

## PLATEFORME PÉDAGOGIQUE ET DÉMONSTRATIVE SUR LA FERTILITÉ DES SOLS

### Projet

Ce dispositif expérimental s'inscrit dans le projet Ecophyto'TER jusqu'en 2022 après s'être inscrit à l'origine dans 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.

Ce dispositif expérimental s'inscrit également dans le réseau de plateformes labellisées ARTEMIS.

### Site

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

**Durée de l'essai : 2019-2022**

*(Suite de la première partie de l'essai 2015-2019)*

**Type de système : Polycultures – élevage**

### **1 – Origine de l'expérimentation**

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 question du travail du sol et de la gestion des adventices étant au cœur des différents systèmes de culture testés, leurs performances environnementales (IFT) et économiques (notamment charges de mécanisation) doivent 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)
- 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

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

Pour plus de détail, cf. **Annexe 1**.

#### 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.

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, triticales, 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.

### **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**

**Année de début d'expérimentation** : 2016 (1<sup>ère</sup> récolte)

**Durée prévue** : *a minima* une rotation, soit 6 ans

#### **Type de dispositif**

Les cinq systèmes de culture sont expérimentés sur une parcelle de l'exploitation, de 3 ha.

La surface affectée à chaque système (0,5 ha) est plutôt faible. Il est à noter que les systèmes sont testés sur des bandes de largeur faible (24m).

*Pour plus de détail, cf. **Annexe 2**.*

Il n'y a pas de système de référence : 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.

#### **Organismes impliqués**

Chambre d'agriculture de Haute-Saône

Chambre régionale d'agriculture de Bourgogne Franche-Comté

Réseau ARTEMIS

### **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 / m<sup>2</sup>

### 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 – Grands traits des systèmes de culture

La rotation<sup>1</sup> pratiquée est la même sur l'ensemble de la plateforme, une seule culture étant présente par campagne : colza, blé, orge, maïs, soja, blé (1<sup>ère</sup> récolte : colza en 2016).

---

<sup>1</sup> Cette rotation permet de tester un panel de cultures plus ou moins sensibles aux techniques de travail du sol employées.

Système	Traits communs aux cinq systèmes testés
Rotation	Colza – Blé – Orge – Maïs – Soja – Blé
Stratégies principales	<p><u>Système avec une alternance de cultures</u> d'hiver et de printemps et une alternance de familles (Brassicacées, Poacées, Fabacées) pour rompre le cycle des bioagresseurs (adventices, maladies et ravageurs).</p> <p>Rotation longue avec implantation de couverts sur les intercultures longues.</p> <p><u>Gestion des adventices basée sur</u> l'alternance des cultures d'hiver et de printemps, les couverts sur les intercultures longues et la lutte chimique à dose réduite en fonction des observations au champ.</p> <p><i>Le travail du sol en interculture dépend du système de culture.</i></p> <p><u>Gestion du statut organique basée sur</u> un apport régulier de compost de fumier de bovins lait (tous les 3 ans) et sur l'incorporation des résidus du précédent par le labour. Exportation des pailles de céréales.</p> <p><u>Gestion des maladies basée sur</u> le contrôle cultural (choix variétal, broyage des cannes de maïs) et la lutte chimique à dose réduite.</p> <p><u>Pas de lutte chimique contre les ravageurs</u>, lutte biologique (trichogramme) sur maïs.</p>
Colza	Mélange de variétés dont une à floraison très précoce pour limiter les dégâts de méligèthes sur la variété principale. Semis avancé au 21/08 dans l'objectif d'avoir des colzas vigoureux et plus résistants. Association avec des plantes compagnes. Impasse de lutte chimique contre les ravageurs (charançon du bourgeon terminal, de la tige, grosse altise, méligèthes). Fongicides sclerotinia et oïdium.
Blé	Variété peu sensible à la rouille jaune et à la verse, lutte chimique contre la septoriose.
Orge	Variété peu sensible à la rynchosporiose, lutte chimique contre l'helminthosporiose.
Maïs	Semis précoce avec des variétés adaptées localement. Lutte biologique (trichogramme) systématique. Pas de fongicides. Désherbage mécanique avec passages de bineuse.
Couverts intermédiaires	<p>Implanté sur les intercultures longues :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mélange multi-espèces entre le blé et le maïs,</li> <li>- triticale entre le maïs et le soja.</li> </ul>

L'itinéraire technique des systèmes testés est 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.



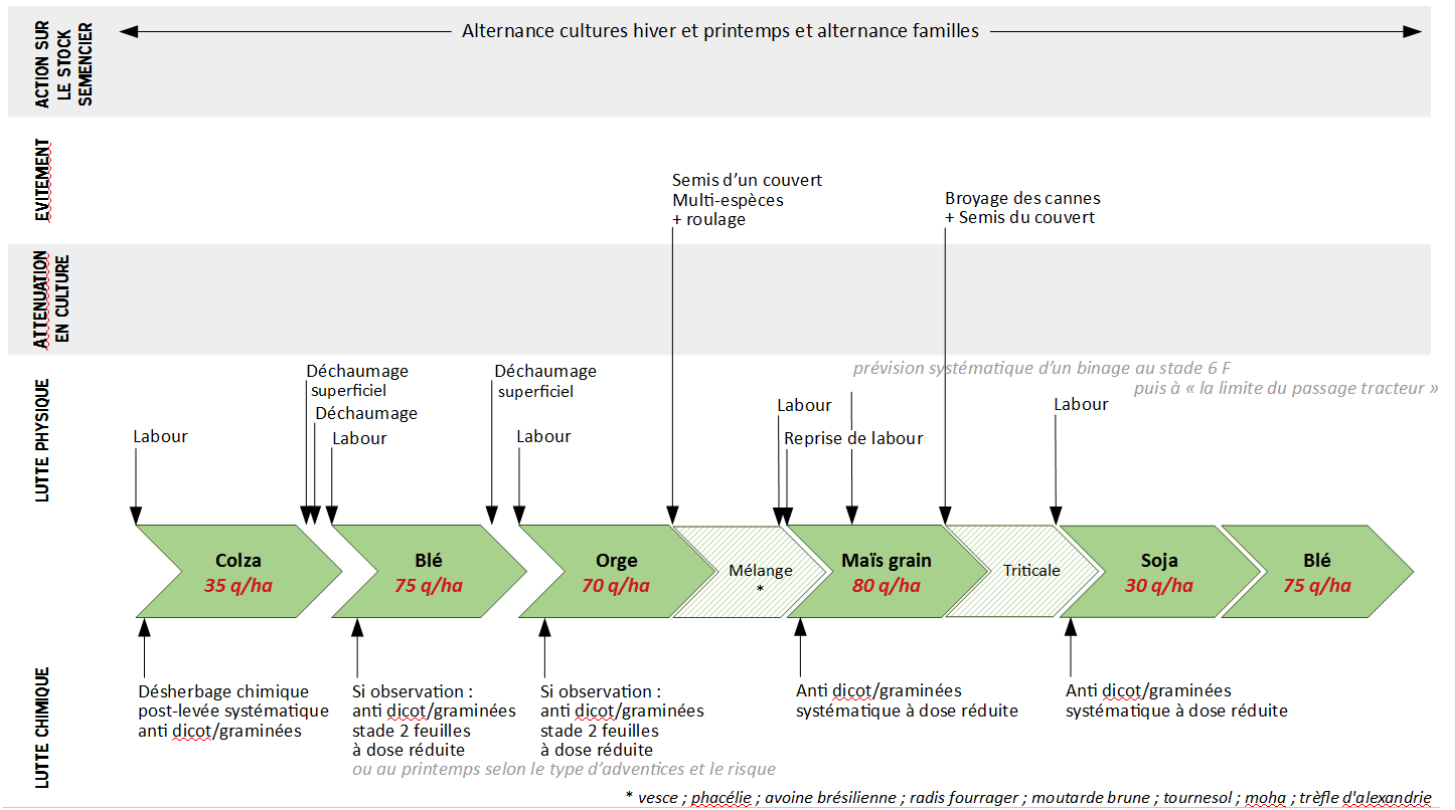


Schéma de gestion des adventices pour le système S1 (labour)

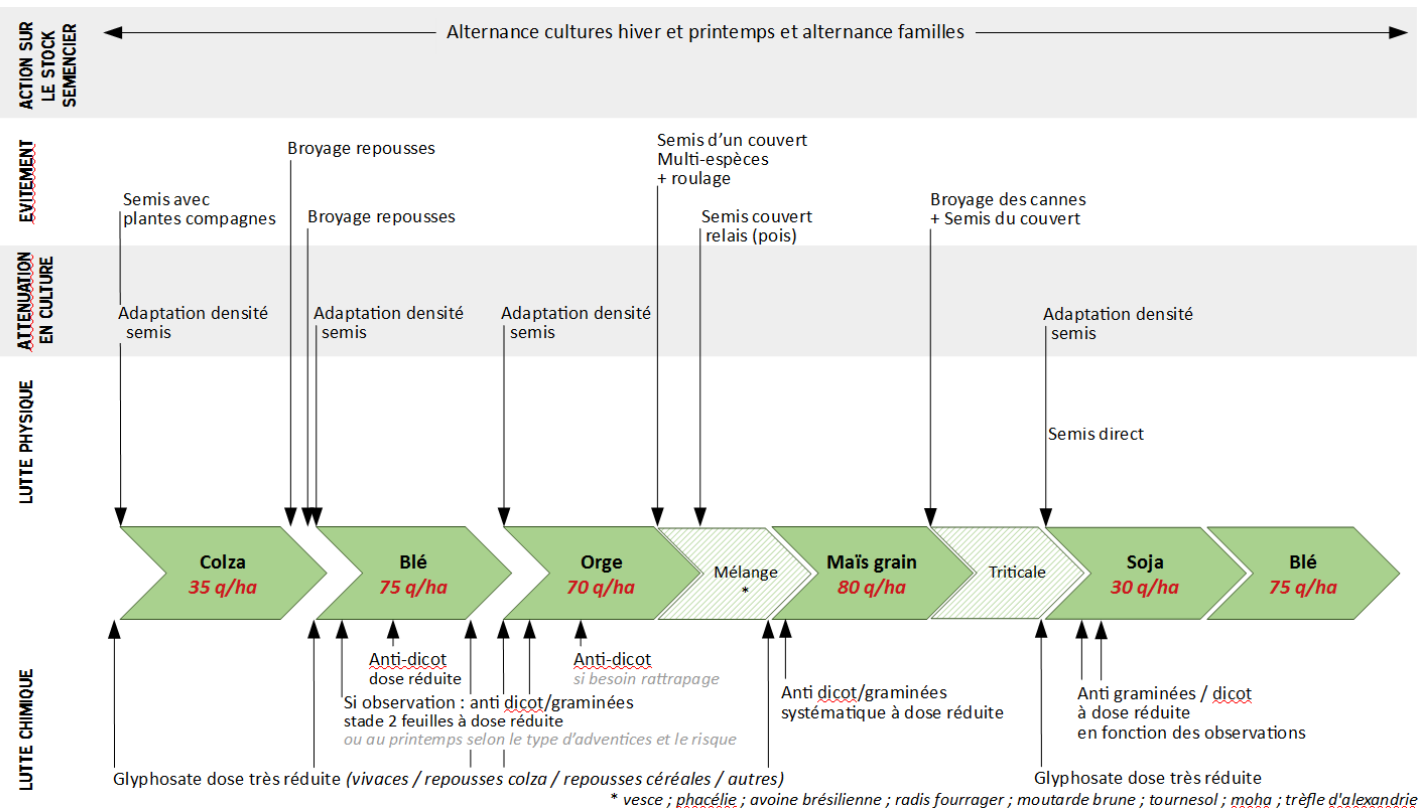


Schéma de gestion des adventices pour le système S5 (semis direct)

## 7 – Système de culture pratiqué

Le détail des 5 systèmes de culture pratiqués figure en annexe.

## 8 – Résultats et performances obtenues

### Concernant les performances agronomiques, économiques et environnementales

Le détail des rendement, charges opérationnelles, charges de mécanisation et de main d'œuvre, marge semi\_nette, IFT total, IFT herbicides et IFT hors herbicides obtenus pour chaque système figure en **annexe 4**.

Points forts et points faibles de chaque système :

Système S1	Ce qui a marché	Ce qui n'a pas marché
<b>Rendement</b>	<b>Plus fort</b> de tous les systèmes testés à la <b>1<sup>ère</sup> récolte</b> de l'essai en 2016 (colza)	<b>Un des plus faibles</b> de tous les systèmes testés <b>la dernière campagne</b> (maïs 2019) ( <i>épis plus petits</i> )
<b>IFT Herbicide</b>	<b>Plus faible</b> de tous les systèmes sur <b>céréales d'hiver</b> ( <i>moins de graminées</i> ) IFT <b>inférieur à la référence régionale</b> sur <b>toutes</b> les campagnes	
<b>Charges de mécanisation<sup>2</sup></b>		Charges les <b>plus fortes</b> par rapport aux autres systèmes sur toutes les campagnes (sauf blé 2016-2017)
<b>Marge semi-nette<sup>3</sup></b>		Une des marges <b>les plus faibles</b> (après le système S5) pour les <b>deux dernières campagnes</b> (orge 2018 et maïs 2019)

Les principaux points forts et faibles du système S3 sont les mêmes que pour le système S2 :

- la maîtrise des **charges de mécanisation** et de main d'œuvre, associée à des **rendements supérieurs** aux autres système, expliquent la meilleure performance économique de ces deux systèmes par rapport aux autres
- **mais la multiplication des opérations de travail du sol en interculture (3 passages de déchaumeur au lieu de 2) ou l'introduction de couverts sur les intercultures courtes impactent cette performance.**

<sup>2</sup> Ces charges incluent les coûts de tracteur, outil, carburant et main d'œuvre selon le barème d'entraide de chaque campagne.

<sup>3</sup> Produit hors aides moins charges opérationnelles moins charges de mécanisation et de main d'œuvre



Système S2	Ce qui a marché	Ce qui n'a pas marché
<b>Rendement</b>	<b>Plus fort</b> de tous les systèmes testés les deux <b>dernières campagnes</b> (orge 2018 et maïs 2019)	
<b>IFT Herbicide</b>	IFT <b>inférieur à la référence régionale</b> sur <b>toutes</b> les campagnes	
<b>Charges de mécanisation</b>	<b>Bien inférieures</b> au système <b>S1</b> et <b>maîtrisées</b> par rapport aux systèmes S4 et S5 pour les <b>deux dernières campagnes</b>	<b>Très proches</b> du système le plus coûteux sur ce point ( <b>S1</b> ) pour les <b>deux premières campagnes</b> ( <i>trois passages au lieu de deux</i> )
<b>Marge semi-nette</b>	Marge la <b>plus forte pour les deux dernières campagnes</b> (avec le système S3)	

Système S5	Ce qui a marché	Ce qui n'a pas marché
<b>Rendement</b>		<b>Systématiquement plus faible</b> que les autres systèmes testés ( <i>pertes à la levée et concurrence adventices</i> )
<b>IFT Herbicide</b>		IFT <b>supérieur à la référence régionales</b> pour les deux dernières campagnes (orge et maïs)
<b>Charges de mécanisation</b>	<b>Plus faibles</b> de tous les systèmes sur <b>toutes les campagnes</b>	<b>Gain de charges faible</b> par rapport aux autres systèmes et notamment S2 <b>sur le blé</b> ( <i>broyage des cannes de colza</i> ) et le <b>maïs</b> ( <i>couvert relais supplémentaire</i> )
<b>Marge semi-nette</b>		La <b>plus faible</b> sur <b>toutes les campagnes</b> sauf la 1 <sup>ère</sup>

Les principaux points forts et faibles du système S4 sont les mêmes que pour le système S5 :

- **malgré des charges totales plus faibles**, le système présente une marge semi-nette nettement **inférieure aux autres systèmes testés**, du fait d'un **rendement plus faible** (*il est à noter cependant que le strip-till a permis d'éviter les pertes à la levée par rapport au semis direct mais qu'il engendre un surcoût en charges de mécanisation*)
- la **pression adventice** est plus forte pour ce système que pour les systèmes avec travail du sol, l'**IFT herbicide devenant supérieur à la référence régionale**.

### Concernant la fertilité physique

Les densités apparentes (g/cm<sup>3</sup>) 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 pour rendre compte de la variabilité au sein de la parcelle, 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 en 2019 **dans les semaines qui suivent 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.**

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, notamment dans la mesure où le programme de **fertilisation organique est identique** dans chaque système.

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 maîtrisées**. 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 herbicides : 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 le 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-profil 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](mailto:stephanie.weissenbacher@educagri.fr)