie azotée.

	Système référence	Système TCS	Système couvert permanent	Système biomasse maximum	Système autonomie azotée
	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
Moyenne biomasse des couverts (2017-2020) (tMS/ha)	2,82	2,77	2,85	2,35	3,15

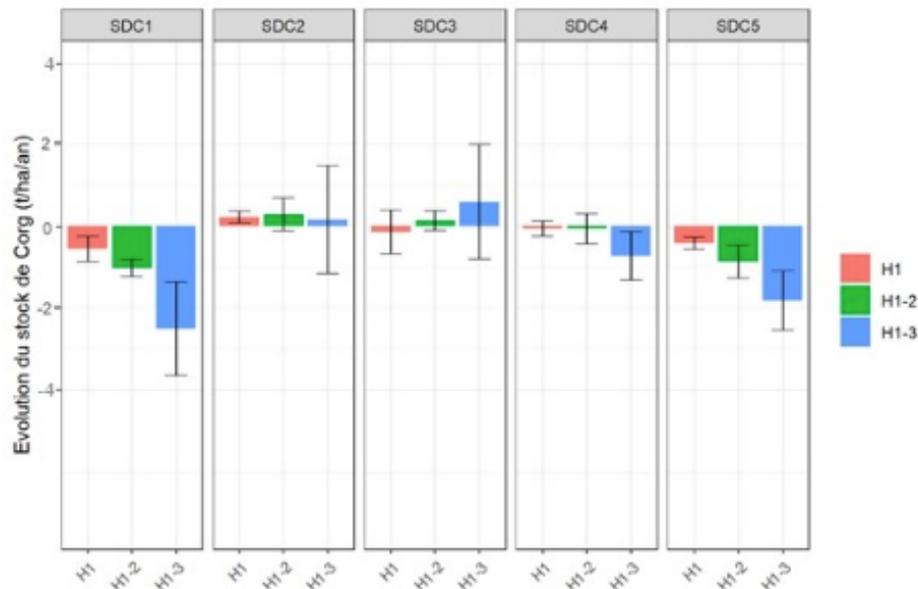
d. Analyse multi-critère



Performances globales des systèmes semis sous couvert permanent (2017-2020)

f. Variation du stock de carbone

Le graphique ci-dessous montre l'évolution du stock de carbone présent dans le sol entre 2016 et 2020. Cette évolution est mesurée sur 3 profondeurs de prélèvement : H1 (0 à 10cm), H1-2 (0 à 20cm) et H1-3 (0 à 20 cm). On remarque une forte variabilité d'évolution sur les horizons H1-2 et H1-3. On peut observer une diminution de stock de carbone dans le système de référence, SDC1 et dans le système autonomie azotée, SDC2. On observe en revanche une augmentation du stock pour les systèmes TCS, SDC2 et Couvert permanent, SDC3.



g. Conclusion et perspective

Le système biomasse maximum est très consommateur d'énergie tant au niveau de la fertilisation qu'au niveau de la mécanisation. Il est de fait très émetteur de gaz à effet de serre. La compensation des exportations n'est viable que s'il est possible d'atteindre une biomasse de couvert d'interculture de 4t. A ce jour cet objectif n'est pas atteint. Le couvert d'interculture est le levier le plus impactant en agriculture bas carbone et continuera d'être étudié sur la ferme expérimentale.

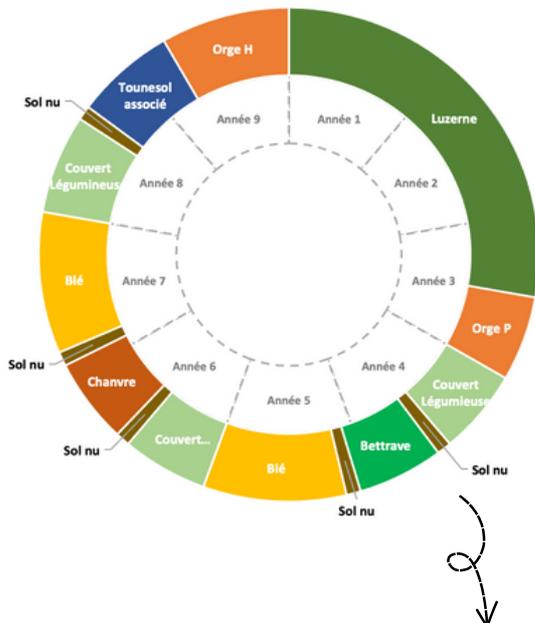
01. REF 02. TCS 03. SD 04. MAX 05. Système Autonomie Azotée

a. Les objectifs généraux des essais système

Répartis sur une surface de 220 ha, les essais systèmes, au nombre de 5, sont à tailles réel et liés à une rotation de cultures de 7 à 9 ans. Ils doivent permettre de répondre à 3 enjeux : réduire la dépendance aux énergies fossiles, être durable et garantir une productivité ainsi qu'une qualité similaire ou supérieure aux valeurs actuelles.

b. Conduite du système et rotation

Le système autonomie azotée, SDC 5, a pour objectif de réduire la consommation en azote minérale de 50% par rapport aux pratiques actuelles. Cette réduction de consommation d'azote minérale permet une réduction directe et indirecte des gaz à effet de serre et améliore l'autonomie en fertilité. La rotation s'effectue sur 9 ans et intègre des cultures productrices d'azote comme la luzerne et les couverts avec légumineuses ainsi que des cultures consommant peu d'azote comme le chanvre et le tournesol.



Rotation du système autonomie azotée (2017-2020)

c. Les principaux leviers

1) Orge de printemps avec précédent de luzerne

Ce levier intervient dans la 3ème année de la rotation. Il consiste, après 2 années de luzerne, à laisser cette luzerne en place après la dernière coupe et de la détruire avant le semis de l'orge de printemps. Cette destruction plus tardive de la luzerne amène une minéralisation d'azote à une période où le sol et la plante le consomment. Cela permet d'éviter des pertes par lixiviation durant l'automne. En 2020, l'orge de printemps a été fertilisée avec 120 uN/ha (contre 180 UN en moyenne). Le rendement était de 86 q/ha avec un taux protéique de 10.3% et un calibrage de 93%.

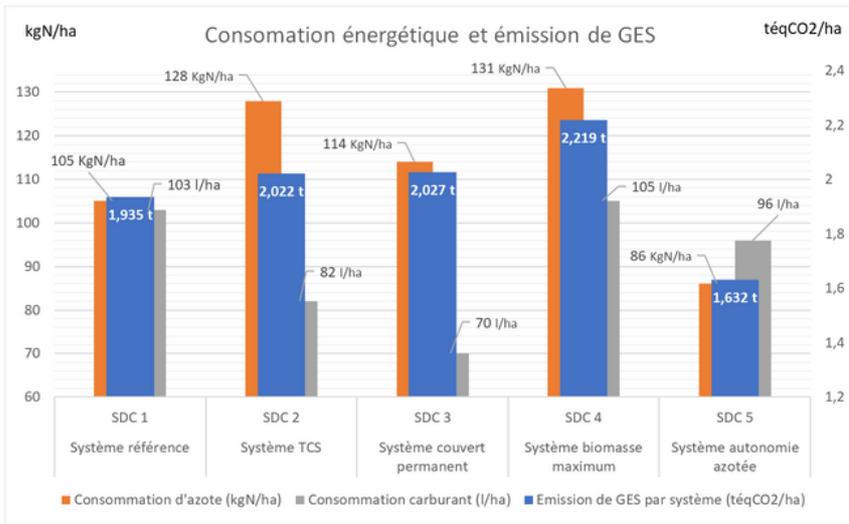
2) Introduction du chanvre

Le chanvre a été introduit pour sa faible consommation en azote. Dans notre système, cette culture nécessite 60 uN/ha pour produire une moyenne de 1.15 t/ha de chènevis et 8 t/ha de paille. Cette culture nécessite du matériel et un savoir-faire spécifique mais reste rentable par rapport à d'autres cultures. Le chanvre permet entre autres de diversifier la rotation et de réduire l'IFT du fait qu'aucun produit phytosanitaire n'est utilisé.

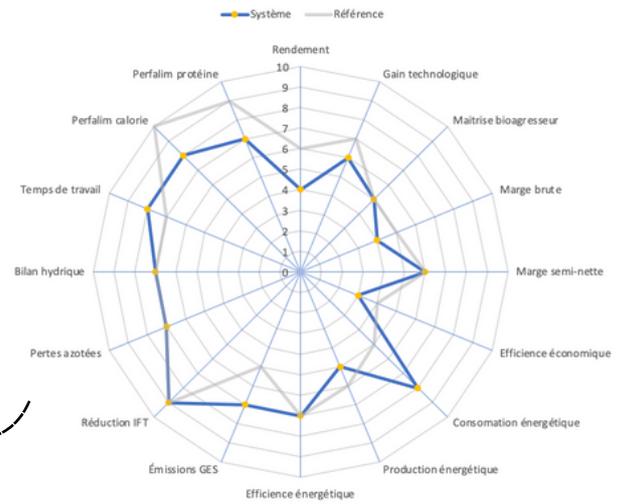
d. Indicateur caractéristique : Les émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre de la ferme expérimentale sont calculées grâce à l'outil d'Arvalis, Systerre®. Le graphique ci-dessous présente la répartition des émissions de GES, la fertilisation et le carburant représente respectivement 75% et 12% des émissions directes (produites au champs) et indirectes (produites lors de la fabrication).

En ce qui concerne les systèmes de culture, le système biomasse maximum est le système le plus émetteur de GES du à une consommation plus élevée d'azote minérale. Contrairement au système autonomie azotée qui a les plus faibles émissions de GES du à la fertilisation azotée réduite.



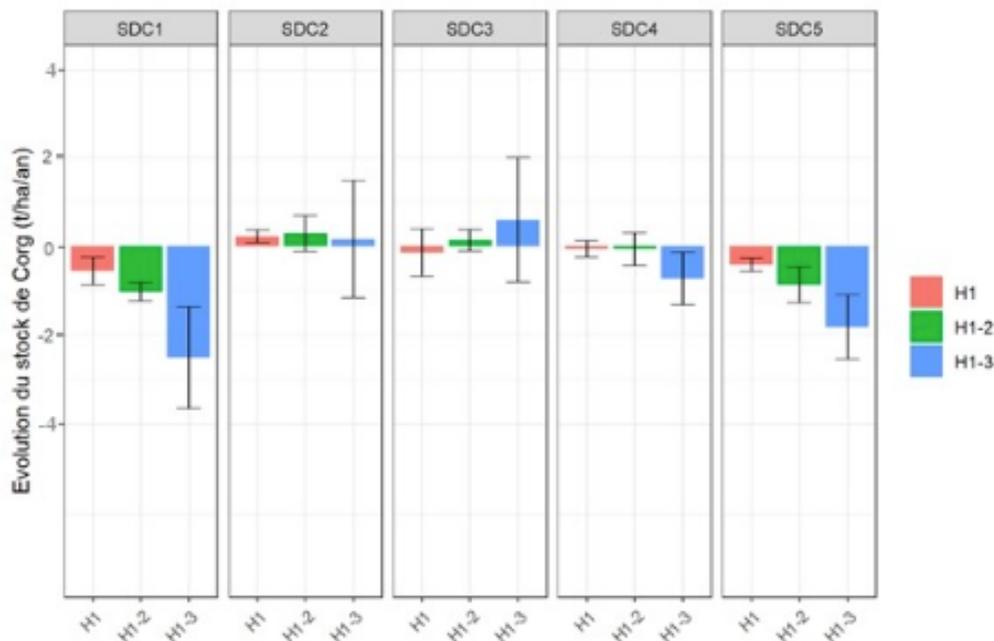
d. Analyse multi-critère



Performances globales des systèmes semis sous couvert permanent (2017-2020)

f. Variation du stock de carbone

Le graphique ci-dessous montre l'évolution du stock de carbone présent dans le sol entre 2016 et 2020. Cette évolution est mesurée sur 3 profondeurs de prélèvement : H1 (0 à 10cm), H1-2 (0 à 20cm) et H1-3 (0 à 20 cm). On remarque une forte variabilité d'évolution sur les horizons H1-2 et H1-3. On peut observer une diminution de stock de carbone dans le système de référence, SDC1 et dans le système autonomie azotée, SDC2. On observe en revanche une augmentation du stock pour les systèmes TCS, SDC2 et Couvert permanent, SDC3.



g. Conclusion et perspective

Le système autonomie azotée présente des résultats intéressants en termes d'émission de GES et de rentabilité. Ce système continuera d'être étudié en y déployant de nouveaux leviers permettant d'optimiser le cycle de l'azote.