

PLATEFORME PÉDAGOGIQUE ET DÉMONSTRATIVE SUR LA FERTILITÉ DES SOLS

Projet

Ce dispositif expérimental s'inscrit dans le réseau de plateformes labellisées ARTEMIS, le projet CASDAR « Transition agro-écologique des exploitations de l'enseignement agricole » et le projet « Cultiver autrement ! » issu de l'appel à projet Agence de l'Eau.

Site

Port-sur-Saône
Vesoul Agrocampus -Exploitation agricole
Route de Bougnon, 70170 Port-sur-Saône

Durée de l'essai : 2015-2019

Type de système : Polycultures – élevage

1 – Origine de l'expérimentation

Le sol a longtemps été considéré comme un simple support pour les plantes cultivées. Cependant, depuis plusieurs années, l'accent est mis sur le rôle central du sol dans l'agroécosystème et sur les bénéfices directs ou indirects dont les humains peuvent bénéficier (services écosystémiques) : 2015 a été déclarée année internationale des sols par l'ONU (Organisation des Nations Unies). A l'échelle de l'exploitation agricole, une bonne fertilité du sol améliore la résilience du système : elle est, avec la réduction des intrants, au cœur de la transition écologique.

C'est dans ce contexte qu'une plateforme pédagogique et démonstrative a été mise en place en 2015 sur le site de l'exploitation agricole de Vesoul Agrocampus à Port-sur-Saône pour étudier les impacts de différents systèmes de culture sur les trois piliers de la fertilité du sol (physique, biologique et chimique).

De nombreuses études existent, évaluant les impacts de différentes techniques de travail, et non-travail, du sol sur sa fertilité, mais elles conduisent à une grande variabilité de données, qui peuvent être contradictoires étant donné l'influence du type de sol, du climat, ... Il est donc apparu indispensable d'acquérir des références localement, dans un contexte pédoclimatique particulier, qui pourront être transposées à l'échelle d'une petite région agricole.

La gestion des adventices étant centrale dans les questions de travail du sol, les performances environnementales des différents systèmes testés doivent être quantifiées. De plus, quel que soit le type d'agriculture, le travail du sol pèse sur les performances économiques des exploitations : les opérations, surtout celles de travail profond, sont coûteuses en énergie fossile et en charges de mécanisation. Les performances économiques des différents systèmes doivent donc également être quantifiées.

2 – Objectifs de l'expérimentation

→ Acquérir des références localement concernant les impacts de cinq systèmes de culture sur les trois piliers de la fertilité du sol (physique, biologique et chimique) : la question du travail du sol et de la gestion des adventices est au cœur des différents systèmes de culture testés

→ Étudier les performances agronomiques (rendements), économiques (marges) et environnementales (IFT) de ces systèmes

→ Diffuser les résultats au près de la profession agricole et valoriser pédagogiquement la plateforme au travers des enseignements

3 – Contextes pédo-climatique, socio-économique, biotique

Situation géographique	Haute Saône (à 12 km de Vesoul)
Climat	Semi-continental dégradé (848 mm/an) T° moyenne : 11,6 °C
Texture de sol	Limono-sableuse
Indice de battance	1,7
Potentiel de rendement	Colza : 30 à 35 q/ha Blé : 60 à 70 q/ha Orge : 60 à 70 q/ha Maïs : 85 à 95 q/ha Soja : 20 à 25 q/ha
Irrigation	Non irrigué
Bioagresseurs fréquents	
Adventices	Très présentes : chénopode blanc, panic pied de coq, liseron, chardon, rumex Plus ou moins présentes : ray-grass, brome, gaillet, coquelicot, véronique, matricaire, géranium renouée, mouron des oiseaux, vesce
Maladies	Risques sur céréales : rhinchosporiose, septoriose et rouilles Risques sur colza : slérotinia.
Ravageurs	Pression limace faible Risques sur céréales : pucerons, cicadelle Risques sur colza : charançons, altises et méligèthes.

Contexte de l'exploitation qui met en œuvre l'expérimentation

Vesoul Agrocampus (anciennement EPLEFPA Vesoul) est un établissement de formations (par voie scolaire, apprentissage et pour adultes). Les principaux thèmes enseignés sont : l'enseignement général, les agroéquipements et la maintenance de matériels, les productions agricoles, les services aux personnes et aux territoires, l'aménagement et les travaux paysagers, ainsi que l'apiculture.

Il se décompose en plusieurs entités :

- Le Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole (LEGTA) Etienne Munier ;
- Le Centre de Formation d'Apprentis Agricoles (CFAA) de Haute-Saône ;
- Le Centre de Formation Professionnelle et de Promotion Agricole (CFPPA) ;
- Le Centre Interinstitutionnel de Bilan de Compétences (CIBC) ;
- L'Exploitation Agricole en polycultures-élevage ;
- Le Hall Agroéquipements.

Celles-ci sont réparties sur 2 sites, l'un au cœur de Vesoul (16 rue Edouard Belin) et l'autre à Port-sur-Saône (Route de Bougnon) à 12 km de Vesoul.

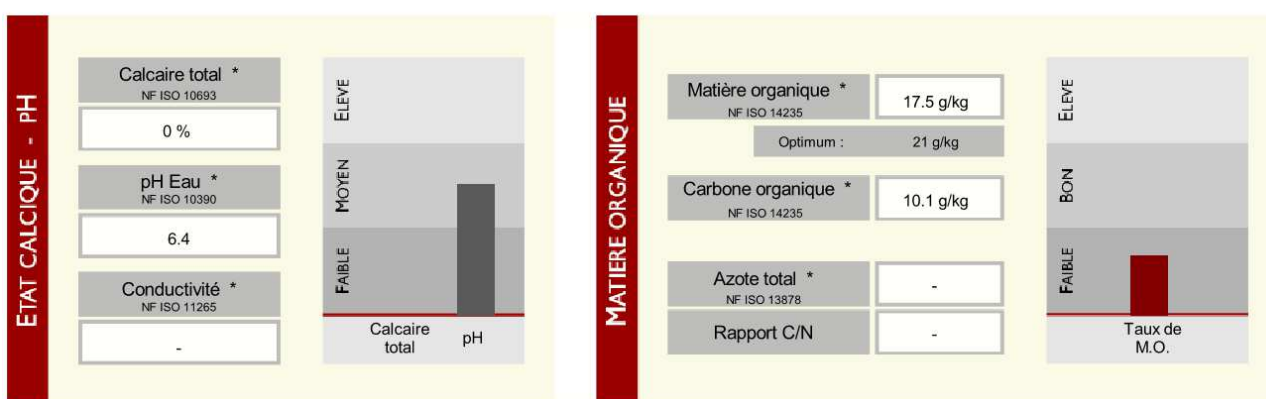
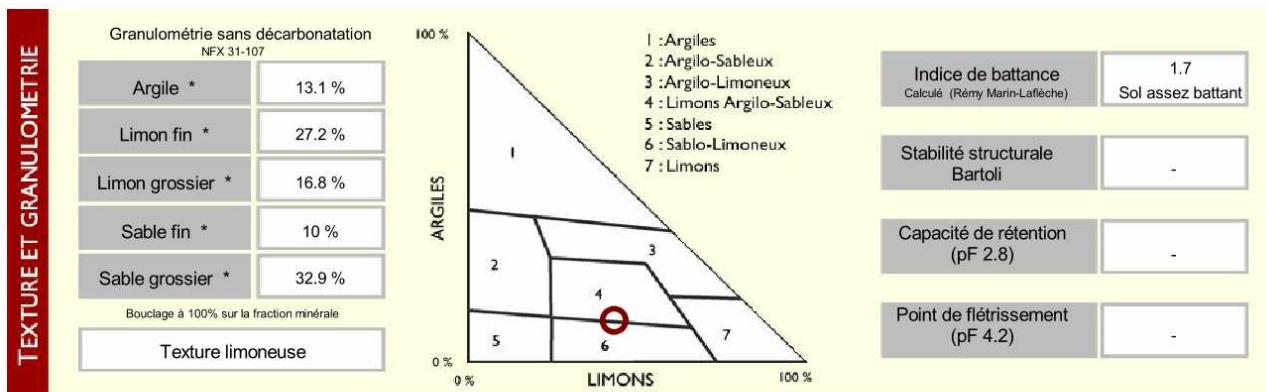
L'exploitation est de type polyculture-élevage diversifiée :

- Main d'œuvre : 5 salariés de droit privé – 4ETP
- SAU : 246 ha de surface agricole utile dont 150 ha en prairies et 86 Ha de grandes cultures.
- 10ha en AB.
- Assolement – rotation : une 10aine de cultures (colza, blé, orge d'hiver, orge de printemps, soja, maïs, pois, tournesol, chanvre, lin, triticale, prairie temporaire, luzerne, etc.) et une rotation principale sur 6 ans.
- Cheptel : 55 vaches laitières Montbéliardes produisant 400 000 L de lait transformés sous signe de qualité IGP Gruyère - 200 brebis Blanches du Massif Central - 300 ruches dont 50 sur un rucher pédagogique.
- Partenaires : CUMA, Chambres d'agriculture, entrepreneurs du territoire, INRAE, Agronov, coopératives, entreprises privées etc..
- Des prestations de service sur le territoire.
- Des expérimentations pluriannuelles et multi-partenariales.

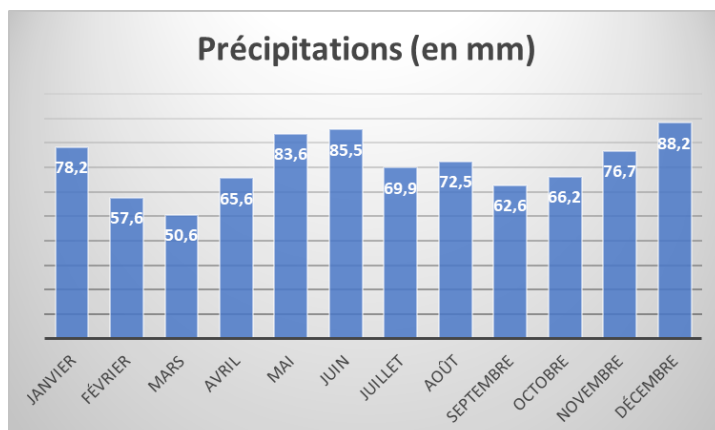
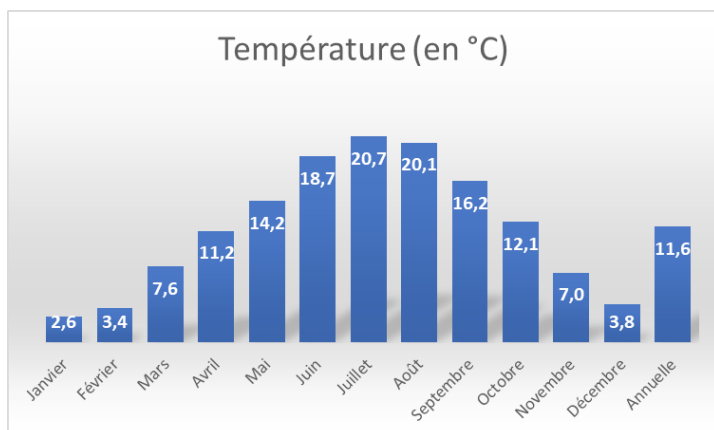
Contexte pédo-climatique :

La parcelle qui héberge l'essai a un sol profond de texture sablo-limoneuse (44 % de limons et 43 % de sable) avec un taux de MO faible, inférieur à 2 %.

Avec 11.6 °C, la température moyenne annuelle à Port sur Saône est un peu plus froide que la moyenne nationale. Cet écart est réparti sur l'ensemble de l'année, car les tendances de températures sont similaires au niveau national. Au niveau pluviométrie, Port sur Saône est au-dessus de la moyenne nationale avec 848 mm de précipitations, contre 797 de moyenne en France. La différence se fait essentiellement sur la période hivernale.



Extrait de l'analyse de sol initiale de la plateforme (2015 – prof. 15 cm)



Températures et précipitations – moyennes mensuelles à Port sùr Saône (2010-2019)

Enjeux locaux et socio-économiques

Les exploitations de Haute-Saône sont essentiellement de type polyculture-élevage avec sur une partie du département, la zone du Graylois, une orientation davantage céréalière. Les débouchés reposent sur une coopérative agricole et quelques entreprises privées. Les principales cultures sont : blé, colza, maïs, orge, tournesol et soja.

4 – Dispositif expérimental

Choix du type de dispositif

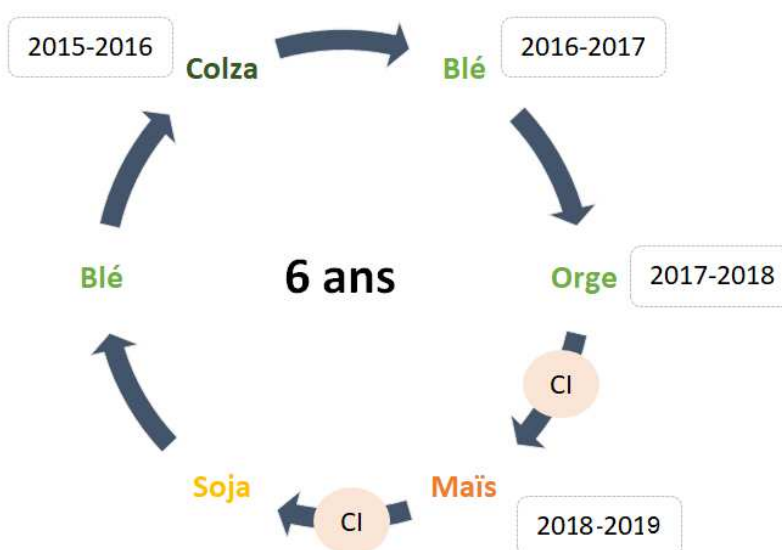
La comparaison de différents types de travail du sol, allant du labour systématique jusqu'au semis direct, est au cœur du dispositif.

Cette comparaison est envisagée dans des conditions « normales » d'emploi des techniques : il convient donc de mettre en place des systèmes cohérents avec chacune des techniques de travail du sol comparées en adaptant d'autres composantes de l'itinéraire technique, notamment le programme de traitements phytosanitaires herbicides et de la densité de semis. Le dispositif expérimental entre donc dans la catégorie des **essais systèmes**.

Cependant, faire varier trop de paramètres au sein des systèmes testés poserait des difficultés quant à l'interprétation des résultats (identification des paramètres responsables des résultats obtenus, répétabilité...). L'itinéraire technique des systèmes testés est donc identique sur les points suivants :

- semis : même date de semis et même culture (même variété ou mélange de variétés)
- programmes de fertilisation identiques
- même programme de traitements hors herbicides
- couvert d'interculture longue pour tous les systèmes.

La rotation pratiquée est donc la même sur l'ensemble de la plateforme, une seule culture étant présente par campagne :



Rotation appliquée aux systèmes de la plateforme d'essai sur la fertilité et la conservation des sols

L'impact des techniques de travail du sol sur le développement d'une culture dépend de ses caractéristiques (système racinaire et sensibilité aux tassements, capacité de compensation, etc.) : cette rotation permet de les tester avec un panel de cultures plus ou moins sensibles aux techniques de travail du sol employées.

Description du dispositif

La plateforme d'essai est située sur une parcelle de 3,2 ha depuis septembre 2015.

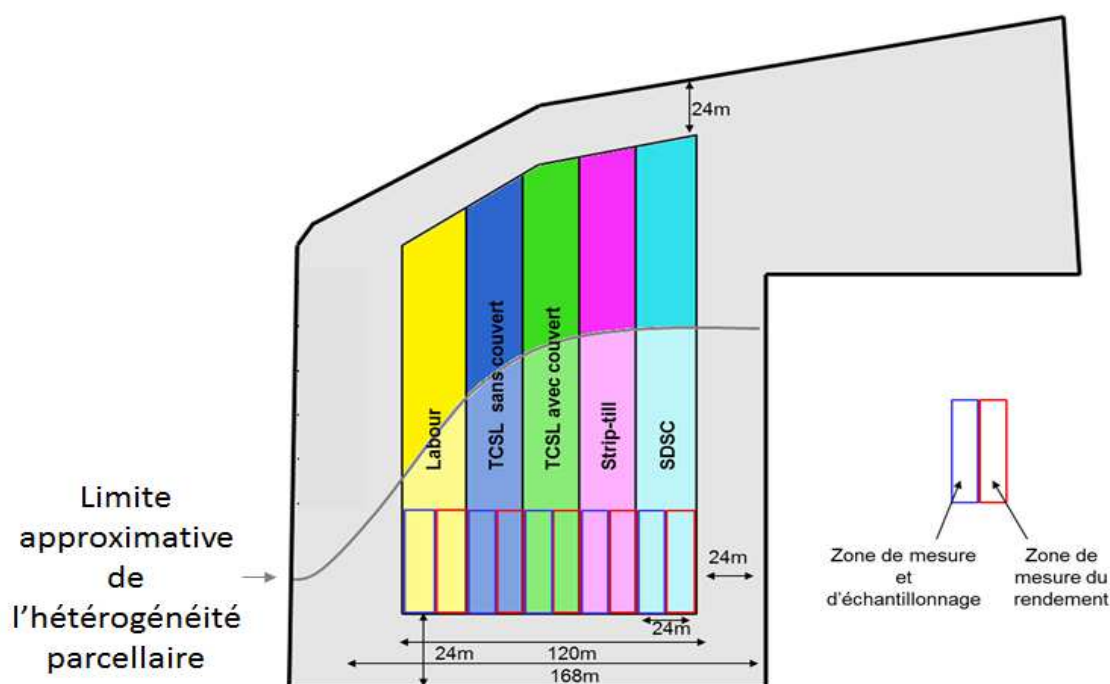
Les cinq systèmes de cultures testés, en bandes, sont :

- S1 : système « labour systématique »
- S2 : système « TCS sans couvert »
- S3 : système « TCS avec couvert »
- S4 : système « strip-till »
- S5 : système « semis direct »

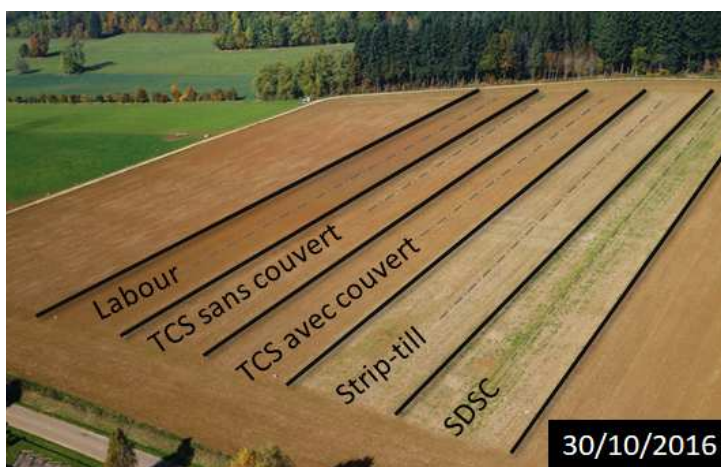
(TCS : Techniques Culturelles Simplifiées)

Ces bandes, de 24 m de large et 200 m de longueur, sont subdivisées en deux bandes de 12 m. L'une d'elle sert au suivi des modalités susceptibles d'engendrer une perte légère de rendement en raison de comptages, de prélèvements de terre et de réalisations de fosses pédologiques. L'autre est donc exclusivement dédiée à la mesure du rendement.

L'ensemble des mesures est réalisé sur une longueur de 40m dans la partie sud de la parcelle contenue dans la zone homogène en terme de caractéristiques pédologiques.



Organisation de la plateforme d'essai sur la fertilité et la conservation des sols



Vue aérienne du dispositif (30/10/2016)

	S1	S2	S3	S4	S5
Type de travail du sol annuel	Labour	TCS	TCS	Strip-till	Semis direct
Profondeur de travail du sol (en cm)	20-25	~ 10	~ 10	~ 20 ^a	-
Couvert d'interculture longue	oui	oui	oui	oui	oui
Couvert d'interculture courte	non	non	oui	(*)	(*)
Densité de semis augmentée	non	non	non	oui	oui
Programme herbicide adapté aux adventices présentes et à leur densité	oui	oui	oui	oui	oui

^a Sur le rang travaillé uniquement, pas de travail du sol sur l'interrang

(*) Repousses du précédent

Caractéristiques principales des systèmes testés

Les règles de décision au moment de la conception du dispositif étaient les suivantes :

- rester sur des pratiques proches de celles observées sur le territoire (avec une exception : le labour systématique)
- privilégier le pragmatisme à une définition trop stricte de chaque système

En conséquence, il a été décidé de ne pas implanter le blé et l'orge en strip-till sur le système S4 et de n'implanter les couverts d'interculture courte qu'en fonction des contraintes (météo notamment) dans le système S3. Concernant le semis direct, il ne s'agit pas d'un semis « sous couvert » au sens strict : les repousses du précédent et les couverts d'intercultures longues assurent une couverture végétale sur une part importante de la rotation mais aucun couvert pérenne n'a été mis en place sur la bande.

Ainsi, il est important de noter que :

- les systèmes S2 et S3 « TCS sans couvert » et TCS « avec couvert » ont été menés différemment uniquement sur la campagne blé 2016-2017 (semis d'un couvert d'interculture courte suite à la récolte du colza) ;
- les systèmes S4 et S5 « strip-till » et « semis direct » ont été menés différemment uniquement sur la campagne maïs en 2018-2019 (et au semis du colza au tout début de l'essai).

Sur les autres campagnes de l'expérimentation, les itinéraires techniques des systèmes S2 et S3 ont été identiques ainsi que les itinéraires techniques des systèmes S4 et S5.

5 – Objectifs assignés aux systèmes testés et attentes

Les cinq systèmes sont testés sans a priori sur les performances à attendre de chacun d'eux : il ne s'agit pas de mettre en évidence l'efficacité de l'un par rapport à l'autre. L'expérimentation vise donc l'évaluation de tous les systèmes au travers des mêmes critères et les mêmes attentes sont fixées pour chacun d'eux.

Les attentes sont définies en terme de seuil minimum à atteindre pour valider la durabilité du système. Au-delà de ces attentes de base, l'expérimentation vise à identifier quel système atteindra des performances supérieures aux autres.

Objectifs

- Disposer d'un système préservant la fertilité du sol tout en atteignant des performances économiques correctes.
- Maîtriser la flore adventice sans dégradation de la situation initiale

Attentes du pilote sur l'ensemble de la rotation

- *Marge semi-nette > 300 €/ha*
- *IFT herbicide < à la référence régionale*

Attentes du responsable de l'expérimentation

- Fertilité physique du sol : densité apparente correcte $\leq 1,5 \text{ g/cm}^3$
- Fertilité biologique : nombre de vers de terre $> 50 / \text{m}^2$

Indicateurs suivis

Les indicateurs de suivi mis en œuvre sont les suivants :

- indicateurs de suivi de la fertilité physique : mesure de densité apparente, profil cultural (à chaque campagne) ;
- indicateurs de suivi de la fertilité chimique : analyse de terre (paramètres physico-chimiques) (tous les deux ans) ;

- indicateurs de suivi de la fertilité biologique : comptage et caractérisation des vers de terre (à chaque campagne), mesure de la matière organique (carbone et azote total), fractionnement de la matière organique, biomasse microbienne (tous les deux ans) ;
- indicateurs de suivi des performances agronomiques : rendement, composantes du rendement, suivi des adventices et autres bioagresseurs (à chaque campagne) ;
- indicateurs de suivi des performances économiques : charges opérationnelles, charges de mécanisation et de main d'œuvre, marges (à chaque campagne) ;
- indicateurs de suivi des performances environnementales : IFT (à chaque campagne).

6 – Stratégie de gestion

cf. fiches d'identité de chacun des systèmes testés

7 – Système de culture pratiqué

cf. fiches d'identité de chacun des systèmes testés

8 – Résultats et performances obtenues

Les tableaux résumant les valeurs obtenues pour les indicateurs suivants sont donnés dans les fiches d'identité de chacun des systèmes testés :

rendement, charges opérationnelles, charges de mécanisation et de main d'œuvre, marge semi_nette, IFT total, IFT herbicides et IFT hors herbicides.

Un bilan concernant les points forts et points faibles de chaque système vis-à-vis de ces indicateurs, avec des éléments d'explication, figurent également dans ces fiches.

Concernant la fertilité physique

Les densités apparentes (g/cm³) sont mesurées dans trois horizons (0-10cm / 10-20cm / 20-30 cm) chaque année pour chaque système depuis 2017. Chaque mesure fait l'objet de trois répétitions, ce qui permet de calculer une moyenne et un écart-type par mesure.

Sans surprise, la densité apparente en surface (horizon 0-10 cm) est systématiquement plus faible en système labour qu'en systèmes TCS et est la plus forte en système semis direct. Les enseignements concernent les densités apparentes (DA) des horizons 10-20cm et 20-30cm.

Elles ne sont pas significativement différentes dans le système labour S1. Les DA de ces horizons ont augmentés en deux ans et demi dans le système labour S1.

Le constat est inverse pour les autres systèmes : les DA de ces deux horizons sont distinctes (légèrement plus compact pour l'horizon le plus profond), mais les valeurs pour chaque horizon n'ont pas significativement évolué en deux ans et demi.

Conclusion : la densité apparente est plus faible dans le système labour par rapport à tous les autres systèmes pour les horizons 10-20 et 20-30 cm. Ce constat est plus marqué pour l'horizon profond 20-30 cm. Cependant, en deux ans et demi (mars 2017 à octobre 2019) les densités du labour se rapprochent de celles des autres modalités, qui restent stables.

Concernant la fertilité biologique

Concernant le suivi de la biomasse de vers de terre, un effet notable du travail du sol, en système labour mais aussi en systèmes TCS, a été mis en évidence dans les semaines qui suivaient l'intervention : deux fois plus de vers de terre ont été relevés en semis direct par rapport aux autres systèmes. Cependant, les relevés après huit mois sous couvert d'interculture longue ont révélé un lissage des différences entre systèmes (différences non significatives). Un effet de la sécheresse, qui a fait varier la biomasse de vers de terre relevés dans des proportions similaires au travail du sol, a également été mis en évidence au printemps 2019. Enfin, il n'est pas exclu, la largeur de chaque essai étant limitée (24m) que les vers puissent migrer dans les bandes voisines.

	Labour	TCS sans couvert	TCS « avec couvert »	« Strip-till » (le 13/08/2015 – puis le 29/03/2019)	Semis Direct
2017 (début avril - blé)	36	37	41	40	81
2019 (19 mars CI)	21			31	30
2019 (07 mai - 5 semaines après W sol)	7	8	2	38	30

Nombre de vers de terre mesurés
(moyenne de deux mesures par date et par modalité)

nb :

- les mesures sont réalisées chaque année avec des classes depuis 2017
- les mesures en 2018 n'ont pas pu avoir lieu (printemps 2018 trop chaud, automne 2018 trop sec)
- par date et par modalité le nombre fourni correspond à la moyenne de deux mesures réalisées par deux groupes différents
- les conditions étaient similaires pour toutes ces mesures (pluie dans les 2 à 4 jours précédant la mesure, temps avec éclaircies le jour de la mesure et température entre 5 et 12°C).

Conclusions :

Concernant le suivi du **taux de matières organiques**, les trois campagnes de mesure réalisées en 2015, 2017 et 2019 n'ont pas révélés de différences significatives entre les cinq systèmes testés : entre 1,4 et 1,8 % en fonction des systèmes et des années (2015-2017-2019), valeurs faibles mais bien réparties entre humus (80 à 85%) et MO libre (15 à 20%)

Ce constat n'est pas étonnant dans la mesure où :

- le programme de **fertilisation organique** est **identique** dans chaque système ;
- les difficultés d'implantation de **couverts en interculture** courte ont finalement mené à une **absence de différences entre les systèmes** sur ce point, sauf sur une campagne.

En revanche, une **différence significative entre années, tous systèmes confondus**, a été notée suite à la première interculture longue, mise en place de l'automne 2018 au printemps 2019 : les taux de matières organiques relevés à la **sortie de l'hiver (fin février) 2019** ont tous marqué une **tendance à la baisse** par rapport aux taux relevés en 2015 puis en 2017. Cette tendance est à mettre en lien avec une **forte minéralisation du carbone mesurée** à la sortie de l'hiver (fin février) 2019.

Concernant les performances économiques et environnementales

Les deux systèmes basés sur le **semis direct pour les céréales (S4 et S5)** se sont traduits pour ces cultures par un **salissement accru** des parcelles et donc la nécessité d'**augmenter les IFT herbicides afin de maintenir les rendements**. Cependant, **pour le maïs** (dernière campagne de l'essai) ce recours accru aux **herbicides n'a pas permis d'éviter un décrochage de rendement** pour le système S5 dû à des pertes à la levée, tandis que l'**implantation en strip-till** dans le système S4 a permis de **limiter l'écart** à trois points avec le système ayant atteint le meilleur rendement pour cette campagne.

Du point de vue des **performances économiques**, l'augmentation des IFT herbicides joue bien sûr sur les charges opérationnelles de ces deux **systèmes S4 et S5 par rapport au système de référence S1** basé sur le labour systématique. Mais ce surcroît de charges est largement compensé par la **baisse des charges de mécanisation et de main d'œuvre**. Ainsi, la **marge semi-nette du système S4 est supérieure à celle du système de référence S1 pour les deux dernières campagnes**. La **marge semi-nette du système S5** en revanche reste nettement **inférieure aux autres systèmes testés**, du fait d'un **rendement plus faible**. La marge semi nette obtenue sur colza est peu significative dans la mesure où le rendement a été sécurisé pour la première campagne par un labour sur l'ensemble de la plateforme préalable au démarrage de l'essai **le 28 octobre 2014** pour l'implantation du blé tendre d'hiver précédant le colza.

Les deux systèmes en TCS S2 et S3 quant à eux sont les **plus performants économiquement sur les deux dernières campagnes** (orge 2018 et maïs 2019), du fait de **rendements obtenus supérieurs aux autres systèmes** et de **charges de mécanisation et de main d'œuvre plus faibles** que pour le système de référence S1 basé sur le labour.

Mais ce résultat est à nuancer en fonction du précédent cultural et de la gestion des intercultures courtes :

- **pour un précédent colza**, nécessitant un, voire deux **broyages**, le **gain de charges** de mécanisation en TCS par rapport au système labour se trouve **amoindri** (la remarque vaut aussi pour les systèmes en semis direct) ;
- le **semis d'un couvert d'interculture courte pèse sur les charges** opérationnelles.

Concernant ce dernier point, il est à noter que le semis d'un couvert d'interculture courte n'a été réalisé qu'une seule fois au cours de l'essai, avant l'implantation du blé à la deuxième campagne.

Si les **IFT herbicides du système S1 basé sur le labour** sont les **plus faibles de tous les systèmes testés pour toutes les campagnes hors colza**, les deux systèmes en **TCS S2 et S3** présentent des **IFT très proches de S1** et systématiquement **inférieurs à la référence régionale**. En revanche les systèmes basés sur le **semis direct sur tout ou partie de la rotation (S4 et S5)** sont associés aux **IFT herbicides les plus forts, supérieurs à la référence régionale**.

9 – Enseignements, pistes d'amélioration du système et perspectives

Concernant la conduite des systèmes

Les limons sableux n'ont pas de capacité de restructuration naturelle. De plus, le taux de matières organiques (MO) d'après les analyses de sol est faible (entre 1,4 et 1,7 %), avec une tendance à la surconsommation par minéralisation. Le système n'a donc pas de capacité à se solidifier et a une tendance à la compression.

Il faut amener plus d'amendements stables pour calmer la minéralisation et faire augmenter le taux de matières organiques dans le sol. Une nouvelle règle pour la conduite des systèmes testés sera donc la suivante : fixer pour tous les systèmes une quantité et une fréquence des amendements organiques visant à remonter le taux de MO et observer quel système arrive le premier à un taux satisfaisant. Le but est de laisser à chaque système la possibilité « de s'exprimer » en maximisant le taux de MO du sol.

Concernant les systèmes testés et les objectifs de la plateforme

Le système incluant le strip-till comme travail du sol n'apparaît plus pertinente, dans la mesure où ce mode de travail du sol n'est utilisé que ponctuellement dans la rotation et n'est pas représentatif des pratiques rencontrées dans la région. Cette variante sera remplacée par une bande en semis direct, avec possibilité de fissuration au besoin, pour relancer l'activité microbienne, contrairement à la deuxième bande laissée en semis direct. La deuxième bande en semis direct deviendra un semis direct sous couvert permanent.

Le système correspondant à un labour systématique sera conservé comme système de référence mais sera complété par un système basé sur un labour occasionnel, décidé à chaque campagne en fonction des conditions de l'année, notamment en fonction du salissement de la parcelle. Ce nouveau système permettra de relativiser les effets du labour sur la fertilité du sol (puisque celui-ci ne sera plus systématique) tout en étudiant ses bénéfices sur la gestion des adventices. Afin de ne pas multiplier les systèmes testés, cette nouvelle modalité prendra la place du système actuellement basé sur un travail du sol simplifié avec couvert. En effet, la variante entre les deux systèmes basés sur un travail du sol simplifié (couvert lors des intercultures courtes) n'a pu être mise en œuvre qu'une seule fois depuis le début de l'essai. De plus, cet historique reste cohérent avec les règles de conduite du nouveau système lorsqu'un labour ne sera pas déclenché.

L'utilisation du glyphosate est à supprimer sur cet essai : il doit être remplacé par les autres leviers existants pour gérer les adventices en interculture (travail du sol et couvert).

Les deux modes de gestion des adventices (et repousses) en interculture, hors glyphosate, étant le travail du sol et les couverts, il serait intéressant de disposer d'une modalité en TCS misant sur les couverts et d'une autre misant sur le travail du sol en remplacement du glyphosate, ainsi que

d'une modalité en semis direct s'autorisant le recours au scalpage tandis que l'autre mise sur les couverts permanents. Cela permettrait de comparer les deux voies du point de vue de la gestion du salissement de la parcelle, mais aussi d'apprécier leurs impacts respectifs sur le premier objectif de redressement du taux de matières organiques du sol (travail du sol et facilité de décomposition des amendements, couverts et développement de la vie du sol...). Concernant plus spécifiquement le colza, le semis avec des plantes compagnes a démontré son intérêt, notamment sur la limitation du recours aux herbicide : il sera généralisé sur l'ensemble des systèmes.

Enfin, la rotation sur 6 ans reflétant les pratiques mises en œuvre sur la majorité du parcellaire de l'exploitation de l'EPLEFPA de Vesoul doit être maintenue. La poursuite des expérimentations, menées actuellement jusqu'en année 4 de la rotation, permettrait d'acquérir des références sur les cultures qui n'ont pas encore pu être testées, notamment le soja, dont la culture se développe sur notre territoire. De plus, elle permettrait de renouveler les références sur des cultures certes déjà testées mais dans un contexte de transition, où les systèmes n'étaient certainement arrivés à l'équilibre.

Concernant le suivi des performances

Les indicateurs de la performance agronomique des systèmes utilisés sont le rendement, les composantes du rendement et le suivi des adventices.

Concernant les **composantes du rendement**, celles-ci sont **mesurées par différents groupes d'élèves** au cours de chaque campagne. Mais la **variabilité des résultats** rend l'**interprétation** des résultats **délicate** et limite donc les possibilités d'explication du rendement de chaque système. Il faudra donc à l'avenir doubler ces mesures par des **mesures réalisées par la responsable de l'expérimentation**.

Concernant le **suivi des adventices**, il est consigné de manière **détaillé** mais peu de fois, essentiellement **à la récolte**. Ce type de suivi ne permet pas de rendre compte finement de la **concurrence subie par la culture tout au long de la campagne** et qui peut expliquer des écarts de rendement. Il faudra donc à l'avenir adopter une autre stratégie de suivi : **moins exhaustive**, voire basée sur un simple seuil visuel plutôt qu'un comptage par placettes, **mais répétée souvent** tout au long de la campagne, de l'implantation à la récolte de la culture.

Enfin, concernant la **mesure du rendement**, elle doit être réalisée **sur toute la largeur (12m)** de la demi-bande affectée à cette mesure et **sur toute la longueur de 40m** dans la partie sud de la parcelle correspondant à la zone homogène de la plateforme, afin de ne **pas introduire de biais de mesure lié à la variabilité spatiale**.

Concernant les indicateurs de suivi de la fertilité du sol

Actuellement, le suivi de la fertilité physique est fait essentiellement à l'aide de mesures de densité apparente. Un comptage de vers de terre est réalisé chaque campagne pour le suivi de la fertilité biologique mais il n'est pas valorisé dans l'analyse de la fertilité physique. Les résultats que nous fournissons actuellement ces indicateurs ne suffisent donc pas à appréhender la structure du sol et sa fonctionnalité en terme de circulation de l'eau, de l'air et de prospection racinaire. De plus,

l'évolution des résultats n'est pas toujours facile à interpréter. L'utilisation d'autres indicateurs permettra de mieux expliquer ceux-ci.

Afin de comprendre et d'identifier les impacts du travail du sol, il semble judicieux de suivre les quatre fonctions du sol sur lesquelles joue la fertilité physique :

- Son aération, avec la mesure de sa porosité via la densité apparente.
- Le développement racinaire à l'aide de test bêche et de mini-profils 3D.
- La circulation de l'eau par des tests d'infiltration
- L'activité biologique, en dénombrant les vers de terre et en caractérisant la présence de chaque espèce, notamment les anéciques et les endogés, puisqu'elles ont des impacts différents sur la structure du sol

Il faut donc compléter les indicateurs mis en place à la création de la plateforme (densité apparente et comptage de vers de terre) par des indicateurs utiles suggérés par la bibliographie, à savoir :

- des test d'infiltration,
- des mini-profils 3D,
- une caractérisation des vers de terre par espèce et stade : engogés juvéniles, endogés adultes, anéciques juvéniles, anéciques adultes, épigés juvéniles, épigés adultes.

En effet :

- la densité apparente n'est qu'un indicateur global de la qualité de la structure mais il ne donne pas d'infos sur la bonne circulation de l'eau (une porosité faible mais avec une bonne connectivité assure une bonne circulation) et la colonisation par les racines,
- les différentes modalités de travail du sol et la diminution du travail n'impacte pas toutes les espèces de vers de terre de la même manière (impacte surtout les anéciques, moins les endogés),
- les espèces de vers de terre n'ont pas la même action sur la structure du sol (anéciques = porosité verticale profonde avec forte connectivité, endogés = structure grumeleuse en surface),
- les tests d'infiltration permettront de juger de la fonctionnalité de la structure du point de vue de la circulation de l'eau,
- les mini-profils 3D permettront de juger de la colonisation par les racines et mesurer une profondeur d'enracinement (utile pour appréhender des différences de rendement...).

Concernant la fertilité biologique, l'accent étant à mettre sur l'augmentation des apports en matières organiques, l'action des décomposeurs sera à suivre plus régulièrement (à chaque campagne) pour rendre compte de la réponse de chaque système. Une approche simple, peu coûteuse et pédagogique, de type Litterbag ou test « sachets de thé », sera à privilégier et donnera une vision de l'action globale de l'ensemble des décomposeurs.

Enfin, ces nouveaux indicateurs permettront de mettre en évidence les relations entre ces trois aspects de la fertilité :

- pour aider les apprenants à construire une vision systémique des problématiques abordées en leur permettant d'identifier les interrelations entre les différentes composantes suivies au travers de ces indicateurs,

- pour mieux analyser les résultats et communiquer auprès des professionnels agricoles.

Concernant la formalisation du transfert pédagogique

La forte implication des apprenants (130 en moyenne pour chaque campagne) dans la réalisation de mesures sur le terrain est à pérenniser.

Mais les classes ont surtout été associées à la prise de mesures et aux observations :

- Suivi du peuplement végétal : perte à la levée, perte en sortie d'hiver, pesées de biomasse pour le colza,
- Suivi de l'état sanitaire du peuplement végétal,
- Estimation des populations lombriciennes,
- Calcul de la fertilisation azotée,
- Lecture de profils culturaux

L'association des apprenants à l'analyse des résultats de ces mesures et à la réalisation de liens entre ces différents résultats doit donc être améliorée.

→ TD à développer à partir des données brutes (valeurs des différents indicateurs sur les différents SdC pour toutes les campagnes) acquises sur la plateforme : au-delà de l'implication des apprenants dans le suivi des indicateurs de la fertilité du sol, il faut développer leur implication dans l'analyse des résultats.

10 – Contacts

- **Stéphanie WEISSENBACHER** (EPLEFPA Vesoul)
mail : stephanie.weissenbacher@educagri.fr