

Édition 2021

RAPPORT AGRONOMIQUE

Résultats des expérimentations de Terrasolis Farm



TERRASOLIS

Le pôle d'innovation de la ressource bas-Carbone

CONTEXTE

Dans le cadre de la reconversion de l'ex-BA 112, un projet d'envergure abordant les questions de Recherche-développement-innovation (RD&I) du Grand-Est est né. La volonté et le but de ce dernier est d'aboutir à une recherche finalisée apporteuse de solutions permettant d'intégrer l'utilisateur final, l'agriculteur. Pour gérer ce projet, la profession agricole s'est organisée en fondant un écosystème d'acteurs, traduit au travers de l'association TERRASOLIS.

En quelques mots, Terrasolis c'est le pôle d'innovation de ressource « bas carbone ». Notre ambition réside dans l'accompagnement de la transition bas-Carbone de l'agriculture et des territoires pour répondre aux objectifs de neutralité Carbone 2050. Dans le cadre de nos activités, nous contribuons à la mise en synergie des acteurs pour favoriser l'émergence d'un modèle d'économie circulaire durable et générateur de valeur ajoutée sur les territoires. Pour cela, nous développons des solutions grâce à nos outils opérationnels et complémentaires les uns aux autres (Terrasolis HUB, FARM, ENERGY, PARK) pour une offre complète et le fonctionnement d'un écosystème fiable et optimisé.

#HUB

Initiateur de relations et d'échanges entre les acteurs du territoire pour l'émergence de projets collaboratifs innovants, par le prisme du partage d'expérience et de l'intelligence collective.

#FARM

Démonstrateur à taille réelle d'une exploitation de grandes cultures bas Carbone performante et durable dans un objectif d'augmentation de la productivité de carbone renouvelable (+25%) associée à une réduction d'émissions de gaz à effet de serre issus de carbone fossile (-75%).

#ENERGY

Développeur de solutions de production et de valorisation d'énergies renouvelables à partir de ressources locales pour les acteurs du territoire via la création de CEER, de stations multiénergies et de plateformes numériques.

#PARK

Terre d'accueil d'activités, de sociétés et start-up innovantes en lien avec l'agriculture, les énergies renouvelables et la bioéconomie, proposant une offre origianale d'énergies bas-Carbone.

SOMMAIRE

P4 ZOOM SUR TERRASOLIS FARM

P6 LES SYSTÈMES DE CULTURE

P8 LES ESSAIS ANNUELS

P10 RÉSULTATS

ZOOM SUR

#TERRASOLIS FARM

LES AXES DE TRAVAIL MIS EN OEUVRE



Agronomie et performance des systèmes



Biomasse et transition énergétique



Machinisme et nouvelles technologies



Communication, diffusion et transfert.

LES OBJECTIFS

👉 Terrasolis Farm est la ferme expérimentale de Terrasolis dont les objectifs sont :

✓ Etre le démonstrateur à taille réelle pour innover, développer, construire l'agriculture de l'agriculture « bas carbone » afin de répondre aux objectifs suivants : mutation des systèmes de production, mise en œuvre de l'agro-écologie, transition énergétique, multifonctionnalité, réponse aux enjeux de la bioéconomie...

✓ Etre un outil au service de la recherche, du développement et du transfert

Les travaux de la ferme se sont d'abord concentrés sur l'axe agronomique. Dans ce cadre, sa mission est de concevoir, de mettre en œuvre et d'évaluer des systèmes de culture innovants, en rupture à l'échelle d'une ferme, répondant ainsi aux 3 enjeux suivants :

Assurer la productivité économique des systèmes dans une moindre dépendance aux énergies fossiles.

Prendre en compte les valeurs de durabilité attendues par la société (concept de l'agro-écologie).

Assurer la fourniture de la ressource agricole (carbone renouvelable) en qualité et quantité aux industries de l'aval de la région.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CST :

Pour accompagner et valider les travaux, un premier Comité Scientifique et Technique (CST) est créé. Il se compose des partenaires de la première heure (Chambres d'Agriculture, Coopératives, Recherche). Il s'est étoffé au fil du temps par l'implication de nouveaux partenaires dans l'association.

Démonstrateur à taille réelle :

Avec la volonté de faciliter le transfert des connaissances vers les agriculteurs (cible prioritaire), Terrasolis a fait le choix de créer une véritable exploitation agricole en collaboration avec 6 agriculteurs historiques de la base qui assurent l'ensemble des travaux agricoles sur une surface de 220 ha en grandes parcelles comme le ferait une ferme classique.

Expérimentation systèmes de culture :

Ici, il s'agit bien de travailler à l'échelle du système de culture permettant une approche transversale de l'agriculture. 5 systèmes de culture innovants représentés par des rotations de 7 à 9 ans typique de la Champagne crayeuse, sont aujourd'hui testés. Les SDC sont implantés sur des parcelles de 3 hectares en moyenne et au moins la moitié de la rotation sera présente chaque année, ce qui permet toute à la fois de travailler « en condition agriculteurs » et de suivre une méthodologie scientifique, en particulier en termes d'acquisition de données. L'expérimentation « système » s'inscrit sur des pas de temps longs, tout en veillant à la stabilité et à la constance des objectifs définis. En ce sens, les systèmes sont conduits sur au moins une rotation complète.

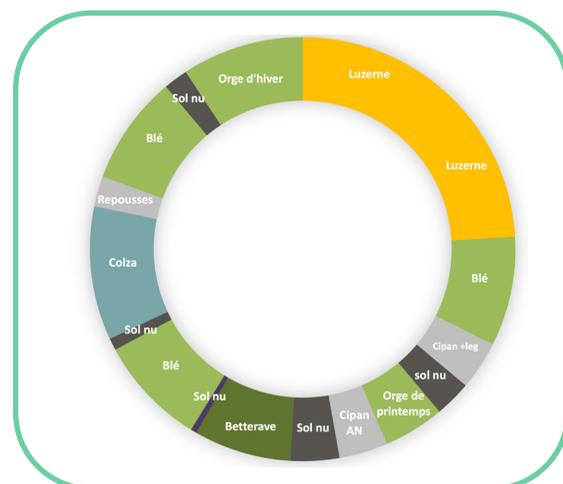
LES SYSTÈMES DE CULTURE

Référence optimisée, TCS et couverts annuels, couvert permanent, biomasse exportée maxi, Auto'N

SDC 1 : Référence optimisée

🕒 **Objectifs** : Prendre en compte les évolutions réglementaires et les optimisations des pratiques actuelles a l'rythme des innovations et du changement agricole général.

✓ **Principe** : reproduire un système témoin qui reprend les pratiques actuelles optimisées (au niveau des itinéraires techniques, de la gestion de l'interculture) tout intégrant, au cours du temps, les évolutions réglementaires, techniques, génétiques... comme le font les agriculteurs.



SDC 2 : TCS et couverts annuels

🕒 **Objectifs** : Améliorer la fertilité du sol et le stockage de carbone par une réduction voire une absence de travail du sol et une plus grande couverture du sol en intercultures.

✓ **Principe** : proposer un système caractérisé par un travail du sol réduit et une couverture du sol annuelle plus importante en intercultures tout en conservant la rotation de référence.

SDC 3 : couvert permanent

🕒 **Objectifs** : ce SDC conserve les mêmes objectifs que le SDC2 mais en franchissant une marche supplémentaire, c'est-à-dire qu'il sera, sauf exception, sans travail du sol (donc sans betterave) et avec une couverture permanente du sol.

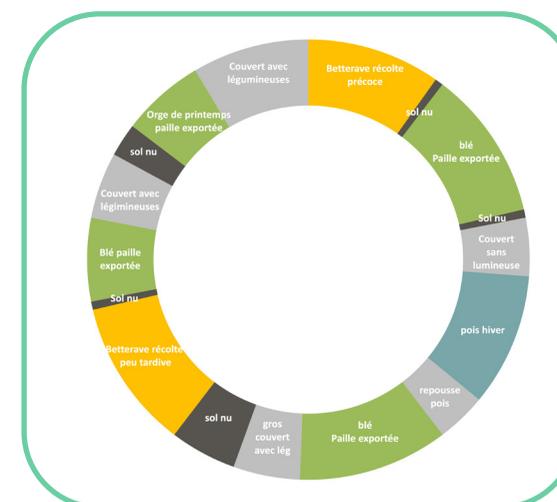
✓ **Principe** : Ce système revient à tester les principes de l'agriculture de conservation des sols en contexte pédoclimatique de Champagne crayeuse.



SDC 4 : Biomasse exportée maxi

🕒 **Objectifs** : Fournir en plus grande quantité les filières avalées tant sur le plan alimentaire que sur le plan non alimentaire

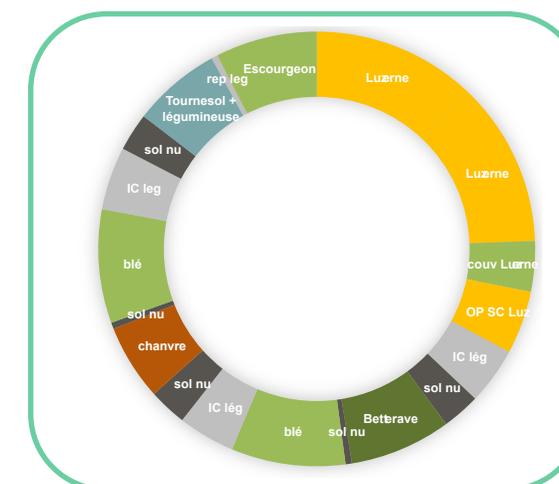
✓ **Principe** : accroître la capacité de production et d'exploitation de carbone renouvelable issue de la biomasse végétale à l'hectare. Validé par la commission ressource du pôle IAR, ce système est orienté vers la production de carbone pour un usage dédié à la saccharification (alimentaire et non alimentaire), c'est à dire produire des sucres de 1ère génération issus de la betterave dont nous maximiserons la présence à l'échelle de la rotation et des sucres de structure ligno-cellulosique (2ème génération) issus des pailles des céréales.



SDC 5 : Auto'N

🕒 **Objectifs** : Introduire un ensemble de leviers techniques et agronomiques pour réduire de moitié la fertilisation azotée minérale à l'échelle du système.

✓ **Principe** : mettre en place un système qui consomme 50% d'azote minéral en moins afin de réduire fortement les quantités de gaz à effet de serre émis.



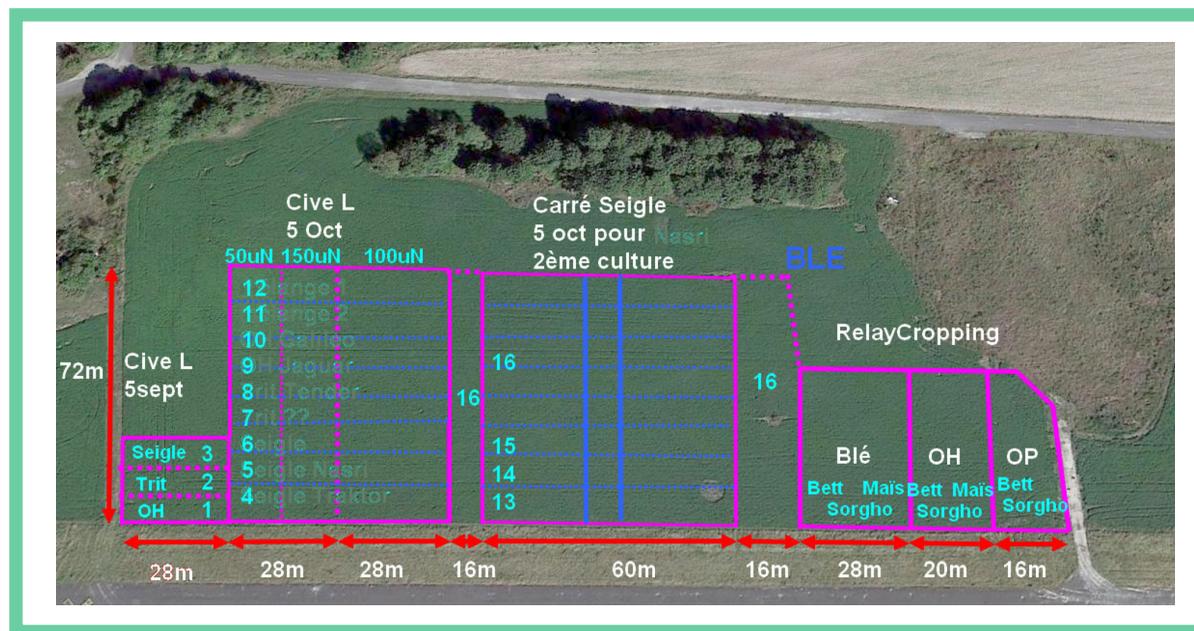
Pour maintenir les objectifs de chaque système dans le temps, des règles de décisions ont été validées pour chacun d'entre eux. Ces règles concernent notamment les cultures et la rotation, la gestion du travail du sol et des résidus, le choix variétal, la gestion de la fertilisation et des traitements phytosanitaires, l'interculture, etc.

#CIVES D'HIVER

LES ESSAIS ANNUELS 2021

Référence optimisée, TCS et couverts annuels, couvert permanent, biomasse exportée maxi, Auto'N

Pour cette campagne, nous avons dédié une parcelle de la ferme (P12) pour réaliser 3 types d'essais annuels : le relay-cropping, les cives d'hiver, les cultures post-cive. Le dispositif est représenté sur la photo aérienne de la parcelle ci-dessous.



#RELAY CROPPING

Dans cette technique, les premières cultures sont représentées par des céréales. Elles sont semées avec un semoir nodet à 15 cm d'écartement

Du blé Chevignon semé le 15 octobre un rang sur trois à 200 gr/m²
 De l'orge d'hiver Faro semé le 15 octobre un rang sur trois à 170 gr/m²
 De l'orge de printemps RGT Planet semée le 9 mars deux rangs sur trois à 200 gr/m²
 Le nombre de pied levé est de 150 pour les orges et de 160 pour le blé.

Les cultures en relais sont semées avec un semoir de précision (NG4+) et strip till à dent étroite de notre fabrication, les deux étant à 45cm d'écartement :

De la betterave semée le 29 mars à 12p/m²
 Du sorgho multicoque semé le 17 avril à 35 gr/m²
 Du maïs semé le 17 avril à 12 p/m²
 Du tournesol semé le 17 avril à 10p/m²

Dans cet essai, 3 types de tests ont été effectués : un essai date de semis, un essai fertilisation et un essai espèces et variétés

Date semis 1 : 8 septembre. Dose d'azote 100 uN
 1 OH Jaguar : 280 gr/m² (PMG 44 : 145 kg/ha)
 2 Triticale Tender : 250 gr/m² (PMG 52 = 156 kg/ha)
 3 Seigle : 235 gr/m² Vitallo
 Densité un peu réduite car semis précoce (-50gr, -50gr, -15gr)
 Prélèvements : 3 dates (5, 15, 25 mai) sur 3 placettes de 2 m²

Date 2 : 15 octobre. 3 doses d'azote : 50, 150 et 100 uN
 4 OH 330 gr/m² : KWS Jaguar : (PMG 44 : 145 kg/ha). Semé 143kg/ha
 5 OH hyb Syngenta Galileo : 180gr/m² (pmg 53, 95kg/ha). Semé 92 kg/ha
 6 Triticale Eurosem Tender : 300 gr/m² (PMG 52 = 156 kg/ha). Semé 156 kg/ha
 7 triticale Desprez Breat 300 gr/m² (pmg 50, 150kg/ha). Semé 157 kg/ha
 8 seigle lignée KWS Vitallo 250 gr/m² (pmg 32, 80 kg/ha). Semé 81 kg/ha
 9 seigle lignée Deleplanque inspector 250 gr/m² (pmg 26, 65 kg/ha). Semé 62 kg/ha
 10 seigle hyb Deleplanque Su Nasri 250gr/m² (pmg 29, 73kg/ha). Semé 77 kg/ha
 11 seigle hyb Kws Progas 250 gr/m² (pmg 36, 90 kg/ha). Semé 89 kg/ha
 12 mélange : jaguar (44kg/ha) + Tender (52 kg/ha) + Vitallo (32 kg/ha)
 13 seigle Traktor 250gr/m² (pmg 27, 68 kg/ha)
 14 seigle Deleplanque SU Arvid 250gr/m² (pmg 30, 75 kg/ha)
 15 mélange méthamix à 120 kg/ha
 16 mélange 72 kg/ha (méthasem)

Les prélèvements sont réalisés à 3 dates (5, 17, 25 mai) sur 2 placettes de 2 m². Deux prélèvements additionnels sont effectués fin avril et début juin uniquement sur les zones fertilisées à 100uN. La fertilisation azotée est la suivante : 1er apport le 15 mars de 50 kg d'azote dans la bande 50uN et de 100 kg d'azote dans les 2 autres bandes 100uN et 150uN. Un 2eme apport de 50kg d'azote est pratiqué 15j après dans la bande 150uN.

#2ème CULTURE APRÈS CIVE D'HIVER

Le seigle est ensilé le 11 mai et le 12 mai les 2ème cultures sont implantées

Les cultures sont les mêmes qu'en 2020 :

- 1 ou 2 tournesol très précoce
- 1 betterave sucrière
- 1 betterave mixte (option)
- 1 à 2 maïs grain précoce
- 1 sorgho grain
- 1 à 2 sorghos fourragers
- Luzerne
- Chanvre très précoce (Uso 31)
- 1 orge de printemps
- 1 couvert dédié à la méthanisation (méthanicou sorgho tournesol)

La fertilisation azotée est la suivante : 1er apport le 15 mars de 50 kg d'azote dans la bande 50uN et de 100 kg d'azote dans les 2 autres bandes 100uN et 150uN. Un 2eme apport de 50kg d'azote est pratiqué 15j après dans la bande 150uN.

#DOUBLE RÉCOLTE

Cette technique n'est pas mise en place sur la parcelle 12 ; elle est réalisée directement dans deux autres parcelles de la ferme (une orge d'hiver en P 15 et un blé en P 12bis). Dans cette technique, il s'agit de récolter une première fois la culture en ensilage puis de la laisser repousser pour la récolter une deuxième fois en grain. L'ensilage est réalisé autour du stade 3 nœuds et au stade épiaison sur des placettes de 4m². la mesure du rendement est réalisée sur 1m² au centre de la placette initiale de 4m².La fertilisation des placettes reste la même que celle de la culture classique.

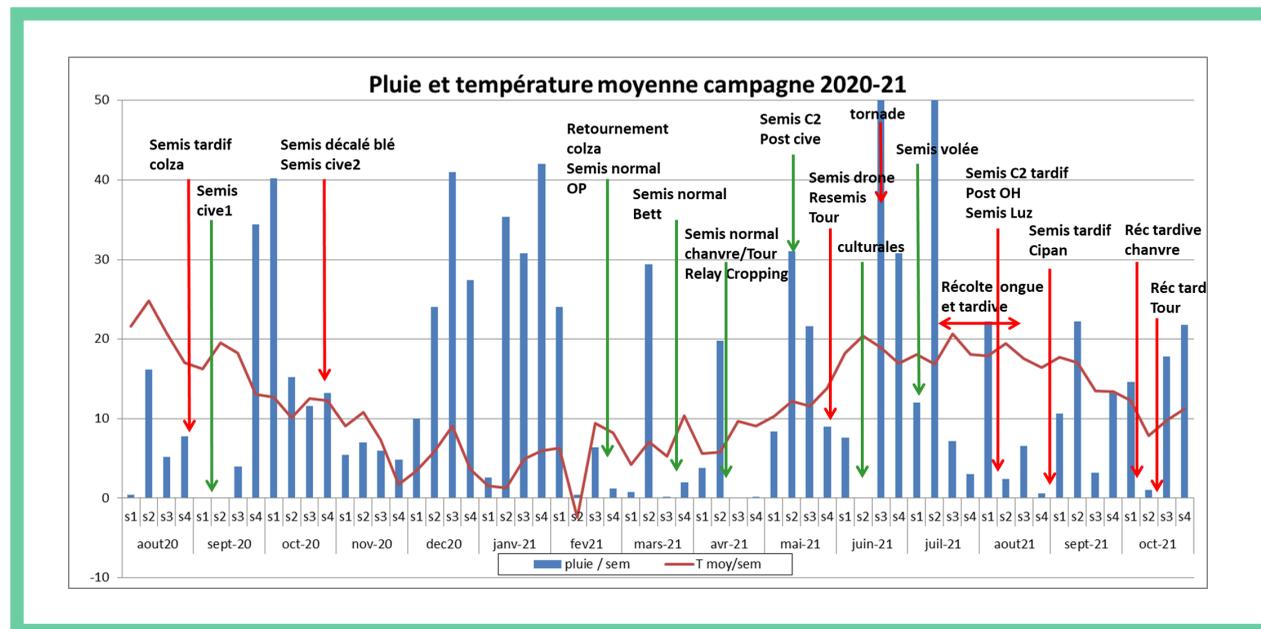
#DOUBLE CULTURE

Cette technique consiste à implanter une 2ème culture juste après la récolte de la culture principale. En général il s'agit d'une orge d'hiver qui libère le sol dès la fin juin. Les 2ème cultures étudiées sont les mêmes que les cultures post-cive.

RÉSULTATS

CARACTÉRISTIQUES DE LA CAMPAGNE

Les températures moyennes mensuelles, la pluviométrie hebdomadaire et les dates marquantes sont illustrées sur le graphique ci-dessous



La fin de l'été 2020 est sèche. La fin septembre et le début d'octobre sont très humides. L'hiver est très pluvieux. La fin de l'hiver et le début du printemps sont plutôt secs puis les mois de mai à juillet sont très pluvieux. Le fait exceptionnel de l'année est la tornade qui a traversé la base le 19 juin et qui a détruit les chapiteaux des culturales, les panneaux solaires et couché toutes les céréales. Les températures n'ont rien d'exceptionnelles. La deuxième semaine de février est vraiment froide avec un gel quasi continu sur la semaine et un minimum de -12°C. Ensuite, nous retrouvons un épisode de gel avec -4°C les 6, 7 et 14 avril. Enfin, seule la semaine du 15 juin est vraiment chaude mais l'été ne voit pas de canicule.

Enfin, il est nécessaire d'ajouter qu'une très forte prédation par les oiseaux (pigeons, corbeaux) s'exerce sur tout le site de la ferme et qu'en l'absence de moyen de lutte chimique aucune autre lutte (effarouchement sonore et visuel, chasse) n'est efficace.



Colza :

Le semis se déroule sur sol très sec avec un retour des pluies seulement fin septembre : Les levées sont mauvaises et hétérogènes (peu de pieds/m²), les petits colzas ne rattrapent pas. Le fort gel hivernal laisse que très peu de biomasse en sortie d'hiver. Il est décidé de retourner ¾ des parcelles. Pour les colzas conservés, le gel du 7 avril courbe les tiges ; de plus une forte et longue présence d'insecte (CT, altises) apparaît aussi les colzas restant sont petits, claires et avec peu de silique et faible PMG



Blé :

Le début octobre est pluvieux et les semis décalé au 17 oct. Les levées sont bonnes, le gel de février impacte peu. Malgré le temps gris et frais de mai à juillet, on trouve très peu de maladie (fongi : juste 1 T2 et 1 petit T3. La tornade du 19 juin fait verser toutes les céréales et une forte pluviométrie y succède (plus de 250 mm enregistrés sur Reims du 1er juin au 31 juillet) ce qui pénalisera fortement le rendement. La moisson s'étale du 20 juillet au 15 août. Les rendements sont mauvais, les pmg et le PS sont faibles (72q)



Orge hiver :

Même remarque que les blés sauf que la fin de cycle a été moins longue et donc moins pénalisée par les pluies. Récolte a lieu vers le 9 juillet et les rendements sont corrects (85q)

Orge de printemps :

Les semis se font sur sol humide du 25 fev au 9 mars. La levée est bonne ainsi que le développement. On trouve peu de maladie et un seul fongi est réalisé. Comme pour les blés, la tornade suivie des très fortes pluies pénalisera fortement le rendement : la moisson s'étale du 1er au 15 août. Les rendements sont mauvais, les pmg et le PS sont faibles (61q)



Luzerne 1ère année :

Semée vers le 20 août : très bonne levée avec bonnes conditions météo (pluie)

Autre luzerne :

Bon développement, quelques morsures d'insectes, parcelle propre. Bons rendements.



Tournesol :

Semis le 17 avril sous couvert d'orge et solo (profondeur semis 5cm) Quelle que soit la dissuasion (semis sous couvert d'orge, effaroucheur, chasse), les corbeaux et pigeons détruisent le tournesol au stade cotylédon. Il ne reste que 15000 pied/ha (semis 85000 p/ha). Il est décidé de ne pas conserver les tournesols et de conserver le couvert d'orge de printemps qui avait été implanté. Seule une partie de la P23 est conservée, il s'agit de la zone où le couvert a été détruit au glyphosate au semis du tournesol. Ensuite, ce tournesol est dévoré par les pigeons du 15 sept au 15 oct (environ 2/3 des grains). La récolte a lieu le 14 octobre et le rendement est de 16q. La parcelle 113 est resemée vers le 25 mai à 2 cm (70000p/ha) après un passage de glyphosate. La levée est rapide et le pic de prédation est passé. Ce tournesol est assez peu dévoré par les pigeons à la récolte et son rendement est de 33q.



Betterave :

Les betteraves sont semées du 23 au 28 mars. Le gel du 7 avril intervient alors que les cotylédons vont sortir du sol. Quelques pieds périssent et on obtient entre 85000 et 105000 p/ha. Le développement est bon, les 1ere signes de cercosporiose apparaissent tôt. 2 fongicides sont nécessaires mais la maladie est bien contenue.

Chanvre :

Semis le 16 avril. Le développement est assez lent (temps gris et frais) mais les plantes atteignent 2m en août. La tornade a couché environ un pied sur deux qui reste adossé aux pieds encore dressés. Finalement, l'impact est négligeable et le rendement en grain est de 1t/ha et en paille de 8t/ha.

Deuxièmes cultures post cive :

Semis le 12 mai après ensilage du 11 mai. Levée rapide et homogène. Nécessité de mieux gérer le désherbage et les repousses de seigle qui sont pénalisante pour la C2 en strip till. On observe beaucoup de maladies sur orge de printemps et cameline (mildiou) ainsi qu'un problème de développement des betteraves sur labour (faim d'azote, sol froid?). On subira aussi des dégâts de pigeons dans les maïs et le tournesol : un resemis sera effectué le 28 mai occasionnant un retard des cultures.

RÉSULTATS DES LEVIERS TECHNIQUES INNOVANTS ANNUELS DES SDC

SDC 2

Semis de betterave au striptill (SDC2) :

Pas de semis au striptill cette année. A cause de la refonte des SDC, la betterave du SDC2 était en partie sur un précédent luzerne qu'il a fallu déchaumer ; il n'a donc pas été nécessaire de passer le strip till.

Semis de colza associé au couvert de lentilles (SDC2)

Tous les colzas des SDC ont été retournés cette saison. Ils ont été remplacés par du tournesol semé sous couvert d'orge de printemps.

SDC 3

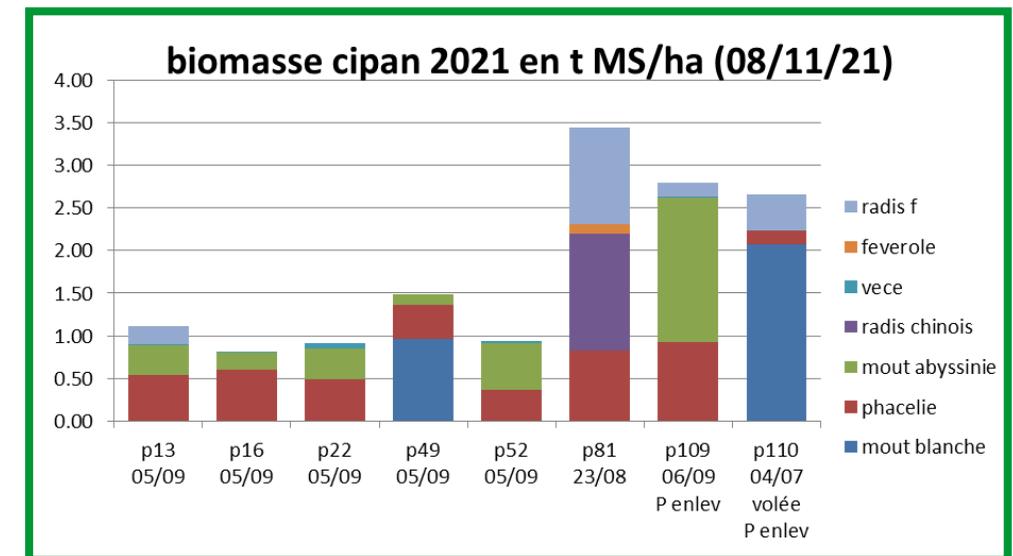
Semis colza associé au couvert de trèfle blanc nain et semis du blé dans trèfle blanc et repousse de colza (SDC3)

Cette technique est abandonnée au vue de ses mauvais résultats en terre de craie. Les étés sont de plus en plus secs et donc très défavorables à l'implantation du trèfle en août qui donne un couvert trop hétérogène et peu développé. Le trèfle blanc pourrait éventuellement être remplacé par du lotier corniculé. Pour le moment nous avons choisi de remplacer le colza puis blé sous couvert de trèfle blanc par un colza associé à la féverole, suivi d'un passage d'herse à paille pour faire relever les repousses de colza, ensuite un semis direct du blé dans les repousses de colza qui seront détruites chimiquement ou par broyage juste après le semis du blé.

SDC 4

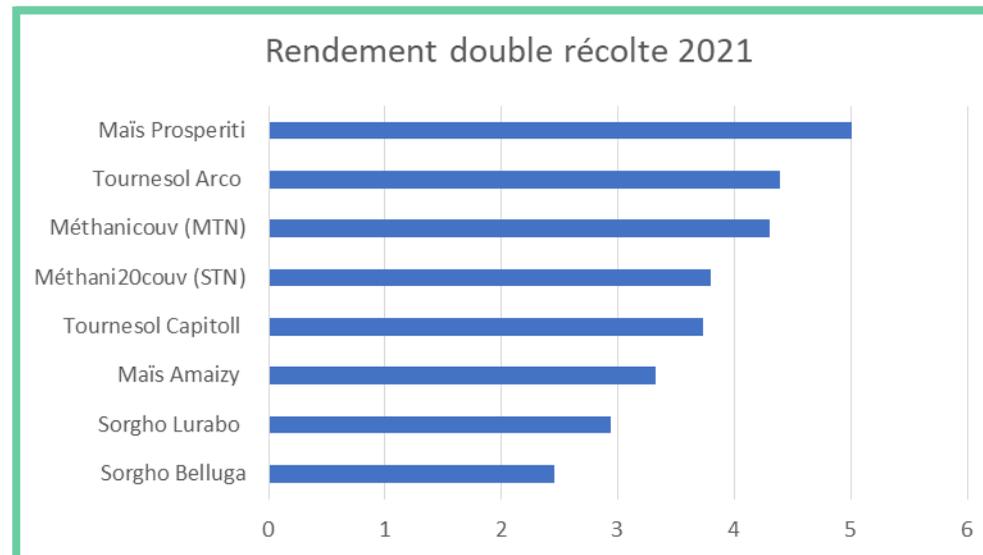
Obtenir des couverts d'intercultures à forte biomasse proche de 4t de MS (notamment SDC4)

Pour maintenir des taux de matière organique stable dans le SDC4 fortement exportateur de biomasse, la modélisation avec l'outil AMG- Siméos, a montré qu'il fallait obtenir environ 4t de MS pour les couverts d'interculture pour maintenir le taux de carbone du sol.



Cette année, malgré de bonnes conditions météo, la biomasse des couverts est décevante. Ceci peut s'expliquer par 2 phénomènes. D'abord notre récolte tardive a décalé de nombreux semis de couvert qui n'ont pu être réalisés qu'après nos semis de colza vers le 5 septembre. Ensuite, il est possible que les conditions d'humidité du sol ont permis une forte dégradation des pailles créant ainsi une faim d'azote pour les couverts. Dans nos résultats de l'année, les meilleurs couverts sont ceux semés précocement (p81 23 août) ou ceux dont les pailles du précédent ont été enlevées (P109 et P110).

Sur la même stratégie d'essai, la technique de la double culture (semis d'une deuxième culture juste après la récolte de la culture principale) de 2021 donne les résultats repris dans le graph ci-dessous. Le semis des 2ème cultures a eu lieu le 28 juillet sur labour de céréales. Cette date est précoce comparativement aux dates de semis des couverts et elle permet une bonne production de biomasse totale des différentes espèces allant de 2.5 à 5 t MS/ha.



SDC 5

Nouvelle méthode de fertilisation du blé avec suivi de l'INN (SDC5)

Grâce à la pince N-tester, une valeur d'INN (Indice de Nutrition Azoté) est calculée à certains stades clés du blé. Des abaques de doses à apporter ont été construits. L'apport d'azote est déclenché si et seulement si la trajectoire de l'INN est susceptible de passer sous une courbe critique et si les conditions météorologiques sont favorables à l'apport (pluie prévue).

Année	2021	
Bande	Classique	INN
Ferti	210	170
Rdt	69	74
prot	12	11.2
PMG	30.2	42
Nb épi	710	530

Introduction du chanvre (SDC5)

Cette pratique n'était pas dans nos systèmes cette année. Toutefois, un chanvre a été implanté sur la ferme et a donné de bons résultats qui confirment la bonne introduction de cette culture sur la ferme.

Remplacement du colza par du tournesol (SDC5)

Cette année, nos colzas conservés après l'hiver ont eu de mauvais rendements. Avec 14q/ha notre marge brute est de 290€/ha. Notre tournesol (p23) attaqué par les pigeons au semis et à la récolte fait 16q/ha et offre une marge brute de 330€. Ceci est un peu mieux que le colza. Par contre un tournesol peu attaqué par les oiseaux (p113) réalise 33q/ha et 1200€ de marge brute malgré le resemis. La technique de semis du tournesol sous couvert de céréales peut être efficace que si les populations d'oiseaux ne sont pas trop fortes. Aujourd'hui nos conclusions sont :

- Utiliser un strip till avec des dents étroites pour ne pas trop abimer et dégager les rangs de l'orge de printemps et conserver un relatif effet dissuasif.
- Si pas de striptill disponible, préférer un travail du sol assez profond lors du semis de l'orge de printemps.
- Si le temps s'annonce humide, préférer un semis tardif (fin avril) sur sol réchauffé et un semis peu profond (2cm) pour un démarrage rapide de la culture.
- Si le temps s'annonce sec, préférer un semis précoce (15 avril) à 5 cm.

Malgré 30 unités de moins de fertilisation, la bande INN réalise 5 quintaux de mieux. S'il n'y avait pas eu la tornade du 19 juin ces résultats auraient été inversés. En fait, sur la bande INN, le nombre d'épis par m² était nettement inférieur à la bande témoin classique donc elle aurait du faire moins de rendement. Or après la tornade, la bande INN est restée debout alors que la bande classique a versée. Les fortes pluies qui ont suivies ont largement pénalisé le rendement des céréales versées qui ont eu des petits PMG (30 sur cette parcelle) alors que la bande INN a eu un remplissage du grain plus correct avec un PMG de 42. C'est cette différence de PMG qui explique le meilleur rendement de la bande INN.

RÉSULTATS DES INDICATEURS TECHNIQUES

RENDEMENT

Pour cette variable, c'est l'écart de rendement par rapport aux cultures du secteur qui est mesuré. Pour chaque culture, l'écart est exprimé en pourcentage du rendement du secteur puis la moyenne est calculée pour chaque système.

	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
Pourcentage d'écart de rendement	-11%	-16%	+7%	-1%	+7%

Les SDC1 et 2 sont pénalisés par les colzas cette année. En effet, leur implantation et leur développement dans les conditions très difficiles. Ces colzas ont été retournés en sortie d'hiver et remplacés par du tournesol (pour garder un oléagineux) semés sous couvert d'orge de printemps (semer à 50% de la densité habituelle pour dissuader les pigeons). Or les tournesols ont été ravagés au semis et notre décision a été de conserver l'orge de printemps qui a réalisé environ 30% de rendement de moins. Dans les SDC3 et 5, c'est plutôt les luzernes qui remontent la moyenne avec de bons rendements sur la ferme.

MARGES SEMI-NETTES

Le calcul de cette variable fonctionne de façon identique au rendement. La marge semi-nette 2021 du secteur de betheny est de +12€/ha

	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
Ecart de marge semi-nette	-208€	-152€	+89€	+91€	+4€

IFT

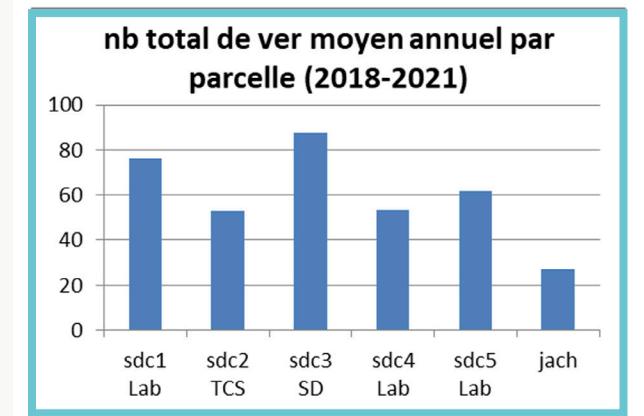
Dans le tableau ci-dessous, l'écart d'IFT est la moyenne des écarts en pourcentage de chaque culture du système par rapport à son IFT de référence en 2021.

	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
Ecart d'IFT 2021	-19%	-32%	-45%	-27%	-40%

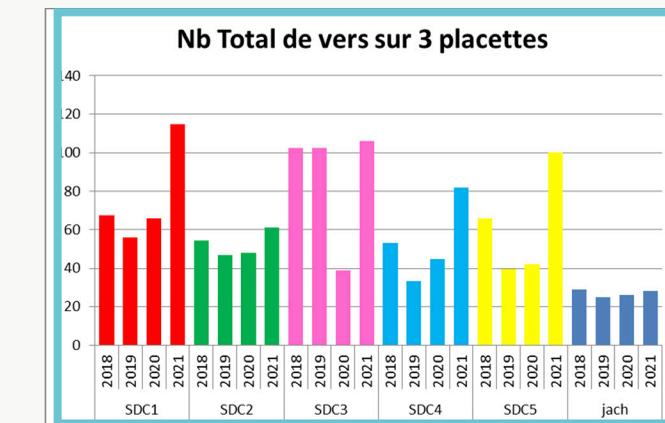
Ces écarts d'IFT cachent des disparités entre les systèmes en fonction des cultures présentes cette année et on trouve globalement beaucoup de céréales dans chaque système. Globalement, en céréales, les IFT ont pu être réduits par la faible pression maladie et le choix variétal. C'est sur betterave que l'IFT a explosé. D'une part le besoin en herbicide a été important cette année avec un IFT qui augmente de 50%. D'autre part, sur les betteraves qui n'ont pas eu de traitement de semence à base de néonicotinoïde, les insecticides ont été plus nombreux et l'IFT augmente de 1.5. Le reste des cultures est dans la moyenne des références.

SUIVI BIODIVERSITÉ - VERS DE TERRE

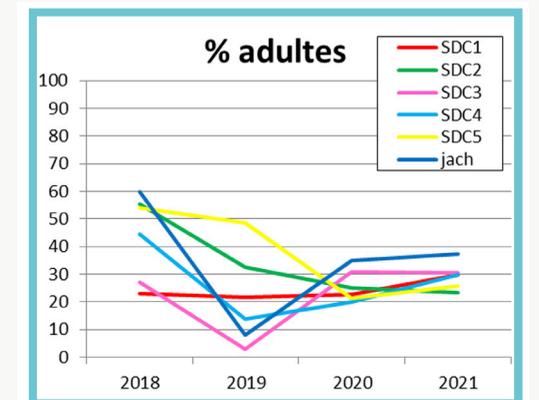
Ce suivi est effectué chaque année vers la fin mars (conditions météo certainement les plus favorables). Il consiste en la réalisation de 3 prélèvements de terre (bloc de 40x40x40cm) sur 3 parcelles de chaque système. Chaque bloc est tamisé pour récupérer les vers. Tous les vers sont lavés, comptés et classés (adultes/jeunes + anéciques/épigés/endogés). Le graphique montre le nombre moyen annuel de vers prélevés par parcelle de chaque système. Le SDC3 en semis direct sous couvert permanent semble légèrement meilleur que les autres systèmes. A l'inverse, le SDC2 en techniques culturales simplifiées (pas de labour mais déchaumage possible) semble en retrait. Les autres systèmes en labour occasionnel se classent entre les deux. Enfin, comparativement au sol laissé en jachère (sol jamais travaillé, couvert de graminées parfois broyé), le nombre de vers de chaque système est bien supérieur.



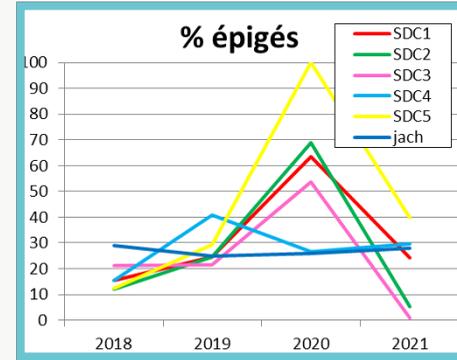
Cette tendance semble rester la même en fonction des années (graphique ci-dessous).



Les courbes du pourcentage d'adultes par systèmes (graphique ci-dessous) montrent des tendances similaires dans chacun des systèmes et la jachère.



Les vers « épigés » sont des espèces qui vivent dans les premiers centimètres du sol ou dans la matière organique en décomposition à la surface du sol. Les courbes du pourcentage d'épigés par systèmes (graphique ci-dessous) montrent des tendances similaires dans chacun des systèmes et la jachère. Ces courbes ne montrent pas non plus d'évolution différente dans les systèmes où la matière organique (résidus de culture et couverts) est restituée en surface (SDC2 et 3) comparativement aux systèmes où elle est enfouie (SDC1, 4 et 5).



LE NOUVEAU SYSTÈME BAS-CARBONE

OBJECTIFS :



Produire plus de carbone renouvelable



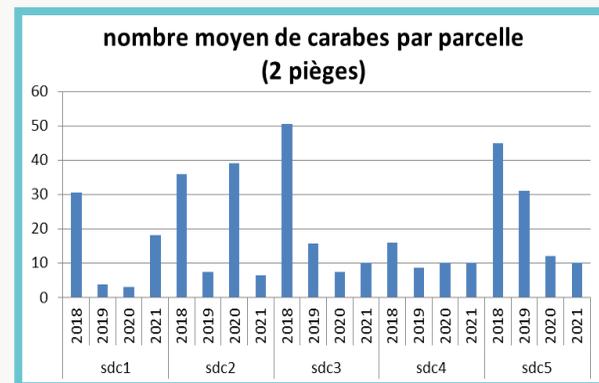
Émettre moins de GES issus de carbone fossile



Alimenter les filières existantes sans culture dédiées

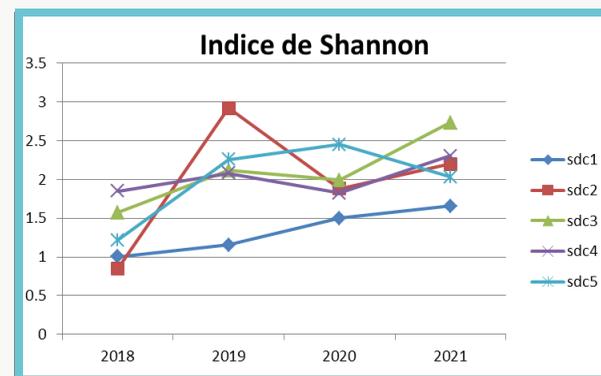
SUIVI BIODIVERSITÉ - LES CARABES

Pour pousser plus loin la réflexion, il est possible d'étudier la diversité des carabes. Aussi nous utilisons l'indice de Shannon pour traiter ce sujet. L'indice de Shannon donne une idée de la diversité spécifique d'un milieu. C'est-à-dire du nombre d'espèces de ce milieu (richesse spécifique) et de la répartition des individus au sein de ces espèces (équité spécifique). Majoritairement compris entre 1 et 5, plus cet indice est grand, plus le milieu est riche.



L'indice de Shannon est $H' = -\sum (P_i \times \log_2(P_i))$ de $i = 1$ à $i = N_t$ où $P_i = N_i/N_t$
 Où N_i = nombre d'individus de l'espèce i ;
 N_t = nombre total d'individus

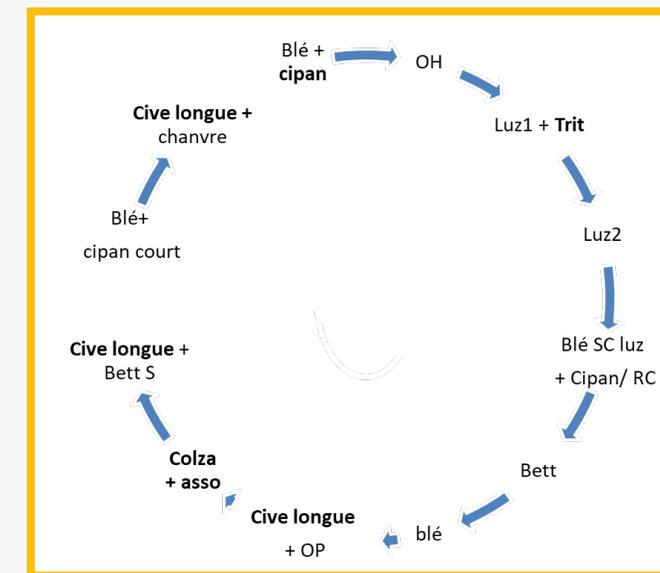
Là encore, il est difficile de tirer des conclusions de ce graphique ; à part peut être le fait que le SDC1 est plutôt avec un indice plus faible.



Pour atteindre ces objectifs, Terrasolis a décidé d'actionner le levier méthanisation qui permet d'une part de produire de la biomasse exportée vers le méthaniseur et d'autre part d'utiliser les sorties de cette méthanisation pour baisser les GES en remplaçant une partie du fuel fossile consommé par du biogaz et une partie de l'azote minéral utilisée par du digestat.

CONCEPTION :

Après un travail de réflexion interne, le responsable de la ferme a soumis ses travaux au comité scientifique et technique en mars 2020. Le prototype retenu lors de ce CST est le suivant :



Dans ce prototype, une culture associée et 3 cives d'hiver sont intégrées pour alimenter le méthaniseur.

- un triticale est semé à l'automne juste après le semis de luzerne de juillet et lors de la première coupe de l'année suivante le mélange luzerne + triticale est exporté vers un méthaniseur.
- 3 cives d'hiver ou cives longues sont ajoutées avant des cultures de printemps qui seront conservées comme culture principale (objectif de zéro culture dédiée)

Les principales remarques du CST sont :

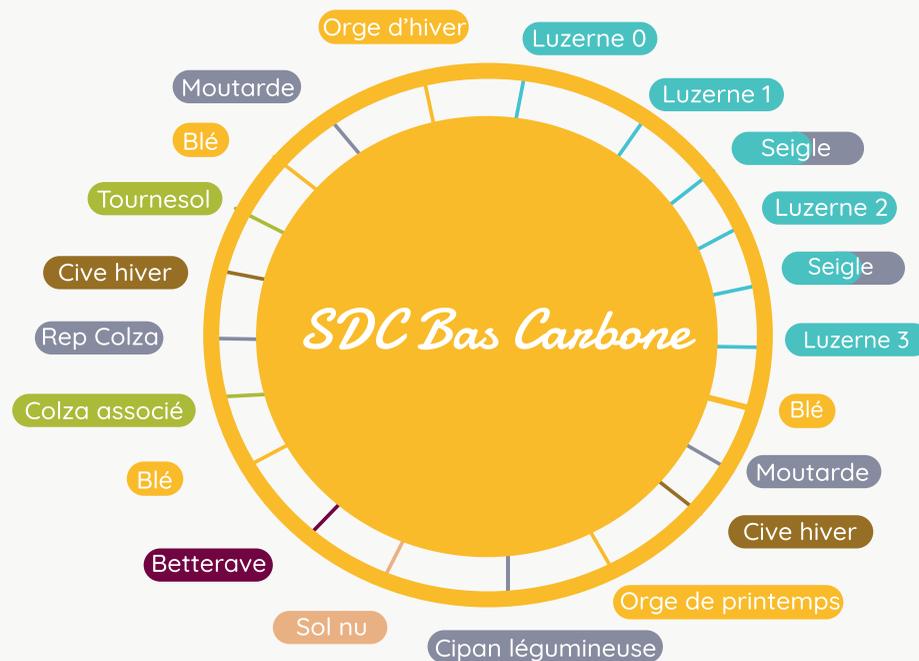
- un tournesol pourrait remplacer une betterave en 2ème culture 1 fois sur 2
- Attention au triticale dans la luzerne de première année qui pourrait l'affaiblir (pivot trop faible). Tenter cette introduction en 2ème année de luzerne

A la suite de ce CST, il est décidé de monter un atelier de co-conception en janvier 2021 avec des agriculteurs pour soumettre ce projet. Le groupe est alors constitué d'agriculteurs de la SCEA ferme112 qui participent aux travaux de Terrasolis FARM, d'agriculteurs d'Energilis l'association constituée avec des agriculteurs extérieurs pour alimenter le futur méthaniseur et d'un agriculteur méthaniseur du département voisin.

Les principales remarques issues de l'atelier de co-conception sont :

- Prise de risque importante : 3 cives hiver + 2ème culture
- Evaluation du risque : chanvre > bett > sorgho > Tour > maïs > OP
- Beaucoup de 2ème culture avec fortes charges (opérationnelles, mécanisation)
- choisir des cultures bas intrants
- Betterave après cive longue : incertitude sur qualité? régularité? contrat ?
- Colza après Orge de printemps pas trop judicieux
- Cive courte, quel intérêt? Bonus?
- Pouvoir métha sorgho-maïs > seigle-Triticale
- Intérêt après OH (Irrigation ??) ou après Cive hiver (cult dédiée)
- Cive Ok dans Luzerne en coupe 1 mais après une première année d'exploitation. Système encore plus acceptable si la filière luzerne n'est pas impactée (par exemple faire 3 années de luzerne au lieu de deux)
- Si ensilage précoce de Cive : faire un préfanage : gain de 2-3 pt d'humidité par demi-journée
- Digestat : prévoir 2/3 l'été et 1/3 printemps

Aussi, toutes ces remarques permettent de créer un nouveau prototype.



Pour ce prototype, 2 cives à base de seigle sont introduites entre deux années de luzerne pour détourner la première coupe suivante et 2 cives longues sont introduites avant 2 cultures principales de printemps demandant peu d'investissement (l'orge de printemps et le tournesol).

Dans nos réflexions, ce prototype permet encore quelques adaptations telles que :

- L'échange OH/Blé pour éventuellement semer la luzerne sous couvert de blé et faire une cive courte entre l'orge d'hiver et le blé.
- Changer les 2ème cultures qui suivent les cives d'hiver
- Introduire une cive courte après l'orge de printemps
- Réaliser du relay-cropping avec le blé de tournesol ou le blé de luzerne

ÉVALUATION INITIALE :

Nous avons pu réaliser une évaluation sur 4 niveaux en prenant comme base une ferme de 100 ha. Le premier sur la production des différentes cultures ; le deuxième sur l'atelier méthanisation, le troisième sur les productions de carbone et le quatrième sur les émissions de GES.

Pour 100 ha		Réf rotation Marnaise	SDC bas carbone atelier
tonnes production filière	Blé	308	238 (-23%)
	Orges	156	109 (-30%)
	Oléo	50	50
	Bett	1280	820 (-35%)
	Luz	149	218
	biomasse	0	1140 t MF

Le tableau ci-dessus montre que notre prototype produirait 1140 tonnes de matières fraîches pour le méthaniseur mais qu'en contre partie (puisque nous sommes dans un système fini) il y aurait une baisse de production pour nos filières habituelles. La filière céréales perdrait 25 à 30% de sa collecte et la filière betteravière 35%. En fait, dans un système fini, dès qu'on introduit une culture (cive, légumineuse à graines, ...) c'est obligatoirement au détriment des cultures initiales.

Pour 100 ha		Réf rotation marnaise	SDC bas carbone atelier
Métha	Nm3 CH4	0	150000
	T digestat	0	970
	Kg N total	0	4000, 50% dispo

Le tableau ci-dessus montre que la production des 1140 tonnes de biomasse permettra de produire 150000 Nm3 de méthane et 970 tonnes de digestats. En considérant que 1L GNR = 1,05 Nm3 et que tous les outils de la ferme fonctionnent au biogaz, il resterait un excédent de 140000 Nm3 de méthane utilisable par la collectivité. Ce qui équivaudrait à l'évitement de 200 tonnes de CO2. De même, les 970 tonnes de digestat permettraient de substituer environ 2000 kg d'azote. Ce qui équivaudrait à l'évitement de 22 tonnes de CO2.

Pour 100 ha		Réf rotation marnaise	SDC bas carbone atelier
Carbone t/ha	C restitué *	3,9	3,85
	C filière	4,24	3,5
	C biomasse	0	1,56

+20%

Toutes les biomasses produites peuvent être converties en tonnes de carbone. Pour notre prototype, les quantités de carbone restituées au sol seraient équivalentes au système moyen champenois et les quantités de carbone exportées seraient augmentées de 20% mais avec 18% de moins pour nos filières actuelles.

Pour 100 ha		Réf rotation marnaise	SDC bas carbone atelier	
GES directs KgC/ha	Fuel	83	87	
	Azote *	500	330	
	F+N /ha	583	417	-30%
	F+N / tC	138	81	-42%

En terme de gaz à effet de serre (GES), leur diminution n'est que de 30% par hectare ou 42% par tonne de carbone produite. Le fait de passer tous les tracteurs au biogaz permettrait à ce dernier critère de passer de 42% à 50% (ou passer de -30% à -41%). Pour atteindre les 75% de réduction des émissions, il n'y a pas d'autre choix que de s'attaquer à l'azote minéral utilisé notamment par une réduction volontaire des doses d'azote apportées aux cultures mais avec la quasi-certitude de faire globalement moins de rendement et donc de moins restituer de carbone au sol.

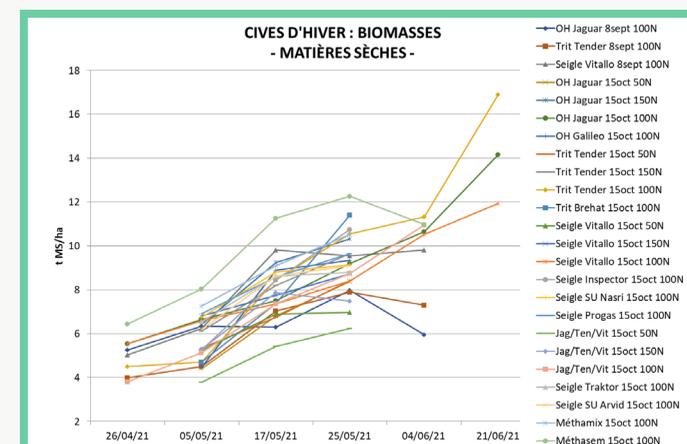
ÉVALUATION AU REGARD DU LABEL BAS-CARBONE

Depuis cette première évaluation (V.4.c), le ministère de l'agriculture a publié le label national bas carbone (LBC) pour les grandes cultures. Nous avons donc pu comparer les performances de notre système bas carbone au regard d'un système moyen champenois.

Le bilan carbone global (stockage - émissions) ou bilan net s'améliore de 1.14t EqCO₂/ha/an. Le stockage de carbone au sol est amélioré de 1.29 t Eq CO₂/ha/an mais les émissions globales de GES sont détériorées avec +0.15 t Eq CO₂/ha/an d'émissions supplémentaires. Ces émissions comprennent les émissions issues de carbone fossile (Azote minérale, Fuel) mais aussi celle de carbone renouvelable (résidus de cultures et digestat). Dans notre première évaluation la réduction de nos GES fossiles était de 30%, avec la méthode du LBC la réduction est évaluée à 25%. Si tous nos tracteurs fonctionnaient au biogaz, la réduction des GES fossiles serait de -40% (à comparer à -41%). Mais dans ce système, ne sont pas comptées les réductions d'émissions permises grâce au biogaz produit. Sur 100 ha, c'est environ 270 tonnes de CO₂ qui sont évitées sachant que nos émissions globales sont d'environ 215 tonnes de CO₂.

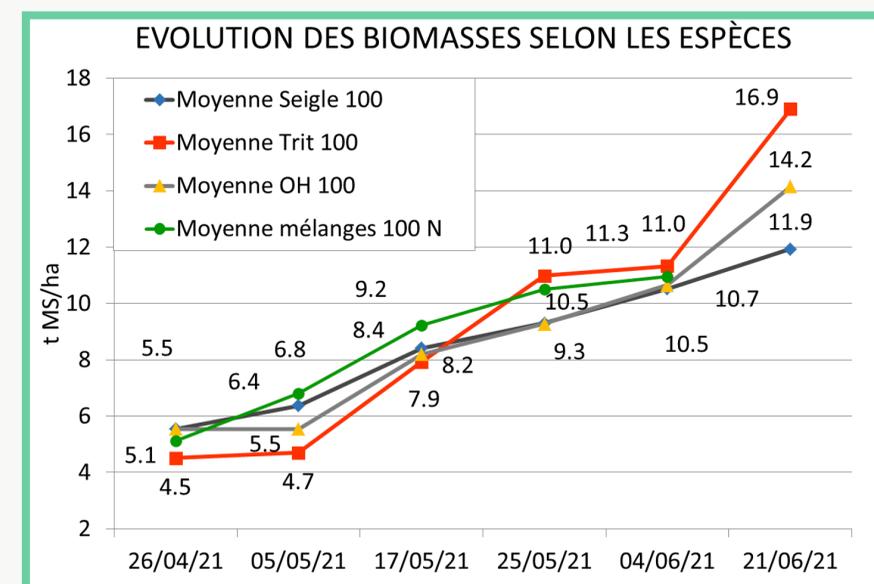
RÉSULTAT DES EXPÉRIMENTATIONS ANNUELLES

CIVE D'HIVER OU CIVE LONGUES



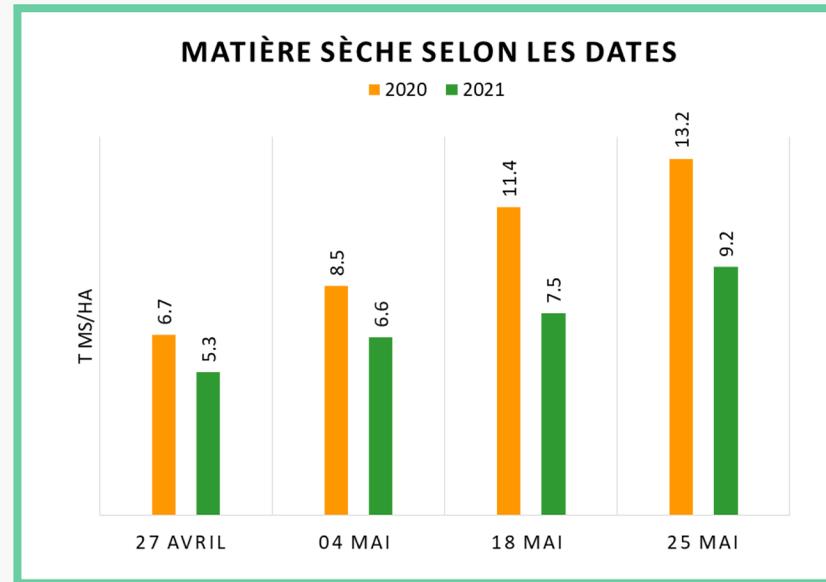
Le graphique ci-dessus montre l'évolution des matières sèches toutes modalités confondues. Ces matières sèches évoluent quasiment toutes à la même vitesse.

En regroupant les espèces et pour une fertilisation identique on obtient le graphique ci-dessous.



Le seigle, le triticale et l'orge d'hiver ont en moyenne des biomasses très proches. Le seigle est toute fois plus productif en tout début de cycle (début mai) alors que le triticale qui est en retard en début de cycle dépasse les deux autres espèce en fin de cycle (fin mai). Globalement la matière sèche progresse de 1.25 t MS/ha chaque semaine.

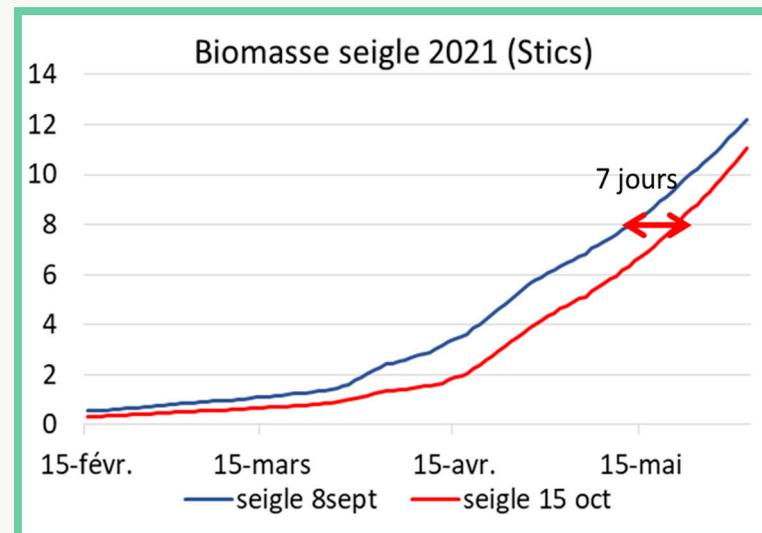
Cette année 2021 a été plus tardive que 2020 (temps gris, peu de chaleur) et la répercussion de ce climat moins favorable a créé un retard de développement des plantes d'environ 10-15 jours (voir graphique ci-après)



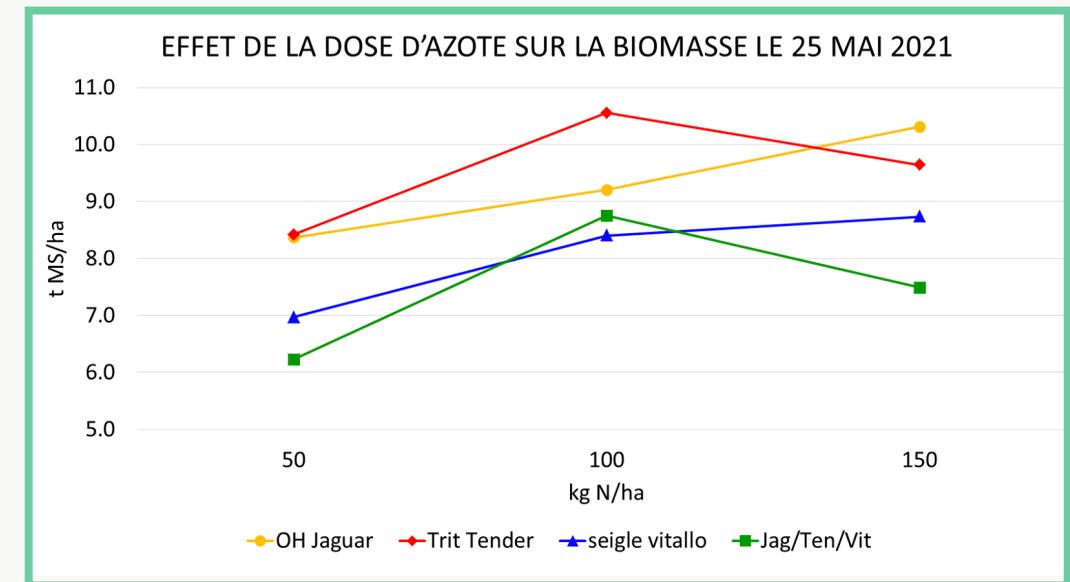
De même la progression du taux de matière sèche des plantes a été retardée. En 2021, un taux moyen de 25% de matière sèche a été atteint vers le 25 mai alors qu'en 2020 il était atteint le 9 mai.

Une date de semis plus précoce aurait-elle permis d'avancer la date d'ensilage ? Sur le terrain, deux dates de semis ont été choisies avec un décalage de 5 semaines (8 septembre et 15 octobre). Ce décalage de 5 semaines a déjà été réduit à 2 semaines à la levée car la modalité du 8 septembre s'est semée dans un sol très sec et la pluie n'est revenue que le 26 septembre. Sur le terrain, les levées ont bien été décalées uniquement de 2 semaines.

Ensuite, notre modalité « semis précoce » a été envahi de vulpins qui ont pénalisés les biomasses ; aussi nous avons simulé le développement des cives grâce au modèle STICS (INRAE). Ce modèle montre que cette année, l'ensilage aurait pu avoir lieu 1 semaine avant dans le cas d'un semis avancé de 5 semaines.



Quelle dose d'azote est souhaitable sur les cives d'hiver ? En 2020, la fertilisation des cives était de 80 unités (valeur communément trouvée dans la bibliographie). En 2021, 3 doses d'azote ont été testées (50, 100 et 150 kgN/ha) et apportées en mars. Le graphique ci-dessous montre que pour 3 modalités (seigle, triticale et mélange seigle+orge+triticale) la dose d'azote optimale était autour de 100 kgN/ha. L'orge d'hiver progressait encore avec une dose de 150 kgN/ha.

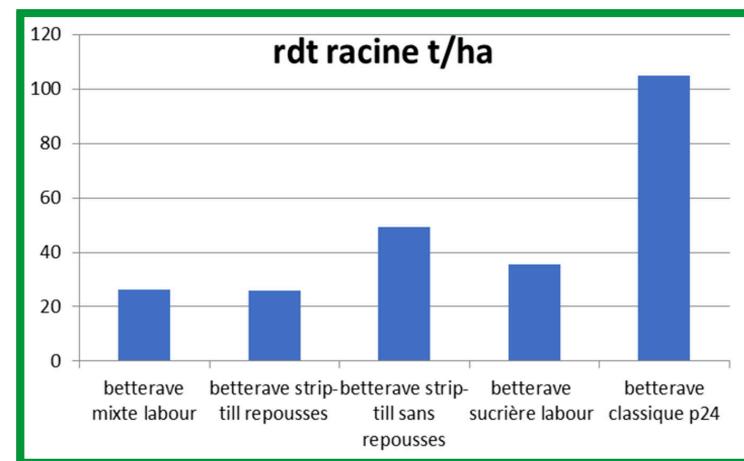


CULTURE POST CIVE D'HIVER

L'objectif est de tester des cultures qui peuvent être récoltées comme des cultures principales afin de ne pas avoir de cultures dédiées. D'abord, deux cultures ont été très décevantes cette année. La cameline n'a fait que 0.8 q/ha parce qu'elle a subi une très grave attaque de mildiou (climat très pluvieux) et l'orge de printemps n'a fait que 5q/ha parce qu'à cette période il n'y a pas eu de tallage et que sa floraison a été trop rapide.

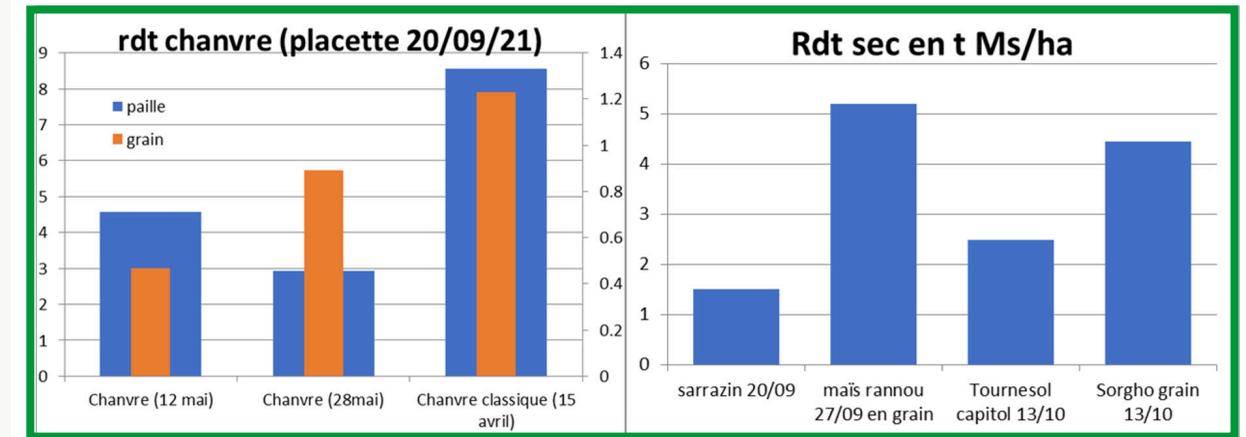


Pour les betteraves :



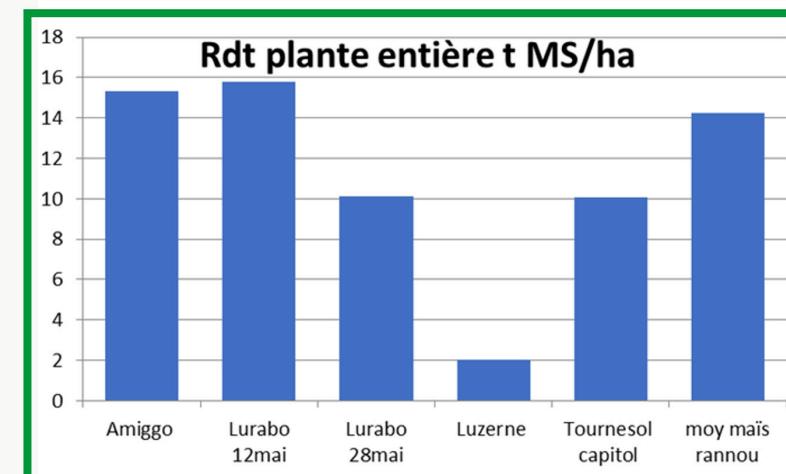
Les betteraves semées sur labour ont eu un développement très lent probablement causé par une faim d'azote dû à l'enfouissement des résidus de seigle. Ensuite, sur les semis en strip till, certaines zones de la parcelle ont été fortement impactées par les repousses de seigle. La seule modalité qui sort du lot (les autres ne sont pas rentables) est la betterave semée avec un striptill et sans repousse de seigle. Le rendement obtenu est de 50t/ha alors que le rendement moyen des betteraves sur la ferme est de 93t/ha.

Pour les autres cultures :



Le chanvre semé le 12 mai réalise un rendement de 50% pour la paille et 33% pour le grain. Le chanvre semé le 28 mai avec une densité plus faible a favorisé les grains au détriment de la paille est réalise un rendement de 33% pour la paille et 53% pour le grain. Les rendements des dernières cultures sont très corrects. Le sarrazin fait 15q/ha, le tournesol 24q/ha, le sorgho grain 44q sec/ha et le maïs grain 51q sec/ha.

Pour quelques cultures un prélèvement plante entière a été effectué. Les résultats sont repris sur le graphique ci-dessous.



Globalement tous ces rendements plante entière sont très satisfaisants.

RELAY-CROPPING



	Date de récolte	Densité de semis (grains/m ²)			Nombre d'épis/m ²			RDT grains (q/ha)		
		solo	RC	% RC/solo	solo	RC	% RC/solo	solo	RC	% RC/solo
Blé	20/07/2021	350	200	60%	541	422	78%	72	51	71%
OH	08/07/2021	330	170	50%	580	449	77%	86	70	81%
OP	23/07/2021	330	220	66%	814	611	75%	61	45	74%

Malgré une densité de semis comprise entre 50 et 66%, les rendements des premières cultures sont compris entre 70% et 80% du rendement des mêmes cultures cultivées en pure. C'est bien le tallage et le nombre d'épis produits qui permet de rattraper le rendement. Concernant les deuxièmes cultures semées en relais. Un premier point a été de regarder si les racines de la première culture empêchaient la bonne installation racinaire de la deuxième culture. Les différents profils racinaires de 2021 montrent que les racines des deuxièmes cultures s'installent correctement.



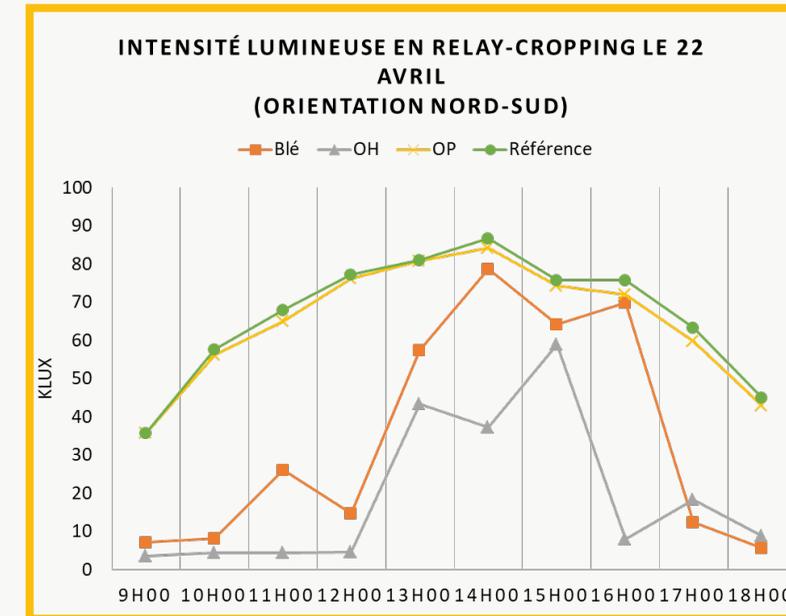
Figure 36 Profil racinaire d'un rang de betterave en relay-cropping OP le 7 juillet 2021

Figure 37 Profil racinaire d'un rang de tournesol en relay-cropping OH le 7 juillet 2021

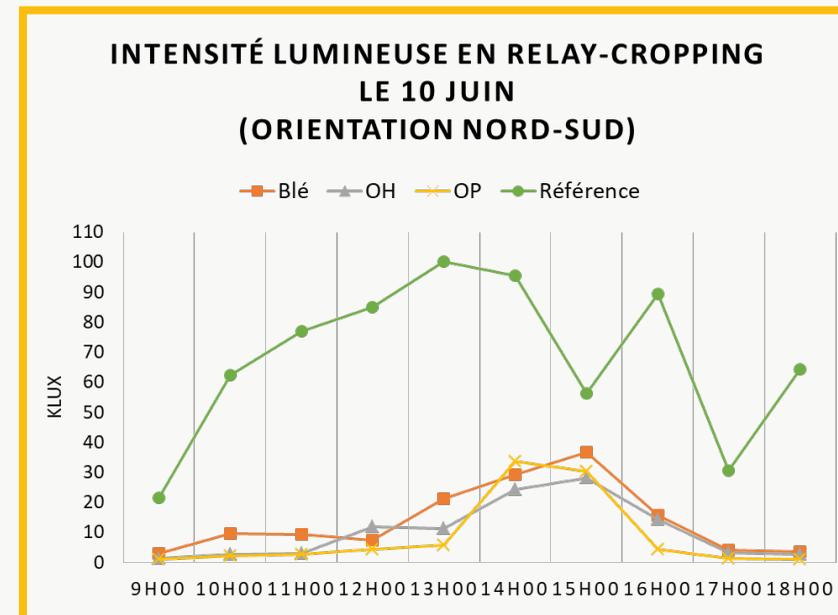
Figure 38 Profil racinaire d'un rang de sorgho en relay-cropping OP le 7 juillet 2021

Figure 39 Profil racinaire d'un rang de maïs en relay-cropping OH le 7 juillet 2021

Le deuxième point a été de mesurer les quantités de lumière reçues par les deuxièmes cultures (C2) avec des luxmètres implantées entre deux rangs d'une culture déjà en place (C1).



Le 22 avril, la quantité de lumière reçue en relay cropping est inférieure à la culture seule (courbe verte référence). L'orge de printemps est encore au stade tallage et laisse pénétrer la lumière en quasi-totalité sur le rang de la C2. Pour l'Orge d'hiver et le blé, les rayonnements sont moins importants. Ceci est dû à l'effet d'ombrage causé par les céréales. Cependant, le blé laisse entrer plus de lumière que l'Orge d'hiver qui a une très forte couverture du rang. L'orientation Nord-Sud des rangs laisse bien pénétrer la lumière quand l'azimut du soleil est dans cette orientation entre 14h et 16h.



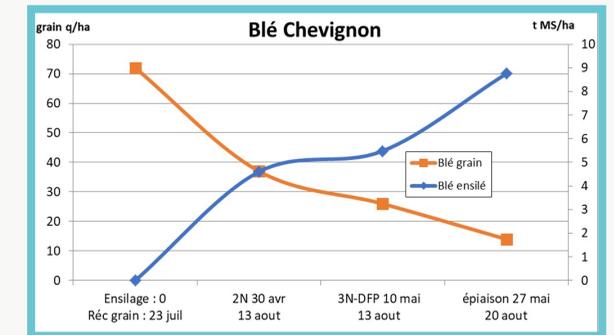
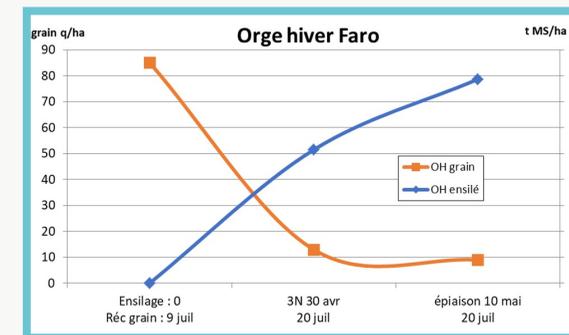
Deux mois plus tard, les quantités de lumière reçues ont beaucoup changées. Les 3 céréales (C1) couvrent beaucoup le rang et peu de lumière atteint la C2. Le tableau ci-dessous montre la synthèse de nos mesures à partir du semis de la C2 jusqu'à un stade de développement de la C1 qui n'évolue plus jusqu'à sa récolte.

INTENSITE LUMINEUSE	22 avril	28 avril	12 mai	10 juin
Référence	100	100	100	100
Blé	52	47	29	21
OH	29	23	14	15
OP	97	98	67	13

A un stade jeune, l'orge de printemps laisse passer beaucoup de lumière mais très rapidement presque plus rien ne passe et les cultures C2 sont étouffées. S'agissant des céréales d'hiver, c'est le blé qui a un port plus dressé que l'orge qui laisse le plus passer la lumière mais malgré cela environ 33% de la lumière arrive jusqu'à la C2 en moyenne pendant leur relais. Ce peu de lumière pénétrant est très pénalisant pour le développement des C2 qui sont plus en retard que les mêmes cultures semées tardivement (12 mai) après les cives d'hiver. Sur les 4 espèces implantées en C2, seul le sorgho tire son épingle du jeu sans avoir de très bons résultats. Les betteraves sont petites et la qualité de leur récolte est mauvaise : toutes les betteraves ne montent pas dans l'arracheuse et de très nombreux chaumes et adventices y montent et se retrouve dans un tas de betterave non commercialisable. Dans notre essai, le maïs s'est fait complètement prédater par les corbeaux et aucune conclusion ne peut être tirée. Le tournesol quant à lui a cherché la lumière et s'est étiré. Aussi il a été fauché lors de la moisson des céréales. Le sorgho mesure 60 cm le 15 septembre et le 22 septembre son rendement est de 2,7t MS/ha à 27% de MS.

DOUBLE RÉCOLTE

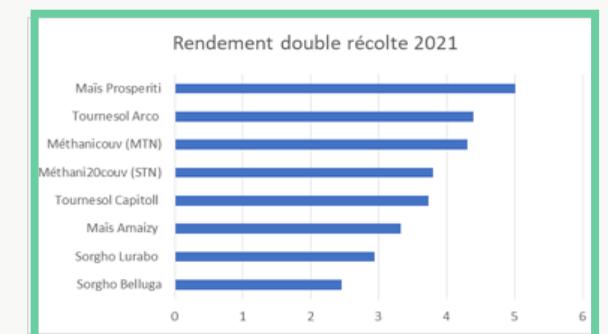
Dans cette technique, les conclusions sont identiques pour le blé et l'orge d'hiver. Plus le stade est tardif lors de l'ensilage, plus le rendement ensilé est grand (environ 8 t MS/ha) et plus le rendement en grain est petit (environ 10 q/ha). Un ensilage plus précoce aux alentours du stade 3 nœuds offre un rendement d'ensilage autour de 5 t MS/ha et un rendement en grain de 15 à 25 q/ha.



Cette année encore les conclusions sont similaires à celle de 2020. En fait pour obtenir un rendement en grain correct il ne faudrait pas dépasser le stade 2 nœuds pour l'ensilage mais le rendement d'ensilage sera assez faible probablement entre 2 et 4 t MS/ha.

DOUBLE CULTURE

La technique de la double culture (semis d'une deuxième culture juste après la récolte de la culture principale) de 2021 donne les résultats repris dans le graph. Le semis des 2ème cultures a eu lieu le 28 juillet sur labour de céréales. Cette année, il n'a pas été possible d'atteindre une maturité suffisante pour avoir une récolte en grain. Seule la récolte plante entière a pu être réalisée le 29 octobre 2021. La production de biomasse totale des différentes espèces s'étale de 2.5 à 5 t MS/ha



RÉSULTAT DES ESSAIS PARTENAIRES

AGRERE

SEMIS À LA VOLÉE



Grâce à notre rampe de pulvérisateur équipée de 3 semoirs delimbe, le semis à la volée s'est effectué le 2 juillet. Un mélange à base de radis, phacélie et moutarde blanche a été semé à 10 kg/ha. La récolte du blé dans lequel a été semé le mélange a lieu le 20 juillet et le pressage des pailles n'a lieu que le 20 août à cause des mauvaises conditions météo. Là où les pailles sont restées, le couvert n'a pas pu se développer. Ailleurs, il s'est bien développé et de façon assez homogène.



La photo montre le développement de ce couvert (P110) qui jouxte un couvert semé le 4 juillet sur une parcelle déchaumée et ses pailles enlevées. Le rendement du semis à la volée est très correct cette année (voir paragraphe V.2.) et atteint 2.7 tonnes de matière sèche par hectare.

CONTEXTE

Les performances du modèle agricole conventionnel en grandes cultures sont notamment fondées sur l'utilisation croissante d'intrants de synthèse comme les engrais minéraux et les produits phytosanitaires. Toutefois, ce modèle montre des limites économiques (volatilité, épuisement des ressources...) et environnementales (émissions de gaz à effet de serre, pollution...). Il est donc essentiel d'intégrer dès aujourd'hui ces enjeux en concevant des systèmes de culture capables de boucler au maximum les cycles des éléments (carbone, azote, phosphore) et en utilisant des gisements renouvelables afin de garantir la pérennité des systèmes de culture. Cette démarche permet d'améliorer la résilience des exploitations agricoles, en cohérence avec la feuille de route de l'économie circulaire. Dans ce contexte, l'essai AGRERE (AGriculture à stratégie d'Economie, de Recyclage et d'Entretien des ressources) a été mis en place avec les objectifs suivants par rapport au système conventionnel de Champagne crayeuse : i) réduire de 25% la fertilisation en azote minéral à l'échelle de la rotation, ii) supprimer la fertilisation en phosphore minéral et iii) réduire de 50% l'IFT des produits phytosanitaires conventionnels à l'échelle de la rotation.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Implanté sur une surface d'environ 16 ha sur la ferme expérimentale de TERRASOLIS depuis 2018, l'essai système AGRERE est découpé en 4 parcelles unitaires d'environ 4 hectares chacune. Cette taille a été choisie pour que les agriculteurs puissent travailler avec leur matériel afin de tester la faisabilité en conditions réelles des pratiques testées. L'essai a été mis en place en 2018 pour une durée de 9 ans correspondant au cycle de la rotation (figure 1). Initialement, le sainfoin était présent à la place de la luzerne dans la rotation du fait de ses faibles besoins en phosphore et potassium qui répondaient aux objectifs de l'essai. Toutefois, le débouché du sainfoin n'a pas pu être pérennisé et la luzerne remplace le sainfoin depuis la récolte 2021.

Les leviers sont à la fois techniques dans la forme d'engrais d'azote minéral, le pilotage avec OAD pour la fertilisation et les traitements phytosanitaires, le désherbage mécanique et les microdoses, et également agronomiques dans le choix des variétés, des couverts végétaux en interculture et en cultures associées, l'insertion de légumineuses, la restitution et l'incorporation des résidus agricoles dans le sol et les apports de matières organiques exogènes (boues de STEP, vinasses et composts dans l'idée de les remplacer ensuite par des digestats).

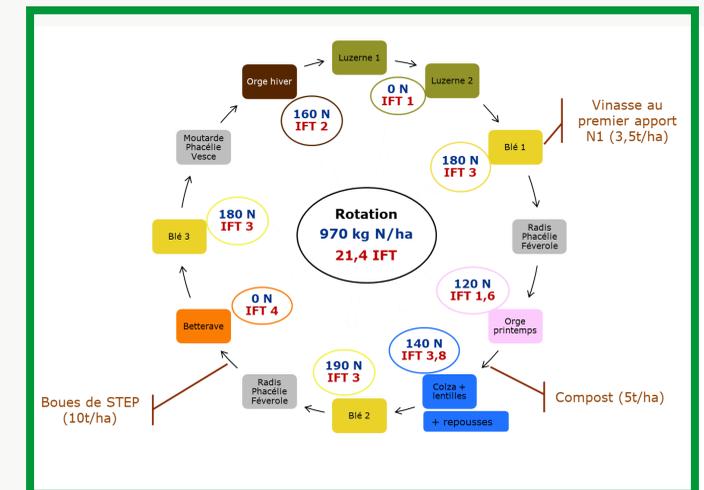
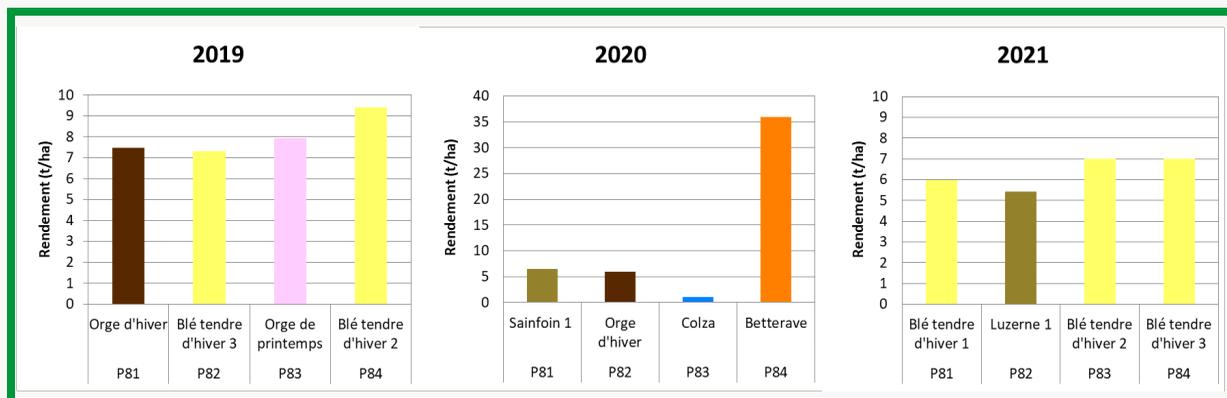


Figure 1 : Rotation des cultures de l'essai AGRERE

Les rendements obtenus lors des trois premières années de l'essai (figure 2) sont proches des rendements moyens obtenus dans les autres essais de Terrasolis farm. Toutefois, ils sont plus faibles sur colza et betterave en 2020 à cause de forts dégâts et également sur la luzerne de première année en 2021.



CONTEXTE

Les objectifs du projet Syppre, en terres de craie de Champagne, définis avec les partenaires locaux à l'horizon 2025, sont de permettre à l'agriculteur de produire des matières premières alimentaires, de qualité et en quantité, en limitant la dépendance aux engrais azotés minéraux pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, et en préservant la fertilité des sols. Ces objectifs ont été traduits au niveau local et national pour l'action Syppre par des indicateurs et des seuils à atteindre.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Une plateforme expérimentale a été lancée sur le site Terralab en 2016 sous le schéma suivant : un système de culture témoin représentatif de l'assolement local et un système de culture innovant co-conçu pour répondre à la multi-performance visée dans les cadres national et régional de l'action Syppre. Ce dernier mobilise les principaux leviers suivants : diversification des cultures, introduction de légumineuses en cultures principales, associées et intermédiaires, travail du sol limité à un labour sur une rotation de dix ans. Le dispositif expérimental comprend 3 blocs au sein desquels sont présents les 15 modalités des systèmes témoin et innovant (rotations de 5 et 10 ans). Une analyse des performances est réalisée chaque année avec l'outil Systerre®, les règles de décision sont confrontées au réalisé et des diagnostics agronomiques sont établis sur la base de mesures et observations réalisées en cours de campagne. L'ensemble de ces informations est rassemblé dans une synthèse annuelle.

Globalement, après 2 ans d'essai, nos objectifs de réduction de 25% de la fertilisation azotée minérale et de 50% de l'IFT ont été réalisés sur l'ensemble des cultures en place, avec toutefois des rendements plus faibles. En détaillant par cultures, les objectifs d'IFT sur orge de printemps et betterave sont les plus difficiles à atteindre mais sont compensés par des cultures comme l'orge d'hiver, le colza et parfois le blé, pour lesquelles l'IFT a été fortement réduit. Le bilan global du système ne pourra être réalisé qu'à la fin des 9 ans de la rotation, en intégrant des indicateurs qui s'évaluent sur un pas de temps long. L'essai système AGRERE vise à construire un système de culture bouclant les grands cycles (C, N, P). Avant de mettre en place des solutions alternatives, nous nous sommes d'abord focalisés sur l'optimisation de l'utilisation des intrants de synthèse, notamment des engrais (NP). Par la suite, nous souhaitons tester au champ des produits de biocontrôle, dont l'efficacité aura été démontrée par ailleurs, et participer ainsi au déploiement d'espaces de démonstration sur les biointrants du Grand-Est.



RÉSULTATS

Le bilan des performances globales est présenté dans le tableau 1 :

SDC Innovant / SDC Témoin	Objectif	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Production d'énergie brute (MJ/ha)	≥ Témoin	-7%	-8%	-6%	-15%	0%
Efficacité énergétique (MJ/MJ)	≥ Témoin	12%	6%	9%	-4%	18%
Marge directe avec aides (€/ha)	≥ Témoin	-17%	-12%	-53%	-78%	-23%
EBE/UTH familial	A définir	-16%	-14%	-56%	-91%	-25%
IFT Total (hors TS et biocontrôle) / valeur régionale (5,63) Depuis 2020, calcul par rapport au témoin	≤ -50% / réf régionale	-21%	1%	-27%	-14%	-13%
Apports d'azote minéral (kgN/ha)	≤ -20% Témoin*	-37%	-20%	-33%	-29%	-30%
Emissions GES totales (kgéqCO2/ha)	≤ -20% Témoin	-26%	-17%	-25%	-22%	-24%
Consommation énergie primaire totale	≤ -20% Témoin	-17%	-13%	-14%	-11%	-16%

Tableau 1 - Comparaison des performances des systèmes innovant et témoin avec Systerre®

Au niveau météorologique, la campagne 2020/21 a été marquée par la tempête touchant le site de Terrasolis fin juin, juste après les Culturales. Si les rafales de vent ont fait peu de dégâts sur le site de Syppre, les pluies ont dégradé la qualité des moissons des céréales et des pois, qui ont dû être retardées.

Du fait, entre autres, des conditions climatiques, les cultures suivantes ont eu des performances décevantes :

- Céréales et pois : impact de la tempête sur le rendement,
- Colza : dégâts de gel, conduite trop risquée du colza innovant sur la gestion des ravageurs et adventices, qui a du être abandonné.

Les attaques de pigeons sur les cultures de pois expliquent aussi les mauvaises performances économiques. En revanche, la bonne fourniture en eau a permis d'obtenir de bons rendements pour les cultures de betteraves et de chanvre et cela malgré des populations faibles obtenues suite à un problème de semis pour le chanvre et du gel pour les 2 conduites (témoin et innovant) en betteraves (70 000 pieds maintenus pour le système innovant sur strip-till, et re-semis pour le système témoin). Au global pour la campagne 2021, les performances économiques du système innovant restent moins bonnes que celles du système témoin, mais dans une moindre mesure que les deux précédentes campagnes. Les indicateurs environnementaux et d'utilisation des intrants sont eux à la faveur du système innovant. Pour la troisième année, une rampe de localisation a été utilisée pour le désherbage des betteraves et les traitements aphicides. L'utilisation de cette rampe de localisation complétée par la réalisation de binages a permis de réduire les IFT, tout en gardant des parcelles propres, sans utiliser de glyphosate dans les modalités TCS et avec labour.

Compte tenu des conditions d'humidité, l'utilisation d'une herse étrille au printemps, avec réglage de pression, n'a pas eu l'effet escompté sur orge de printemps, mais a permis de mieux maîtriser le salissement du chanvre que les campagnes précédentes. Enfin, concernant la maîtrise des adventices, l'investissement dans un outil de scalpage permet de mieux gérer les vivaces à l'interculture. Dans les enseignements validés, l'implantation précoce du colza associé avec le strip-till a permis d'obtenir une très bonne levée et une bonne biomasse en entrée d'hiver ces dernières campagnes.

SYNTHÈSE

La campagne 2020/21 a été une année très particulière avec des conditions climatiques extrêmes, et une pression de ravageurs (oiseaux) qui reste importante sur le site Terralab. Cela a impacté significativement le potentiel de production de certaines cultures, une nouvelle fois, au détriment des performances du système innovant. Si la maîtrise des adventices reste une difficulté importante sur ce site compte-tenu de son passif, les différents leviers mis en œuvre conduisent à son amélioration. La problématique de gestion des vivaces dans un itinéraire avec un travail du sol limité est croissante. L'objectif de ne pas utiliser de glyphosate a pu être atteint sur cette campagne sur la plupart des cultures.

PERSPECTIVES

Si les performances techniques et environnementales du système innovant sont dans la bonne voie, les résultats économiques ne sont pas satisfaisants. Une re-conception à la marge est en cours : retrait d'un pois de printemps remplacé par une orge de printemps, changement de positionnement du colza et du chanvre pour conserver le colza derrière une légumineuse (pois d'hiver). L'objectif de réduction de l'emploi d'azote minéral pourra être affecté par ce changement d'assolement. Cependant, il est prévu, pour les années à venir, l'apport d'engrais organiques (vinasse). Afin de permettre l'implantation précoce de légumineuses en interculture, il est prévu de ne pas avoir de sulfonilurées dans le programme de désherbage des céréales. De plus, des vulpins résistants sont présents sur la plateforme.



TERRASOLIS FARM

FERME EXPÉRIMENTALE
DÉMONSTRATEUR DE L'AGRICULTURE BAS CARBONE



TERRASOLIS

le pôle d'innovation de la ressource bas carbone

Rejoignez-nous

www.terrasolis.fr

Avec le soutien de



Et de l'Etat Français,



Opération soutenue par l'État, dans le cadre du CRSD de Reims, Fond pour les restructurations de la Défense, et Fond national d'aménagement et de développement du territoire