

3 systèmes grandes cultures comparés

en sol de limon argileux tourangeau (2014-2018)



Sommaire

1- Les trois systèmes comparés	p.2
2- Origine des systèmes testés	p.3
3- Contexte pédoclimatique	p.4
4- Dispositif expérimental	p.4
5- Objectifs et résultats attendus	p.5
6- Stratégies de gestion	p.5
7- Synthèse des pratiques culturelles	p.5
8- Résultats et performances obtenus	p.13
9- Conclusion	p.26
10- Arborescence développement durable	p.27

Annexes

Schémas décisionnels	p.30
Mesures et éléments de gestion	p.34
Plan de l'essai	p.43
Photos	p.44

Cette synthèse porte sur une comparaison de systèmes de culture. A la différence d'une expérimentation d'un nouveau système conduite par un agriculteur, cette comparaison est réalisée dans le cadre d'un essai, en petites parcelles, avec des conduites réalisées dans un temps imparti par un salarié de la chambre d'agriculture et le matériel disponible sur l'exploitation. De plus les règles de décision et les rotations ont été appelées à varier le moins possible durant l'expérimentation, ce qui n'est pas le cas pour un agriculteur.

Bruno Chevalier
septembre 2019

1-Les trois systèmes comparés

	Classique	TCS	Conservation
Rotation	colza/blé/orge d'hiver	colza/blé/couvert/maïs/blé	colza/blé dur/couvert/millet/blé/couvert/maïs/féverole d'hiver
Stratégies principales	Système de référence Rotation sur 3 cultures : colza/blé/orge d'hiver. Labour tous les 3 ans (entre blé et orge). Possible plus souvent selon l'état du sol. Conduites orientées vers la recherche de productivité, d'assurance du rendement et d'optimisation de la marge sur chaque culture dans le cadre d'une agriculture raisonnée telle qu'elle peut être pratiquée aujourd'hui mais qui ne se réfèrent pas systématiquement aux conseils délivrés par la Chambre. Gestion annuelle du salissement avec recherche de l'efficacité optimale sur chaque parcelle, chaque année.	Rotation classique pour la région. Absence de labour. Conduites proches du système conventionnel mais intégrant une recherche de diminution du travail du sol et des solutions chimiques par une conduite intégrée (semis tardif de céréales, mélange variétal), des méthodes alternatives de désherbage (herbicide localisé, binage, herse étrille). Choix variétal intégrant la rusticité à productivité et qualité égales.	Rotation avec 6 cultures dont 2 d'été. 2 dicots et 4 graminées. Succession maïs-féverole pour sécuriser l'implantation en direct du protéagineux et féverole-colza pour valoriser l'azote. Couverts essentiellement à base de légumineuses pour diminuer l'utilisation d'azote minéral dans le système, semés aussitôt après moisson. Absence de travail du sol. Réduction des phytosanitaires par la succession culturale, les cultures associées (colza) et la tolérance variétale.
Colza	Déchaumage et fissuration. Semis fin août. Variété hybride. Protection au seuil BSV.	Déchaumage et fissuration. Semis fin août. Protection au seuil BSV.	Semis direct à dent. Semis précoce avant le 15-20 août. Association avec féverole, lentille et trèfle. Protection insecticide au seuil BSV. Absence d'anti-sclérotinia.
Blé	Déchaumage et fissuration. Variété productive BP ou BPS tolérante aux mosaïques (type Accroc) semence traitée insecticide. Semis vers le 10-15 octobre. Double application de fongicides foliaires et anti-fusariose. Régulation systématique.	Déchaumage et fissuration. Mélange variétal BP ou BPS comportant des cultivars tolérants aux mosaïques et aux maladies (type Ascott+Oregrain+RGT Mondio+Syllon). Semence traitée insecticide. Semis après le 15 octobre. Une seule application de fongicide foliaire.	Semis direct à dent. Mélange variétal BP ou BPS comportant des cultivars tolérants aux mosaïques et aux maladies en particulier fusariose (type Ascott+Alixan+Apache+Syllon). Semis après le 15 octobre. Une seule application de fongicide foliaire
Orge d'hiver	Déchaumage et labour. Semis vers le 10-15 octobre. Variété productive (Isocel), semence traitée insecticide. Double application de fongicides foliaires. Régulation systématique en une application.		
Blé dur			Semis direct à dent. Mélange variétal avec des cultivars de qualité tolérants aux maladies (type Karur+Anvergur+Tablur+Qualidur). Semis fin octobre. Deux applications de fongicide foliaire.
Millet			Semis direct à dent début mai.
Couvert		Semis début août. Mélange à base de crucifères et/ou phacélie et/ou avoine.	Semis fin juillet-début août. Mélange à base de légumineuses (féverole, vesces, trèfle Alexandrie). Destruction par roulage en période de gel (décembre-janvier). Désherbage chimique (glyphosate) avant implantation.

	Classique	TCS	Conservation
Maïs		Déchaumage et fissuration. Semis vers le 15-20 avril. Variété ½ précoce (type DKc4117). Désherbage localisé en pré-levée. Binage. Aucun insecticide en végétation.	Strip-till en un ou 2 passages à 10-15 cm de profondeur. Semis vers le 15-20 avril. Variété ½ précoce (type DKc4117). Désherbage de prélevée + post. Aucun insecticide en végétation.
Féverole			Pois hiver en 2014 Implantation en SD à dent

2- Origine des systèmes testés

Pourquoi l'expérimentation a été mise en place

A la fin des années 2000 :

- Demande de conseillers d'évaluer au champ, sur la durée, les préconisations à la fois tactiques et stratégiques formulées régulièrement aux agriculteurs
- Travail d'évaluation expérimentale de conduites à bas niveau d'intrants engagé depuis la fin des années 90 (1^{er} essai avec Arvalis et le club des 5 en 1999) avec un besoin d'aller plus loin pour évaluer ces ITK dans une rotation
- Mise en route du PRDAR 2014-2020 intitulé « adaptation des systèmes de cultures et d'exploitations à la double performance économique et environnementale ». Le précédent mettait l'accent sur l'amélioration de l'efficacité des intrants et la qualité de l'eau
- Début d'un essai semis direct au lycée

A quels enjeux répond-elle ?

Aller vers plus de durabilité en réduisant l'usage des produits phytosanitaires et intrants non renouvelables tout en maintenant le revenu.

Pourquoi le choix de ces systèmes ?

Ils ont été conçus au départ comme un cheminement d'un système de référence vers le système conservation de sols, qui a été retenu comme un des modèles possibles de l'agriculture de demain.

L'agriculture de conservation (AC), d'après la définition de la FAO, vise des systèmes agricoles durables et rentables et tend à améliorer les conditions de vie des exploitants au travers de la mise en œuvre simultanée de trois principes à l'échelle de la parcelle : le travail minimal du sol, les associations et les rotations culturales et la couverture permanente du sol. C'est un moyen de concilier production agricole, amélioration des conditions de vie et protection de l'environnement.

Choix motivé par l'engagement d'agriculteurs du département dans cette démarche dès le début des années 2000 suite à un voyage d'étude au Brésil en 1999. Une étude sur l'effet du couvert permanent en technique de semis direct avait été engagée par la Chambre de 2000 à 2004. Elle a visé à travers des couples de parcelles à mesurer l'incidence du couvert sur les populations de limaces et de carabes ainsi que sur le captage de l'azote à l'automne.

Le système TCS représente au départ un système de transition. Il a été ensuite considéré comme un système à part entière.

Comment et par qui a été construit ces systèmes ?

Cet essai a été conçu par le conseiller agronomie avec une petite équipe de conseillers de la Chambre d'agriculture et un professeur du lycée agricole de Fondettes.

3. Contexte pédoclimatique, socio-économique, biotique

Situation géographique	Plateau de Mettray, bordure agglomération tourangelle
Climat	Semi-océanique
Type de sol	Sol limono-argileux plus ou moins caillouteux
Réserve utile	140 mm
Potentiel de rendement	Blé : 90-100 q Maïs : 80-85 q
Drainage	Oui
Irrigation	Non

Bioagresseurs fréquents

Adventices	Faible pression de graminées hormis brome. Vivaces : chardon, bardane, liseron des champs
Maladies	Classiques de la région (Septoriose, rouilles), ascochytose
Ravageurs	Limaces (grise et noire) forte population, oiseaux

Enjeux locaux, socio-économiques et de filière

Les exploitations céréalières d'Indre-et-Loire ont majoritairement une rotation sur 3 ou 4 ans. La rotation colza-blé-orge d'hiver pratiquée sur les terrains séchant devient colza-blé-tournesol-blé sur les limons battants ou les argilo-calcaires assez profonds.

D'autres cultures de diversification sont pratiquées : millet, triticale, protéagineux (pois, féverole),..

Le tournesol est dans cet essai remplacé par du maïs en raison de la pression importante exercée par les oiseaux dans cette zone péri-urbaine (pigeons, corbeaux).

L'exploitation se situe en zone vulnérable au titre de la directive nitrates.

Contexte de l'exploitation

Elle se déroule sur l'**exploitation du lycée agricole** orientée polyculture-élevage bovin lait.

Au niveau du matériel, le lycée dispose d'un décompacteur dent Michel, un chisel, un vibroculteur, un semoir classique à cannelures combiné à une herse rotative, un déchaumeur à disques et un rouleau croskill.

Pour les semis en direct nous avons fait appel à des agriculteurs du voisinage jusqu'en 2014 où le lycée s'est équipé d'un semoir à dent « Guilbard ».

4. Dispositif expérimental

Type de dispositif

- L'essai est mis en place derrière une culture de blé insérée dans un **système maïs ensilage-blé**.
- Parcelle à bon potentiel puisque la moyenne olympique de rendement de blé est de 79 q sur les 5 années précédentes.
- Parcelle drainée de limon argileux à 28 % d'argile très bien pourvue en éléments minéraux (cf. ci-contre).
- Les pailles ont été enlevées. Un passage de déchaumeur a été réalisé mi-août pour détruire des bromes très présents sur une partie de la parcelle et un passage de dent Michel à 15-20 cm fin août pour ameublir de manière uniforme l'essai après récolte en conditions humides et ramassage des bottes.
- Les trois systèmes sont comparés sur des parcelles de 400 à 650 m² (largeur de 12 m), avec 3 répétitions.

Analyse de sol en 2013

Argile %	28.0
Limon %	52.0
Sable %	20.0
CaCO ₃ ‰	6.0
pH	7.7
MO en %	2.9
C/N	10.2
P Olsen ppm	160.3
K ppm	367.3
Mg ppm	303
B ppm	0.2
Cu ppm	2.3
Zn ppm	2.7
Mn ppm	31.8
Fe ppm	1714.2

- La mesure du rendement à la récolte est faite sur 2 bandes au centre de la parcelle.
- Toutes les cultures de la rotation sont présentes chaque année.
- L'essai occupe une surface de 2.5 ha.

Durée prévue : 6 ans mais arrêt au bout de 5 ans (récolte 2018) en raison d'un transfert de toutes les expérimentations sur un autre site.

Année de début d'expérimentation : 2014 (1ers semis à l'automne 2012 et 1ère récolte en 2013 : année blanche).

Organismes impliqués et pilotage

Cet essai est piloté par le conseiller agronomie avec le concours d'une petite équipe formée de conseillers de la Chambre et de deux personnes du CFPA et du lycée. Elle se réunit sur l'essai 4 fois par an (septembre, novembre, février, juin).

5. Objectifs et résultats attendus

Enjeux locaux	Objectifs assignés au système de culture
Maintenir la rentabilité des exploitations agricoles	Marge semi-nette \geq système classique
Réduire l'usage des produits phytos	- 50 % d'IFT total/référence locale 2011
Gérer durablement le salissement	Note de satisfaction du désherbage \geq syst. classique
Conserver la fertilité des sols	Comparaison aux analyses de départ
Réduire les intrants non renouvelables	Comparaison au syst.classique
Réduire la consommation d'énergie	Comparaison au syst.classique
Maintenir un niveau de production acceptable et adapté au marché	Produit brut moyen équivalent

6. Stratégies de gestion

Un certain nombre de règles de décision ont été établies pour chacun des systèmes et chacune des interventions (cf. annexes)

Règles communes

- Choix variétal : changement possible entre années
- Fumure fond : principe du bilan aux exportations. En conservation faire les calculs en fonction du statut phosphaté
- Pailles conservées : passage moissonneuse de l'exploitation après récolte céréales pour broyage (la machine pour expérimentation ne disposant pas de broyeur)

7. Synthèse des pratiques culturales

Les dates sont des médianes et les valeurs chiffrées des moyennes. Pour le désherbage, sont citées les adventices en traitement de post ayant entraîné l'emploi d'une molécule particulière ou un traitement spécifique. Les doses sont toujours exprimées par ha. T = traitement HR = hybride restauré L = lignée

Système classique

Culture	COLZA	BLE	ORGE
Fréquence de la culture	5 ans	5 ans	5 ans
Interculture	broyage 3 ans/5 déchaumage (dent) 3 ans/5	Maintien des repousses de colza et gestion chimique des chardons 3 ans/5	déchaumage 2 ans/5
Préparation	chisel (2 passages) dent michel 1 an/5 HR+semoir	chisel (2 passages) semavator ou dent michel 1 an/5 HR+semoir	labour (médiane le 6 oct.) HR+semoir

Culture	COLZA	BLE	ORGE
Semis	30 août (17 août au 4 sept)	17 oct (11 oct au 20 nov)	14 oct (11 au 17 oct)
Matériel	HR+semoir mécanique (4 ans/5)	HR+semoir mécanique (4 ans/5)	HR+semoir mécanique (4 ans/5)
Variété	HR 4 ans/5 1/3 HR+2/3 L en 2018	Accroc puis Ascott	Isocel puis Etincel depuis 2017
Peup. levé / m ²	26 (4 ans)	195 (158 à 236)	176 (85 à 255)
Antilimaces	1.6 T/an en moy. (0 à 3) 4 ans/5	1 T 3 ans/5	0
Désherbage	2.8 T en moy. : Pré + Kerb flo ou Iélo Pré : Colzor Trio (2014), Alabama 2.5 l/ha (2015) - 2 l (2016 et 2017) Novall 2.5 l (2018) Post AG : Iélo (2016)-Kerb flo (2014-2015 et 2017-2018) AG foliaire 2 ans/5 (2014 et 2017)	2.6 T en moy. : Pré ou post précoce 3 ans/5 (2015, 2017 et 2018)- 2 ratrapages (dt FA) Pré : Défi 2 l+Herbaflex 2 l (2015) Fosburi 0.5 l+Celtic 2 l post-précoce (2017) Roxy 3.5 l+Codix 1.5 l (2018) RG/brome : 2 ans/5 (2014 et 2015) 18/02 et 13/03 Axial Pratic+Abak ou Abak FA : 3 ans/5 (2016 à 2018) 22/04 au 7/05 Axial Pratic 0.7-0.9 l/ha Gaillet : 5 ans/5 Nikos 0.1 l ou Tomigan 0.4 l Chardon : 4 ans/5 (pas en 2016) glypho avant moisson (2014), Nicanor (2015), Effigo ou Bofix (2017 et 2018)	1.8 T/an en moy. : Pré 4 ans/5 Pré : Trooper (2015), Défi 3 l+ Cent 7 0.6 l (2016), Fosburi 0.5+Celtic 2 (post précoce 2017) Roxy 3 l+Codix 1.5 l (2018) RG 3 ans/5 (2014 à 2016) 6 mars Gaillet : 4 ans /5 (pas en 2018) Chardon : 1 an/5 (2017)
Régulateur		3 ans/5 Mondium 2 l/ha (2015 et 2016), Foliol 2 l (2018) du 8/03 au 9/04	5 ans Arvest 2 l/ha (2015), Foliol 2 l (sauf 2015) le 8 avril (5 au 14/04)
Fongicide	1 T le 15 avril (4 au 21/04) Prosaro 1 l/ha (2014) – 0.8 l (2015), Télia 0.8 l (2016 à 2018)	3 T/an sauf en 2018 (2 T) T1 : Ménara+Bravo ou Cherokee 1.2 l/ha le 14 avril (6 au 20) T2 : Adexar 0.7 l (2014 à 2016), Voxan 1-1.2 l (2017 et 2018) le 5 mai (29/04-7/05) T3 : Prosaro 0.5 l (2015 et 2016), 0.8 l (2014 et 2017) et 20 mai (19-24/05)	2 T T1 : Unix 0.2 l+Opus 0.33 l (2014), Abacus SP 0.7 l (2015 et 2016), Avoca 0.8 l+Unix Max 0.4 l (2017), Kromatik 0.6 l+Unix Max 0.7 l (2018) le 6 avril (28/03-12/04) T2 : Aviator Xpro 0.5 l/ha (2014 à 2017), Aviator Xpro 0.6 l+Comet 200 0.2 l (2018) le 23 avril (20/04-4/05)
Insecticide	2 T tous les ans 1T à l'aut. 3 ans/5 : altise d'hiver (2014 et 2018 sur 1 bloc) – cbt (2016) Ch. Tige 5 ans/5 : le 23 mars (6 au 30 mars) Ch. des siliques 2 ans/5 (2015 et 2017) le 20/04	1 T une année (pucerons automne 2014)	1 T une année (pucerons automne 2014)
Obj rdt en q	25 à 37	70 en 2014 puis 85	70 à 85
RSH uN/ha		60 (14-129)	48 (4 ans) (18-119)
Dose N kg/ha	134 (97 à 165)	181 (140 à 200)	130 (55 à 160)
Dates d'apport N selon nb passages	7 mars (19/02-10/03) 18 mars (6 au 30 /03) 24 mars (en 2015)	11 mars (19/02-15/03) 31 mars (24/03-8/04) 2 mai (25/04-7/05)	10 mars (19/02-15/03) 25 mars (14/03-6/04)
Dose apport N u/ha	73 (40-97) 44 (0-75) 85 en 2015	87 (75-100) 54 (0-80) 40	67 (55-80) 63 (0-90)
Soufre u/ha	70-75 4 ans/5	40 2 ans/5	
P u/ha	50 3 ans/5		
Récolte	15 juillet (4 au 18/07)	16 juillet (6 au 22/07)	3 juillet (26 juin au 8 juillet)

Comparaison prévu-réalisé

	Prévu	Réalisé	Commentaires
Interculture	Déchaumage avant toutes cultures	Nécessité d'éparpiller les pailles (pas de passage de moissonneuse de l'entrepreneur) Déchaumage 2 à 3 ans /5 et jamais avant blé	Avant blé, pas de déchaumage (repousses de colza détruites ensuite à la dent)
Travail du sol	Dent Michel avant colza et blé Labour avant orge Herse rotative	Dent Michel 1 an/5 remplacé par chisel (2 passages) les autres années Labour 5 ans/5 Herse rotative sauf en 2014 (Semavator)	
Date de semis	Colza : 20-25/08 Blé : 5-10/10 Orge : 5-10/10	Colza : 30/08 Blé : 17/10 Orge : 14/10	Semis retardé de 5 à 10 j. En 2014 semis très tardif (20 novembre) car pluviométrie abondante depuis fin octobre
Variétés	Colza : productive sans tenir compte de la tolérance phoma (au moins PS) ni élévation Blé : productive tolérante aux mosaïques type Garcia Orge : productive	Colza : toujours HR TPS phoma Blé : productive précoce	
Contrôle adventices	Pré-levée toutes cultures Rattrapage selon seuil Faux semis éventuel avant blé	Pré-levée ou post précoce (Fosburi) au moins 3 ans/5 Pas de faux semis	
Contrôle maladies	Colza : Variété TPS phoma Intervention « anti-sclérotinia » systématique et rappel à +15 j Blé : 2 T systématiques (2N et DFE) + anti-fusariose selon grille risque Arvalis Orge : 2 T systématiques	Colza : pas de rappel sclérotinia Blé et orge = prévu	
Alimentation azotée	Colza : pesée et réglette Terres Inovia – 2 à 3 apports selon dose Blé : RSH et 3 apports (tallage, épi 1 cm et DFE selon pince HNT) Orge : RSH et 2 apports (tallage, épi 1 cm)	Colza = prévu Blé : apport tallage 1 an/5 Pas de contrôle HNT, faute de témoin sur-fertilisé Orge = prévu	Blé : pas apport tallage compte-tenu de niveaux de reliquat le plus souvent élevés

Système TCS

Culture	COLZA	BLE/colza	MAÏS	BLE/maïs
Fréquence de la culture	4 ans/5 (échec en 2017)	5 ans	5 ans	5 ans
Interculture	broyage 1an/5 déchaumage (dent) le 5 août (26/07 au 3/09) 2 ans/5	déchaumage 1 an/5 broyage laitillons 1 an/5 Anti-chardon 2 ans/5	couvert 4 ans/5 en SD mélange à base de phacélie+crucifères+avoine dip. semis médian 1er août	Anti-chardon 1 an/5
Préparation	chisel (2 passages) le 31 août 3 ans/5 dent michel 1 an/5 vibro 2 ans/5	chisel (2 passages) le 15 oct. (27/09 au 25/10) 3 ans/5 dent michel ou semavator 1 an/5 HR 5 ans/5	destruction couverts le 19 février (4/12 au 20/02) chimique 3 ans/4 750 g glyphosate moy. (540-1080) roulage avec gel 1 an Chisel ou vibro le 15/04	chisel (2 passages) le 22 oct. 3 ans/5 dent michel ou semavator 1 an/5 HR 5 ans/5

Culture	COLZA	BLE/colza	MAÏS	BLE/maïs
Semis	30 août (17/08 au 4/09)	23 octobre (13/10 au 20/11)	16 avril (12/04 au 4/05)	24 octobre (20/10 au 20/11)
Matériel	semoir de précision (2 ans/5) HR+semoir mécanique 2 ans/5 SD 1 an	HR+semoir mécanique	semoir de précision à disque	HR+semoir mécanique
Variété	HR 3 ans puis mélange L+HR	Mélange à partir de 2015	DKC4117, PR8816 puis Es Gallery depuis 2016	Mélange à partir de 2015
Peup.levé / m ²	18 (8 à 35)	189 (139 à 272)	82 000 (3 ans)	198 (115 à 233)
Antilimaces	1.6 T/an en moy. 4 ans/5	1 T 3 ans/5	1 T 3 ans/5	1 T 2 ans/5
Désherbage	2 T en moy. : Pré+Kerb flo ou lelo binage 1 an (2016) Pré : Colzor Trio (2014), Alabama 2.5 l/ha (2015 et localisé 2016) Novall 2.5 l (2018) Post AG : Iélo (2016)-Kerb flo (2014-2015 et 2018) AG foliaire 1 ans/5 (2014)	2.2 T en moy./an : Pré ou post précoce 2 ans/5 (2015 et 2017) Pré : Défi 2 l+Herbaflex 2 l (2015) Fosburi 0.5 l+Celtic 2 l post-précoce (2017) Herse étrille (2015) le 13/03 RG/brome : 3 ans/5 (2014, 2016 et 2018) 19/02 au 13/03 Octogon/Abak/Axial Pratic FA : 1 an/5 (2015) le 20/04 Axial Pratic 1 l/ha Gaillet (hors chardon ou graminées) : 3 ans/5 Nikos/Zypar/Tomigan Chardon : 4 ans/5 (pas en 2018) glypho avant moisson (2014 et sur 2 blocs en 2016) Chardex/Effigo ou Bofix (2015 à 2017)	2 T en moy./an : Pré ou post précoce 4 ans/5 (pas en 2014) – localisé (2015 et 2016) Herse étrille 2-3 fe (2014) – binage (2014 et 2015) 23/05 -11/06 Anti-vivaces 5 ans/5 Pré ou post précoce : Adengo solo (1.7 l/ha) ou avec Dual Gold (1.5-1.7 l+0.9 l) Anti-vivaces (chardon, liseron des champs) le 7 juin (3-18/06) : Banvel 4 S (2014), Cambio (2018), Lontrel SG 0.17 kg ou Lontrel 100+ Starane 200 (2015 à 2017)	2.2 T en moy./an : Pré ou post précoce 2 ans/5 (2015 et 2017) Pré : Défi 2 l+Herbaflex 2 l (2015) Fosburi 0.5 l+Celtic 2 l post-précoce (2017) Herse étrille (2015) le 13/03 RG/brome : 4 ans/5 (pas en 2015) 19/02 au 30/03 Octogon/Abak/Axial Pratic FA : 1 an/5 (2015) le 20/04 Axial Pratic 1 l/ha Gaillet (hors chardon ou graminées) : 1 an/5 Starane 200 2018 Chardon : 4 ans/5 (pas en 2018) glypho avant moisson (2014 et sur 2 blocs en 2016) Effigo/Bofix (2015 ,2017)
Régulateur	0	0	0	0
Fongicide	1 T le 10 avril (4 au 17/04) Prosaro 1 l/ha (2014) – 0.8 l (2015), Télia 0.8 l (2016 et 2018)	1 T le 5 mai (2 au 7/05) Adexar 0.7 l (2014 à 2016), Voxan 1-1.2 l (2017 et 2018)	0	1 T le 5 mai (2 au 7/05) Adexar 0.7 l (2014 à 2016), Voxan 1-1.2 l (2017 et 2018)
Insecticide	1.25 T/an : 2 T (2014 et 2015), 1 en 2016 puis 0 1 T à l'aut. 2 ans/4 : altise d'hiver (2014) – cbt (2016) Ch. Tige 2 ans/4 : 6 et 11 mars Ch. des siliques 1 ans/4 (2015) le 20/04	0	0	0
Obj rdt en q	32 à 37 q	70 à 85	70 à 82	70 à 85
RSH uN/ha		52 (14-112) sur 3 ans	67 depuis 2016	73 (20-159) sur 4 ans
Dose N kg/ha	135.5 (96-160)	167 (95 à 200)	103 (70 à 125)	162 (70 à 205)
Dates selon nb d'apport N	8 mars (19/02–11/03) 21 mars (11 au 26 /03)	11 mars (19/02–30/03) 31 mars (24/03-8/04) 2 mai (25/04-7/05)	24 mai (15/05-7/06) 31 mai en 2016	11 mars (19/02–30/03) 31 mars (24/03-8/04) 27 avril (23/04-7/05) 2 mai

Culture	COLZA	BLE/colza	MAÏS	BLE/maïs
Dose apport N u/ha	67 (30-97) 69 (30-95)	78 (55-100) 49 (0-80) 40	90 (60-120) 65 en2016	73 (30-100) 57 (0-85) 40 40 en 2015
Soufre u/ha	70-75	1 an/5 40 u le 12/03/2014	0	1 an/5 40 u le 12/03/2014
P u/ha	50 P depuis 2016	0	50 P 2 ans/5	0
Récolte	15 juillet (4 au 18/07)	16 juillet (6 au 22/07)	7 octobre (26/09 au 22/10)	16 juillet (6 au 22/07)

Comparaison prévu-réalisé

	Prévu	Réalisé	Commentaires
Interculture	Déchaumage avant et après colza	Nécessité d'éparpiller les pailles (quasi absence de passage de moissonneuse de l'entrepreneur) Déchaumage 1 à 2 ans /5 et jamais avant blé	Avant blé, pas de déchaumage (repousses de colza détruites ensuite à la dent)
Travail du sol	outil à dent pour toutes cultures (SD pour le blé/colza si repousses homogènes) Herse rotative ou vibroculteur pour maïs et blé de maïs	Dent Michel 1 an/5 remplacé par chisel (2 passages) les autres années sauf en 2014 (Semavor)	
Date de semis	Colza : 20-25/08 Blé > 15/10 Maïs : 15/04 selon réchauffement Blé > 15/10	Colza : 30/08 Blé : 23/10 Maïs : 16/04 Blé : 24/10	Semis décalé de 5 à 10 j sauf pour le maïs. En 2014 semis très tardif (20 novembre) car pluviométrie abondante depuis fin octobre
Variétés	Colza : Productivité et rusticité TPS phoma et peu à moyennement. sensible elongation Blé : variété tolérante aux mosaïques en trio de tête dans les essais ITK, BPS ou BP Type Musik ou Scénario Maïs : Type C1 (280-300)	Blé en mélange à partir de 2015 (3 var.) puis 4 var. (2016-2018) Dont une variété sensible mosaïques et une tolérante à la fusariose (Oregrain)	
Contrôle adventices	Colza : mixte (pré-levée +mécanique) Rattrapage selon seuil Blé : post précoce+rattrapage selon seuil Maïs : mixte (pré-levée localisée+méca.) Interculture : glyphosate avant semis couverts si repousses, destruction avant Noël, avant blé si adventices au moment semis	Colza : mixte 1 an/5 Blé : RAS Maïs : mixte 2 ans/5 Interculture : pas de glyphosate avant semis couverts destruction 2 mois avant semis	Colza et maïs : difficulté de mettre en œuvre un désherbage mixte faute de matériel adéquat Interculture : semis direct de couvert... destruction en fonction de la météo dans le respect du délai avant semis
Contrôle maladies	Colza : Variété TPS phoma Intervention « anti-sclérotinia » systématique -biocontrôle Blé : 1 T foliaire (DFE) - T1 si rouille jaune, piétin ou septo. au seuil – anti-fusa. sur blé/maïs selon grille risque Arvalis	Colza : pas de bio-contrôle	Colza : par commodité de chantier emploi du même fongicide sur tous les colzas
Alimentation azotée	Colza : pesée et réglette Terres Inovia – 2 à 3 apports selon dose Blé : RSH et 2 ou 3 apports (tallage), épi 1 cm et DFE selon pince HNT Maïs : RSH et 1 ou 2 apports en post selon dose	RAS Toutes cultures : RSH non réalisés en 2014 Maïs : RSH à partir 2016	

Système Conservation

Culture	COLZA	BLE DUR	MILLET	BLE	MAÏS	FEVEROLE
Fréquence de la culture	3 ans/5 Echec en 2015 (limaces -> 2 semis 19/08 et 8/09) = blé dur et en 2017 (sécheresse/ semis trop tardif le 15/09 car non pénétration semoir = altises+limaces) -> maïs (gestion salissement)	5 années/5 semis printemps en 2014 après échec blé t.	5 années/5 resemis partiel en 2014 et total en 2016	5 années/5 resemis en 2014	5 années/5	4 ans/5 mais un resemis de ptps en 2015
Interculture			mélange à base essentiellement légumineuses		mélange à base essentiellement légumineuses	
Préparation	éparpillage pailles en 2018 + glypho (chardons+liserons) 1 an/5	broyage 3 ans/5 + anti-chardon+laiteron 2 ans/5 (glypho seul ou associé à 2-4 D)	Destruction 3 mars (15/11-26/03) glypho 2 T le 3 mars (4/12 au 6/04) puis 7 mai (4 au 11/05) 4 ans/5 (1300 g en moy.) brome	Glyphosate 4 ans/5 510 g/ha	Destruction 20 janv. (4/12-21/02) Gel (1 an) ou glypho 5 ans/5 1.25 T le 21 fév. (4/12 au 6/04) puis 13 avril (6 au 15/04) 774 g moy./ha strip-till 2 passages avant semis	glypho 3 ans/5 dt pour fev ptps 615 g/ha
Semis	12 août (2/08 au 15/09) asso féverole 27-50 kg+lentille 11-27 kg + Tréfle violet ou blanc (2017 et 2018)	23 octobre (22/10 au 2/11)	15 mai (5 au 18/05)	26 octobre (22/10 au 10/12 resemis)	16 avril (12/04 au 6/05)	2 novembre (23/10 au 10/12 resemis)
Matériel	semoir à dent	Gaspardo puis Guilbard (2016)	Gaspardo puis Guilbard (2015)	JD 750 puis Gaspardo puis Guilbard (2016)	semoir de précision à disque	Gaspardo puis Guilbard (2016)
Variété	HR en 2014 et 2015 puis mélange et lignée 2017 et 2018	Plussur puis mélange 4 var. à partir de 2016		mélange	DKC4117, PR8816 puis Es Gallery depuis 2016	Axel depuis 2016
Roulage	2 années /4	1 an/5		1 an/5		
Peup.levé / m²	21 (14 à 30)	210-290 (106 à 600) 3 ans/5	120 (80 à 160)	216 (180 à 275) taux perte moyen 31 % (de 14 à 39)	88 000	30
Antilimaces	1T/an 3 années/5 2015 et 2016 (avec semences), 2017 1 T le 3/10	1 T 3 ans/5	1 T 3 ans/5	1 T 2 ans/5	1T 2014-2016	0

Culture	COLZA	BLE DUR	MILLET	BLE	MAÏS	FEVEROLE
Désherbage	Pré-levée 60-75 % dose (Alabama 1.3-1.5 l/ha, Colzor trio 3 l, Novall 1.5 l) + Kerb ou lelo tous les ans rattrapage Lontrel 2 ans/3 (en 2018 sur un seul bloc peu dense)	2 T en moy. Dont à l'automne 3 ans/5 Aut (2015 à 2017) : Défi seul ou +Aubaine, Allié RG/brome : 3 ans/5 FA : 2 ans/5 Gaillet : 5 ans/5 Chardon : 1 an/5	1.6 T en moy. T1 : Basagran SG seul 1.6 kg (2014), Dakota P localisé partiel (2015) ou à 2.5-3 l+Emblem flo 0.4 l (2016 et 2018), Emblem flo 0.4 l+Basagran SG 0.4 kg (2015 et 2017) Rattrapage total ou partiel (gaillet, helminthie, liseron) 3 ans/5 Lontrel SG, Starane 200 0.6 l, Banvel 4 S 0.2 l	2.2 T en moy. entre 1 (1 an/5) et 3 T (2 ans /5) Pré ou post précoce 1 an/5 (2015) Défi 2 l+Herbaflex 2 l RG/brome : 2 ans/5 (2014, 2016) 6/03 et 8/03 Atlantis WG /Archipel FA : 1 an/5 (2018) le 24/04 Axial Pratic 0.6 l/ha Gaillet (hors chardon ou graminées) : 4 ans/5 (pas en 2016) Nikos/Tomigan Chardon : 3 ans/5 (2014, 2015 et 2017) glypho avant moisson (2014 et sur bordure 1 bloc en 2016) Nicanor/Effigo (2014 et 2017)	2.6 T en moy. 1T pré-levée 4 ans /5 Adengo depuis 2015 1.5 l/ha + Dual Gold 0.9 l ou 1.7 l solo Rattrapage Graminées (partiel sur bloc) 2 ans/5 Dicots 1 an/5 (2014) chardon + liseron 4 ans/5 le 9 juin (22/05 – 30/06) Lontrel/Banvel 4S	1 T pré-levée Nirvana S 2.5 l+Challenge 600 1.5 l
Régulateur	0	0	0	0	0	0
Fongicide	absence à partir 2016 Prosaro 0.8 l/ha en 2014	2 T puis 1 T (fusa) à partir 2016 Prosaro 0.8 l/ha Le 24 mai (20 au 27/05)	0	1 T le 5 mai (2 au 7/05) Adexar 0.7 l (2014) Opus 0.5 l (2015 et 2017) Osiris Win 1 l+ Sportak 0.5 l (2016), Voxan 1.2 l (2018)	0	2 T (1 à 3) T1 entre le 7/12 et le 9/03 Amistar 0.6-0.8 T2 entre 19/04 et 9/05 Banko 500 2 l/ha T3 entre 4/05 et 6/06 Opéra 0.75 l/HorizonEW 0.6 l
Insecticide	0 à 1 T/an Ch.tige en 2014 0 2016 altise 2017 pucerons 2018	0	0	0	0	1 T (sitones) 2015 fév. Ptps
Obj rdt en q	35 à 37	50 à 70	35	80 sauf 2014 (60)	70 à 82	30 à 35
Dose N kg/ha	79 (27-110)	170 en 3 apports	30 à 70	157 (90 et 210)	106 (70 à 140)	-
Dates d'apport azote	7 mars (19/02-26/03) 11 mars 2016	2 mars (19/02-30/03) 11 mars (11/03-6/05) 12 mai (2/05-27/05)	27 mai (22/05-12/06)	12 mars (19/02-30/03) 8 avril (26/03-27/04) 4 mai (25/04-12/05) 6 mai	24 mai (15/05-7/06) 31 mai en 2018	-

Culture	COLZA	BLE DUR	MILLET	BLE	MAÏS	FEVEROLE
Dose apport N u/ha	69 (27-100) 30 en 2016	54 (40-80) 72.5 (60-100) 46 (0-60)	49 (30-70)	65 (15-100) 54 (30-90) 30 (0-45) 40 en 2014	90 (60-120) 80 en 2018	-
Soufre u/ha	75	-	-	-	-	-
P u/ha	-	-	-	-	-	-
Récolte	15 juillet (4 au 18/07)	16 juillet (6 au 23/07)	26 septembre (20/09 au 19/10)	16 juillet (6 au 22/07)	10 octobre (26/09 au 22/10)	24 juillet (13 au 28/07)

Comparaison prévu-réalisé

	Prévu	Réalisé	Commentaires
Travail du sol	SD toutes cultures sauf maïs (strip-till)	Nécessité d'éparpiller les pailles (quasi absence de passage de moissonneuse de l'entrepreneur)	
Date de semis	Colza : 15-20/08 Blé dur : - Millet : 1-10/05 Blé > 15 /10 Maïs : 15/04 selon réchauffement Féverole : fin octobre	Colza : 12/08 Blé dur : 23/10 Millet : 15/05 Blé : 26 /10 Maïs : 16/04 selon réchauffement Féverole : 2/11	Semis retardé uniquement pour le blé et le millet. Millet : assurer un réchauffement suffisant en SD Avance progressive du semis colza
Variétés	Colza : Productivité et rusticité , TPS phoma et élongation, mélange HR et lignée Blé dur : Millet : fonction de l'OS Blé : mélange de 4 variétés tolérantes aux mosaïques Maïs : Type C1 (280-300) Féverole : -	Colza : HR (2 ans) puis mélange et lignée (2 ans) Blé dur : mélange à partir 2016 Millet : Horizon puis de ferme à partir 2016 Blé : mélange avec 25 à 50 % sensibles mosaïques et 25 % tolérant fusa. Maïs : RAS Féverole : RAS	
Contrôle adventices	Colza : pré (rayonnant) Rattrapage selon seuil - Lontrel systématique Blé dur : post précoce-rattrapage selon seuil Millet : AG post – rattrapage AD si renouée/amarante/ chénopode Blé : post précoce (Fosburi) rattrapage selon seuil Maïs : pré-levée Adengo et anti-vivaces – rattrapage si nécessaire Féverole : pré-levée – Kerb flo si brome pu RG Interculture : glyphosate avant semis toutes cultures. Destruction couverts si possible en roulage par le gel	Colza : RAS Blé dur : RAS Millet : AG post 2 ans + localisé partiel sur 1 bloc (2015) – rattrapage dt anti-vivaces 3 ans/5 Blé : pré-levée 1 an/5 – 1 ^{er} AG en SH 3 ans/5 remplacé par anti -brome (Monitor) 1 an/5 Maïs : pré-levée Adengo et anti-vivaces 4 ans/5 Féverole : pré-levée – 0 Kerb flo Interculture : glyphosate avant semis 1 an/5 (colza), 2 ans/5 (blé dur), 3 ans/5 (féverole), 4 ans/5 (blé et millet), 5 ans/5 (maïs) Destruction couverts roulage par gel 1 an/5	Le contrôle des vivaces n'a pas été systématique avant le semis de toutes les cultures. De plus leur régulation par les couverts a été très limitée du fait de leur faible développement
Contrôle maladies	Colza : 0 Blé dur : T1 si rouille jaune - anti-fusariose modulée selon pluvio. +/- 10 j autour flo. Millet : 0 Blé : 1 T systématique foliaire (DFE) sans SDHI – anti-fusariose selon grille risque Arvalis Maïs : 0 Féverole : au seuil	Colza : 0 à partir 2016 Blé dur : T1 rouille (2014 et 2015) Millet : 0 Blé : 1 T systématique foliaire (DFE) avec SDHI en 2014 et 2018 0 anti-fusariose Maïs : 0 Féverole : -	

	Prévu	Réalisé	Commentaires
Alimentation azotée	Colza : pesée et réglette Terres Inovia Bilan-30 u (leg.associées) – 2 à 3 apports selon dose Blé dur : RSH et 4 apports (tallage, épi 1 cm, DFE et épiaison) selon pince HNT Millet : bilan Blé : RSH et 2 apports (épi 1 cm et DFE) – 1/3 dose à DFE selon pince HNT - bilan-30 u Maïs : RSH et 1 ou 2 apports en post selon dose Féverole : 0 Interculture : 99% légumineuses	Colza : RAS Blé dur : apport tallage 2ans/5 Millet : RSH à partir 2016 Blé : 0 apport tallage (4 ans/5) – apport DFE 19-24 % 3 ans/5 et 45% 2 ans/5. Rdt objectif = -6 q (-18 u N) Maïs : RSH à partir de 2016 Féverole : 0 Interculture : 99% légumineuses Toutes cultures : RSH non réalisés en 2014	

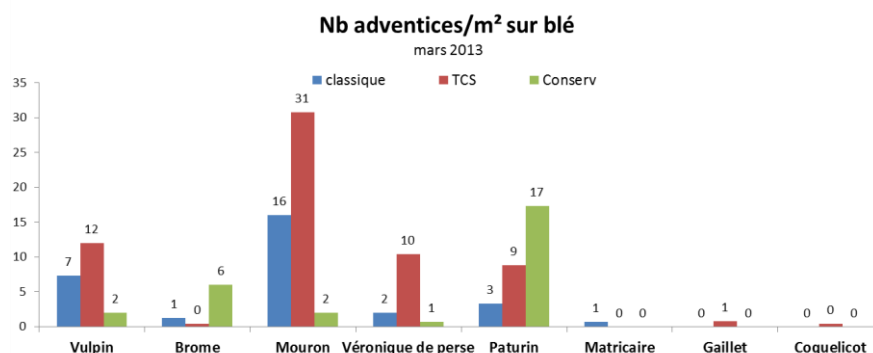
8. Résultats et performances

8.1. Résultats agronomiques et techniques - réussite des stratégies de gestion

Gestion des adventices

Un comptage a été effectué sur des placettes en 2013 puis une notation de qualité du désherbage chaque année à partir de 2015.

Le comptage initial (graphe ci-contre) ne reflète pas la réalité puisqu'on recense une faible présence de brome (0-6/m²) et de gaillet et aucun ray-grass.



Notation de satisfaction du désherbage hors vivaces sur toutes les parcelles (2015-2018)

note de 0 à 10 - 7 exprime un désherbage satisfaisant (pas de rattrapage nécessaire).

Système	Cultures					Note				moyenne
	2014	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	
Classique	blé	orge	colza	blé	orge	9.8	5.0	9.2	9.2	7.9
	orge	colza	blé	orge	colza	6.8	9.3	7.2	7.0	
	tournesol	blé	orge	colza	blé	9.0	9.8	2.7	9.5	
TCS	maïs	blé	colza	blé	maïs	9.6	0.0	7.8	9.7	6.9
	blé	colza	blé	maïs	blé	7.0	8.5	9.2	6.0	
	tournesol	blé	maïs	blé	colza	9.9	8.3	4.5	5.9	
Conservation	blé	maïs	blé	sarrasin	blé	6.8	6.3	6.0	5.6	7.6
	maïs	féverole	colza	blé dur	millet	4.9	9.3	6.0	7.0	
	pois hiver	blé dur	blé dur	millet	blé	8.3	7.3	8.0	7.5	
	colza	blé dur	millet	blé	maïs	9.3	-	7.7	6.5	
	blé	millet	blé	maïs	féverole	6.0	8.3	7.5	8.3	
	millet	blé	maïs	féverole	colza	8.0	9.0	10.0	7.5	
	blé dur	maïs	féverole	maïs	blé dur	3.0	7.2	9.3	9.3	

En 2015, le désherbage hors vivaces est plus satisfaisant qu'en 2014. Les systèmes classique et TCS ressortent avec une note moyenne quasi identique. Le système conservation reste inférieur aux deux autres à cause des

cultures d'été et de la féverole. Le blé dur de colza (place normale dans la rotation) est plus propre (moins de folle-avoine) que le blé dur de pois.

Sur tous les systèmes quasi absence de brome et de folle-avoine dans les céréales.

En **maïs** le désherbage du TCS (localisé en prélevée et binage) est proche de la satisfaction. Ce qui n'est pas le cas en conservation (PSD) qui a été traité en plein avec le même programme.

En 2016 les parcelles sont nettement plus propres. On note toutefois des différences entre blocs et des échecs :

- Du Chardex sur les chardons dans le blé de colza en TCS
- Du Ielo fait en décembre dans les colzas en classique et en TCS : il reste beaucoup de laiterons. Alors qu'il a été très efficace 3 semaines plus tôt (conservation)
- Mauvaise efficacité de l'Abak sur ray-grass fait le 30 mars (cf. blé de maïs en TCS et blé dur en conservation). Il est meilleur le 8 mars (cf blé dur). Il a dû être rattrapé sur RG avec de l'Axial Pratic dans le blé de colza. L'Archipel fait le 8 mars (blé de millet en conservation) a bien marché sauf dans le 3ème bloc.

En 2017 les parcelles semblent plus propres dans l'ensemble surtout par rapport à 2015. Il faut y regarder de plus près : **chaque année des échecs et des insatisfactions sont notés**. En 2017 2 modalités sont en échec. Le blé de maïs en TCS à cause du brome stérile malgré un Octogon début mars et le colza en classique à cause du laiteron malgré 2 l d'Alabama en pré-levée. Deux autres cultures sont relativement insatisfaisantes, le blé dur en conservation (mauvaise couverture du sol et salissement) et le sarrasin (non désherbé), présentant quelques amarantes mais la culture est très couvrante et plutôt propre.

Certaines parcelles **cumulent des insuffisances** comme la rotation en TCS : maïs/blé/colza remplacé par du sarrasin

En 2018, seul le désherbage du colza et du blé de sarrasin en TCS est insuffisant.

Si l'on fait le **bilan par culture** on constate que le colza en dehors du système conservation est, en moyenne, mal désherbé. En 2016 et 2017 en classique et 2016 et 2018 en « TCS », cette culture a eu des résultats insuffisants (laiterons, gaillet, helminthie).

Concernant les **vivaces**, une notation a été effectuée en 2018. Le chardon a été en partie maîtrisé (moins en conservation) mais pas supprimé. A l'inverse du liseron qui, en dehors de l'orge, du colza classique et du maïs TCS n'est pas sous contrôle en 2018.

En 2015 sur tous les systèmes, on notait une quasi absence de chardons dans les **céréales**. Avant blé dur il a été appliqué du glyphosate en interculture. En outre en 2014, les céréales hors blé dur et orge ont reçu un anti chardon avant moisson.

En 2017, la problématique **vivaces** restait importante. 7 modalités sur 13 ont reçu du clopyralid pour endiguer le chardon. Le liseron est présent dans de nombreuses parcelles particulièrement en absence de travail du sol (féverole) sans être trop pénalisante pour les cultures. Traitement systématique des maïs et millet.

Note moyenne par culture hors vivaces (2015-2018)

Système	Culture	note	
Classique	colza	5.4	
	blé	9.3	
	orge	9.0	
TCS	colza	4.3	3 ans/4
	blé	8.2	2 ans derrière colza
	maïs	7.5	
	blé	6.6	
Conservation	colza	8.4	2 ans
	blé dur	8.0	
	millet	7.0	3 ans
	blé	7.9	
	maïs	6.5	
	féverole	7.6	

Note moyenne vivaces (2018)

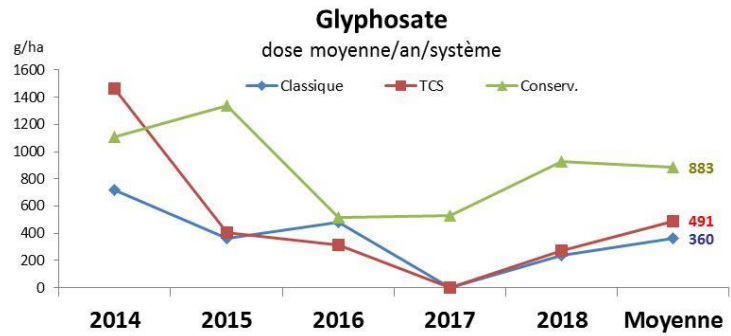
Système	Culture	Liseron des champs	Chardon
Classique	colza	7.0	8.3
	blé	5.3	8.7
	orge	10.0	10.0
TCS	colza	5.7	10.0
	blé	4.3	10.0
	blé	4.2	10.0
	maïs	8.0	9.7
Conservation	colza	3.3	6.0
	blé dur	3.7	6.0
	millet	6.7	6.7
	blé	5.3	10.0
	maïs	6.3	8.2
	féverole	2.0	8.8

L'emploi du **glyphosate** est variable selon les années et les systèmes.

Au début de l'essai il a permis dans tous les systèmes de lutter contre les vivaces. Son emploi devient ensuite minime les trois dernières années en classique et TCS (moins de 250 g/ha/an).

Dans le système conservation nous y avons eu, en outre, recours pour la destruction des couverts et la préparation des sols avant semis.

La dose moyenne est deux fois plus importante que pour les deux autres systèmes. Cependant elle diminue de moitié entre les deux premières années et les suivantes.



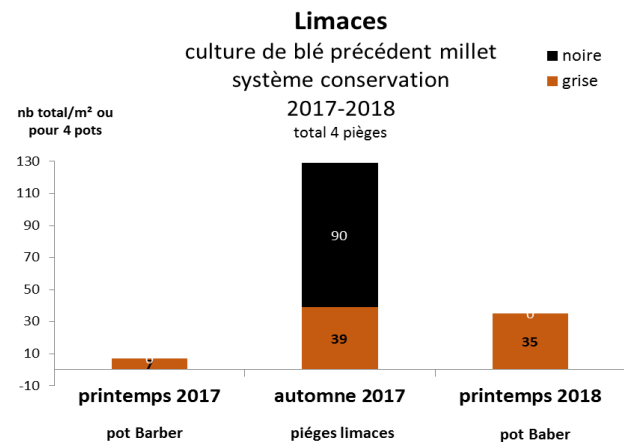
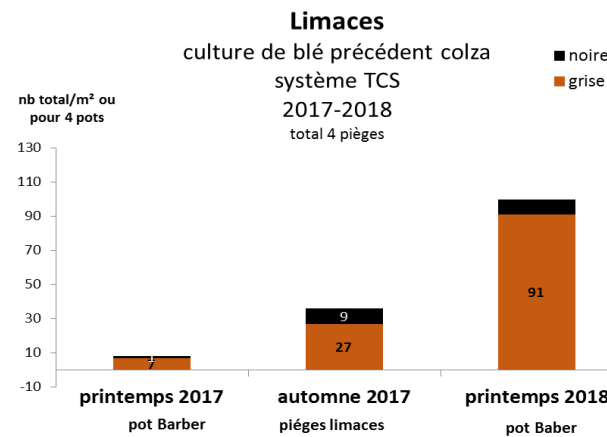
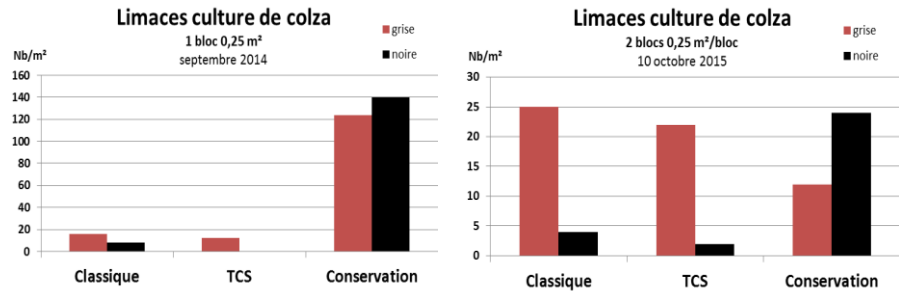
Gestion des ravageurs : limaces, pucerons, pyrale et auxiliaires

Des piégeages de **limaces** ont été effectués de façon sporadique à l'automne 2014 et 2015 sur les trois systèmes et de manière régulière entre le printemps 2017 et le printemps 2018 (projet ARENA) sur les systèmes TCS et conservation.

Les premières observations en 2014 et 2015 sur colza nous ont montré un niveau élevé de limaces grise et noire surtout en l'absence de travail de sol.

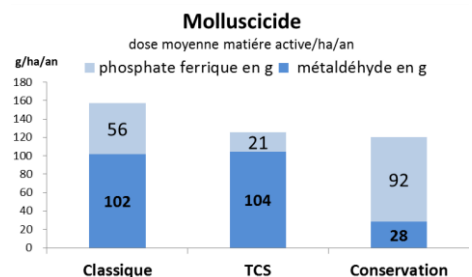
Le suivi régulier sur blé en 2017 confirme ce constat. A l'automne 2017 le nombre total de limaces capturées

durant 2 mois atteint 129 individus/m² en système conservation avec une présence continue à chaque relevé hebdomadaire. C'est 3 fois et demi plus qu'en TCS. Les limaces noires sont dominantes à l'inverse du TCS.



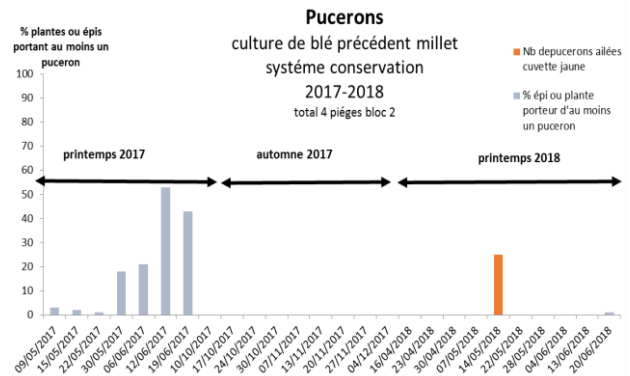
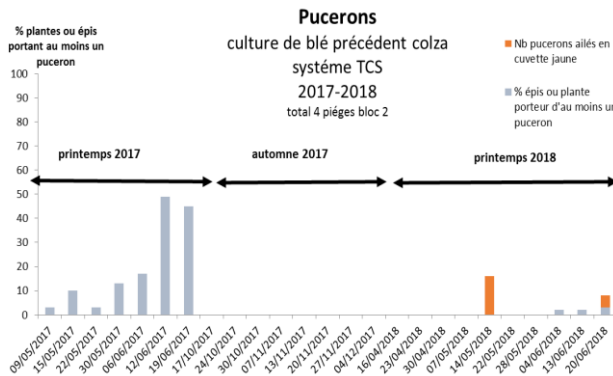
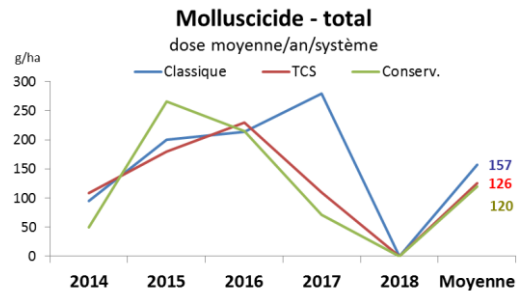
Comme molluscicide nous avons utilisé du métaldéhyde et du phosphate ferrique. En système conservation cette dernière molécule a été privilégiée.

Les quantités employées sont plus élevées en système classique et équivalentes en conservation et TCS. Lorsque du molluscicide est apporté, le colza mobilise près de la moitié des quantités épandues sauf en système conservation, seulement 13 %.

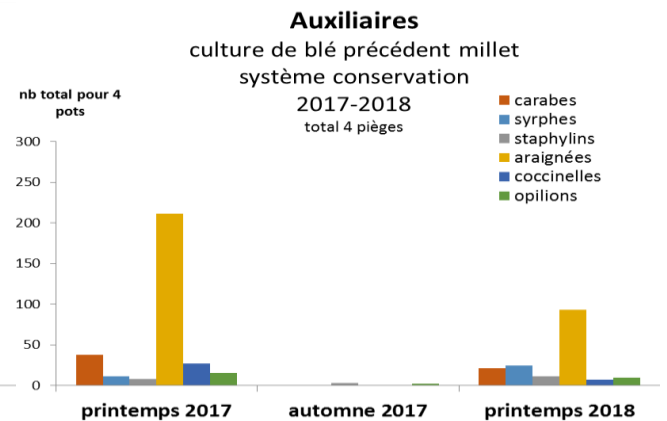
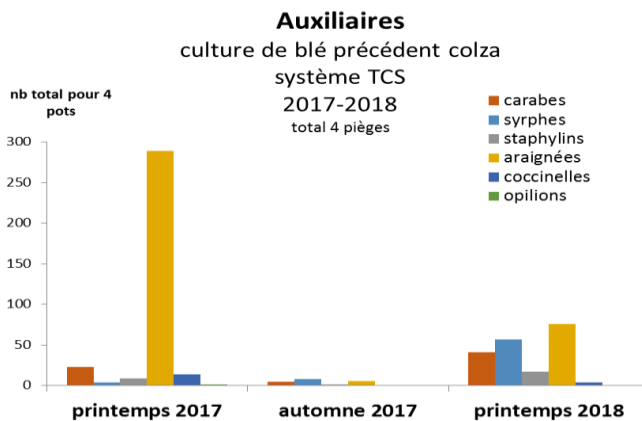


Les quantités n'ont pas varié durant les quatre premières années de l'expérimentation. 2018 se distingue par l'absence de produit en relation avec l'automne très sec.

Durant les printemps 2017 et 2018, les **puçerons** des épis ont été observés régulièrement (projet ARENA). On en dénombre essentiellement au printemps 2017. Le niveau d'infestation et l'évolution de la population sont identiques entre les deux systèmes TCS et conservation. A l'automne, les semences traitées à l'imidaclopride ne permettent pas de mettre en évidence leur présence.



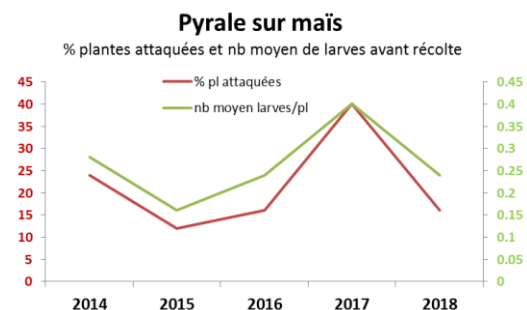
Au niveau des **auxiliaires**, l'abondance des populations de carabes, syrphes, staphylins, araignées, coccinelles et opilions est peu différent entre les systèmes conservation et TCS.



Sur maïs, des comptages de **pyrale** ont été réalisés avant récolte indistinctement entre les systèmes. L'infestation est, en l'absence de traitement, assez faible.

Ce ravageur a été aussi observé sur millet certaines années.

Enfin on a noté des dégâts de sanglier sur maïs et de la verse (2016 et 2018).



Gestion des maladies

Les maladies ont été gérées sans difficulté sauf sur féverole en système conservation à cause de la transmission dès l'automne de maladies des couverts à base de féverole vers la culture.

On n'a pas observé de sclérotinia sur colza durant les 5 ans (absence de traitement en conservation à partir de 2016).

Sur blé dur, le niveau de fusariose est visuellement bas mais on a enregistré la présence de mycotoxines une année (sur 3 ans analysés).

Gestion de la fertilité du sol

Fertilité chimique

Des analyses chimiques ont été faites début février 2013 et renouvelées fin janvier 2018.

En système conservation en 2018, l'horizon 0-30 cm est scindé en deux niveaux 0-10 et 10-30 cm.

Globalement la fertilité chimique est maintenue dans tous les systèmes.

Le pH est resté stable malgré une diminution de la teneur en calcium et magnésium. Celui-ci reste élevé et le taux de saturation de la CEC aussi.

La teneur en P élevée au départ reste à un niveau très correct y compris en système conservation où aucun apport n'a été fait. Les teneurs Olsen dépassent partout 125 ppm.

Les teneurs en oligo-éléments ont été maintenues ou ont augmenté sans qu'aucun apport spécifique n'ait été réalisé. Seule la teneur en bore est jugée faible comme en 2013.

En système conservation, le sol s'est enrichi en carbone et en MO (+1.1 pt sur l'horizon superficiel). Le stockage de carbone sur 0-30 cm augmente de 18 % par rapport à la situation de départ et 24% par rapport au système classique en 2018. Ce qui représente une séquestration importante.

Evolution de la fertilité chimique par rapport à 2013

	Classique	TCS	Conservation 0-10	Conservation 10-30
C orga	↓	→	→	→
MO	→	→	→	→
C/N	↓	↓	→	↓
pH	↓	↓	↓	↓
CaCo3	↓	↓	↓	↓
P2O5 Olsen	↓	↓	→	↓
K2O	↓	↓	→	→
CaO	↓	↓	↓	↓
MgO	↓	↓	↓	↓
B	→	→	→	→
Cu	→	→	→	→
Zn	↓	→	→	→
Mn	↑	↑	↑	→
Fe	↑	→	→	→

Fertilité biologique

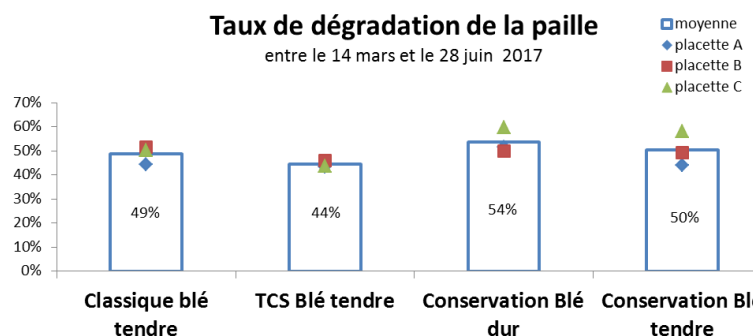
Deux indicateurs : litter bag réalisé au printemps 2017 et analyses biologiques en sortie d'hiver 2018.

Des litter bags ont été enfouis dans le sol pendant un peu plus de 100 jours de mi-mars à fin juin 2017. 3 placettes sur un bloc.

Les niveaux de dégradation de la paille sont assez proches entre systèmes et peuvent être considérés dans la moyenne de ce qu'on observe par ailleurs (source ESA Angers et Agrinnov). **Les différences ne sont pas statistiquement différentes.**

Taux de dégradation de la paille

entre le 14 mars et le 28 juin 2017



Les analyses biologiques révèlent :

- Un bon équilibre pour tous les systèmes entre MO libre et liée
- Une biomasse microbienne plus élevée dans les systèmes TCS et conservation
- Une activité déséquilibrée de cette biomasse sauf dans le système conservation. Si le potentiel de minéralisation du carbone est correct à bon, il est très faible pour l'azote dans les systèmes classique et TCS qui ne comportent aucune légumineuse.

	Classique	TCS	Conservation
Teneur en MO %	2.6	3.5	2.9
% MO liée	86	83	84
C/N MO liée	8.2	10.7	7.8
C/N MO libre	22.2	19.1	20.7
Biomasse microb. mg/kg	293	361	383
Biomasse en % MO totale	2.0	1.8	2.3
C minéralisé mg/kg/28 j	497	643	557
N minéralisé mg/kg/28 j	9.1	15.7	33.1

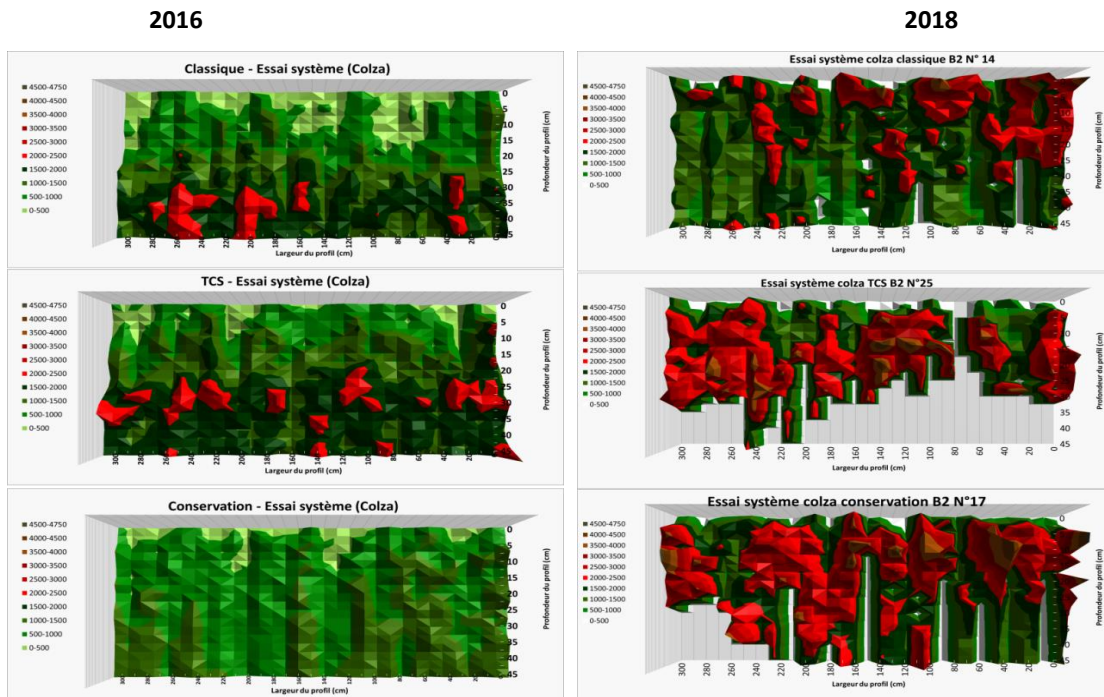
Structure du sol

Deux indicateurs : pénétramétrie en 2016 et 2018. Observation profil 3 D.

Un pénétramètre a permis de dresser une cartographie de la compaction sur chaque système. L'opérateur enfonce une aiguille tous les 10 cm sur une largeur de 3 m et à une profondeur maximale de 45 cm. L'appareil enregistre la pression exercée. Les zones rouges expriment les zones les plus compactées.

Ces profils ont été réalisés chaque année en avril sous une culture de colza.

Les profils sont très différents entre les deux années. Les sols sont moins compactés en 2016 qu'en 2018. Les systèmes sont peu différenciés. En 2016 l'absence de travail du sol en système conservation depuis 4 campagnes n'entraîne pas de compaction particulière, au contraire. En 2018, le système classique apparait le moins compacté y compris en profondeur. Peu de différence entre TCS et conservation. Résultat surprenant en contradiction avec les profils faits en juin 2018 avec un chargeur télescopique à proximité de l'observation au pénétramètre, qui montrent une bonne structure pour les trois systèmes.



Production des cultures

Globalement les rendements obtenus sont inférieurs à l'objectif fixé.

Dans le **système classique**, les céréales, hormis en 2016, atteignent l'objectif avec des niveaux de productivité conformes à l'historique des rendements de blé sur la parcelle (moyenne de 79 q dans les années précédentes). Le colza est plus irrégulier (moyenne de 30 q/ha). Le faible rendement de 2017 s'explique par le broyage avant récolte de zones infestées de chardons et l'absence de culture sur un des blocs.

En **système TCS**, on obtient 74 q/ha de blé en moyenne pluriannuelle sans distinction d'effet précédent colza ou maïs. Le colza dégage un rendement correct (>30 q) mais finalement loin de l'objectif fixé de 35 q et la culture n'a pas pu être conservée en 2017 du fait d'une levée tardive et d'un peuplement insuffisant lié aux conditions très sèches de l'automne et au mode de semis (semis de précision à 50 cm). Le maïs dégage un rendement faible, loin de l'objectif 4 années sur 5 (48 q/ha de moyenne).

En « **conservation** », le rendement du blé dur est beaucoup plus variable que celui du blé tendre, allant du simple au double (32 à 76 q/ha). Il est, pour ces deux céréales, en retrait par rapport à l'objectif. Le blé tendre réalise 69 q de moyenne pour un objectif de 76 q. Le colza a échoué 2 années (2015 et 2017). En 2015, il subit de fortes attaques de limaces malgré un semis assez précoce (19 août) et un re-semis début septembre (absence de molluscicide dans les deux cas). Les cultures d'été sont pénalisées. Le millet ne dépasse 33 q que 2 années. Le rendement moyen de 22 q est inférieur à ce qui a été obtenu en exploitation durant cette période. Ces mauvais résultats correspondent à des insuffisances de peuplement nécessitant un re-semis total ou partiel en 2014 et 2016. Nous avons pu constater qu'il fallait avoir 80 à 100 pieds/m² et mettre en place 45 à 50.000 grains/m² pour espérer un rendement de plus de 30 q/ha. Le maïs a subi en plus de la sécheresse, des dégâts de sanglier accentués par de la verse (2016 et 2018). La féverole avec 32 q de moyenne s'en sort bien. Elle remplace le pois d'hiver qui en 2014 a été presque entièrement consommé sur pied par les pigeons. En 2015 les maladies à l'automne (transmission depuis les couverts à base de féverole) ont entraîné un re-semis en féverole de printemps. Dans les couverts la féverole est alors remplacée par de la vesce de Narbonne.

Rendement réalisé en q/ha
Evaluation par rapport à l'objectif de rendement

système	culture	2014	2015	2016	2017	2018	Moyenne
Classique	colza	35.5	30.3	36.0	18.5	28.9	29.8
	blé	71.9	105.3	63.9	89.3	88.2	83.7
	orge	85.0	74.4	53.4	79.4	77.6	74.0
TCS	colza	44.1	27.3	22.2		31.2	31.2
	blé/colza	66.6	97.1	59.5	69.1	79.7	74.4
	maïs	68.2	41.8	23.1	69.4	37.4	48.0
	blé/maïs	66.6	92.6	60.7	74.0	77.3	74.2
Conservation	colza	33.9		29.4		28.7	30.7
	blé dur	32.1	75.8	35.8	48.8	55.1	49.5
	millet	33.2	15.0	10.0	34.4	16.9	21.9
	blé	63.1	83.7	56.7	71.3	72.2	69.4
	maïs	75.4	23.0	14.8	78.8	42.3	46.9
	féverole	0-62	22.2	25.0	42.2	40.7	32.5

>105%	95 – 105 %	85 – 95 %	< 85 %

L'objectif de rendement a été fixé en fonction des résultats obtenus sur l'exploitation (blé) ou de références disponibles sur ce type de sol. A partir de la deuxième année il a peu varié entre années. Les variations éventuelles prennent en compte l'état de la végétation.

Objectif de rendement q/ha

Système	culture	2014	2015	2016	2017	2018	rdt moyen obj.
Classique	colza	25	37.5	37.5	35	37	34.4
	blé	70	85	85	85	85	82.0
	orge	75	85	80	70	80	78.0
TCS	colza	35	34	32.5		37	34.6
	blé/colza	70	80	85	85	80	80.0
	maïs	70	82	75	75	75	75.4
	blé/maïs	70	80	85	85	85	81.0
Conservation	colza	35		37.5		37	36.3
	blé dur	50	70	60	60	55	59.0
	millet	35	30	35	35	35	34.0
	blé	60	80	80	80	80	76.0
	maïs	70	82	75	75	75	75.4
	féverole	35	30	30	35	35	33.0

Le blé tendre

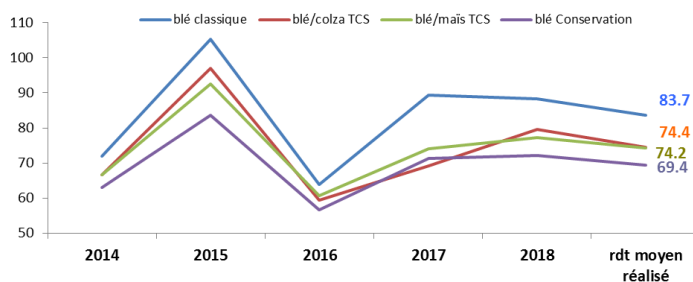
Seule culture commune à tous les systèmes avec le colza, le blé a été la seule présente chaque année. Cela en fait un marqueur de productivité bien que le précédent ne soit pas le même pour les trois systèmes.

La productivité est la plus élevée en « classique » et ceci chaque année. L'écart moyen est de 9 q avec le système TCS et de 14 q avec le système conservation.

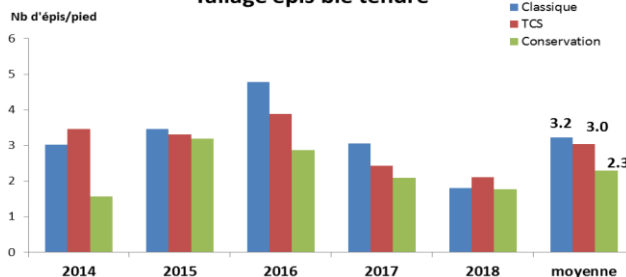
Dans ce dernier, le blé vient après un millet qui est un précédent moins favorable. On constate toutefois en TCS très peu d'écart entre le blé de colza et le blé de maïs moins favorisé.

L'explication est à chercher du côté du nombre de grains et d'épis produits. Alors que le peuplement de plantes levées est comparable (195 pieds/m² en classique et TCS, 216 en conservation) le tallage épi est plus faible dans le système conservation diminuant le nombre de grains produits. Ecart en particulier avec le TCS où les variétés employées sont pratiquement identiques. Ce défaut de tallage est peut être lié à la disponibilité précoce en azote. Les premiers apports sont réalisés sur les trois systèmes pratiquement simultanément, début mars (hormis en 2016 en février) mais la dose moyenne croit de 65 u/ha en conservation à 87 en classique en passant par 76 en TCS. La dose du dernier apport étant identique (40 u/ha). On n'observe pas de compensation par le poids des grains.

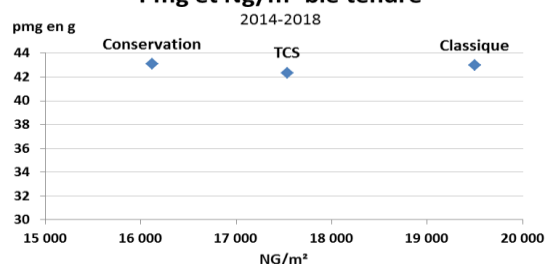
Rendement du blé



Tallage épis blé tendre



Pmg et Ng/m² blé tendre



Qualité de la récolte

Les récoltes se sont faites à des teneurs en eau du grain relativement basses aussi bien pour les cultures d'hiver que d'été.

Teneur en eau moyenne du grain à la récolte en %

Système	colza	blé	blé dur	orge	maïs	millet	féverole
Classique	6.5	13.3		11.8			
TCS	6.9	13.1			21.4		
Conservation	6.6	13.0	12.9		21.2	17.1	13.1

Les teneurs en protéines du blé tendre n'ont jamais été inférieures à 11% quelques soient les systèmes.

Teneur en protéines et PS du blé tendre

BLE tendre		2014		2015		2016		2017		2018		Moyenne	
système	précédent	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS
Classique	colza*	11.3	75.5	11.3	80.6	12.9	73.9	12.5	78.9	12.5	78.7	12.3	78.0
TCS	colza*	11.5	76.0	11.7	82.1	12.9	77.1	11.9	80.0	12.3	78.4	12.2	79.4
	maïs	11.3	75.3	11.3	82.0	12.5	76.8	12.2	78.9	12.8	78.1	12.0	78.2
Conservation	millet*	11.3	75.1	11.2	82.1	14.1	77.9	12.0	79.6	12.6	79.1	12.5	79.7

* Tournesol en 2014

tx protéines >= 11.5 % et PS>=76	Tx protéines 11-11.5 % et PS<76
----------------------------------	---------------------------------

Elles atteignent même des niveaux élevés (jusqu'à 14% en 2016, année où les rendements ont été exceptionnellement faibles). Le système classique où les rendements sont les plus élevés ne se distingue pas des autres. Supérieures à 12 % en moyenne pluriannuelle, elles illustrent une probable surestimation de la fumure azotée en lien avec des importantes fournitures du sol suite aux apports de fumier réalisés historiquement sur la parcelle. Le calcul prévisionnel de la fumure s'appuie sur le modèle « Azofert » et des reliquats mesurés.

Les PS, hormis en 2014, sont presque toujours supérieurs à 76.

Pour le blé dur, les teneurs en protéines sont très variables allant de 11.7 à 15.2%. Elles sont basses 2 années (2015 et 2017 où les rendements sont élevés). Les PS sont 4 ans sur 5 au-dessus de la norme.

Teneur en protéines et PS du blé dur

BLE dur	2014		2015		2016		2017		2018		Moyenne	
système	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS	Protéines	PS
Conservation	14.8	74.3	12.8	80.3	15.2	78.9	11.7	80.0	15.2	79.6	12.5	79.7

tx protéines >= 14 % et PS>=76	Tx protéines 13.5 % et PS<76
--------------------------------	------------------------------

Des mesures de grains « mitadinés » et de DON ont été réalisées sur 3 campagnes. Le taux de mitadinage varie entre 1.5 à 20 % et reste dans les normes marchandes. La teneur en DON est inférieure à la norme 2 ans sur 3.

En orge, le débouché brassicole permis par les variétés employées n'a pu être utilisé qu'une année (2017) à cause de taux de protéines dépassant 11.5 % lors des autres campagnes.

Teneur en protéines et calibrage de l'orge d'hiver

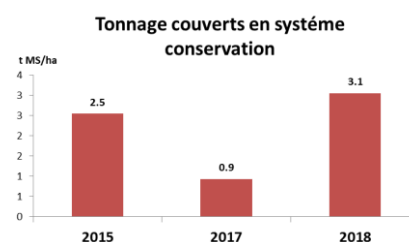
ORGE	2014		2015		2016		2017		2018		Moyenne	
système	Protéines	Calib.	Protéines	Calib.	Protéines	Calib.	Protéines	Calib.	Protéines	Calib.	Protéines	Calib.
Classique	11.9	95.3	13.8	95.9	12.2	67.0	11.4	91.6	12.1	91.5	12.3	88.3

tx protéines entre 9.5 et 11.5 et calibrage > 90 %	Tx protéines hors normes et calibrage < 90 %
--	--

Les couverts

La production de biomasse par les couverts a été mesurée certaines années dans le système conservation. Elle varie entre 1 et 3 t de MS/ha.

Les couverts, à base de légumineuses, ont été semés trop tard pour des raisons d'organisation de chantier de récolte, au plus tôt fin juillet (médiane 7 août), 3 semaines après la récolte du précédent et détruits entre début décembre et mi-février (médiane 20 janvier).

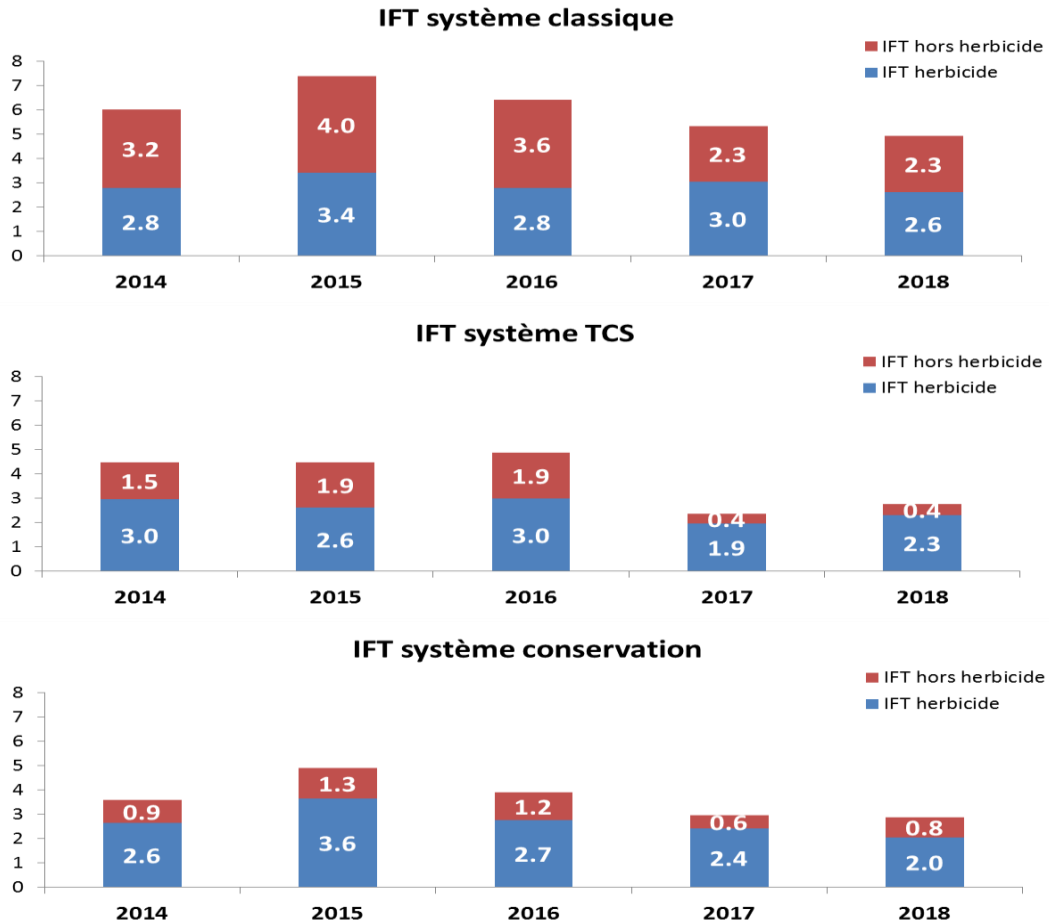


8.2. Résultats environnementaux

IFT

En système classique, sans objectif de réduction d'emploi de produits phytosanitaires, l'IFT total a baissé les deux dernières années, passant de 6-7 à une valeur proche de 5. Cette diminution est liée aux produits hors herbicides.

Dans les deux autres systèmes, l'IFT total diminue de la même façon pour atteindre une valeur proche de 3. Là encore cette diminution est liée aux produits hors herbicides.

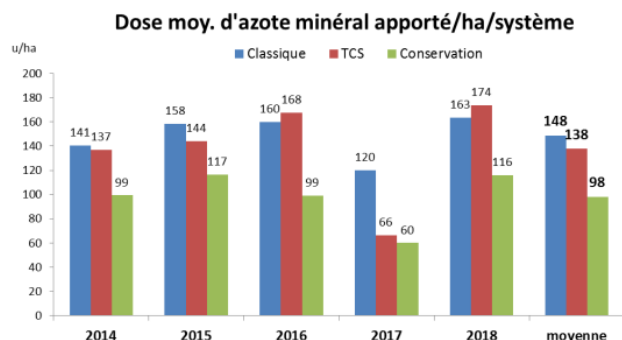


L'objectif de réduire l'IFT total de 50 % en 2018 par rapport à la référence cantonale 2011 qui est de 1.8 en herbicide et 3.5 hors herbicide soit un total de 5.3, est pratiquement tenu. Nous obtenons - 49 % en TCS et - 47 % en conservation. En système classique, même si l'IFT global a baissé, il reste au niveau de la référence 2011.

Azote et Phosphore

La quantité moyenne d'azote minéral utilisé est diminuée d'un tiers en conservation par rapport au classique, grâce à la présence de la culture de féverole et à la réduction de fumure sur colza liée à un semis plus précoce et au précédent féverole (-40 %). Sur blé tendre elle est diminuée de 14 %.

Le phosphore n'a été épandu qu'en système



classique avant colza et en TCS avant colza et maïs. Les doses moyennes sur les 5 années sont respectivement de 10 u et 13 u/ha/an.

Consommation énergétique et efficacité énergétique en 2018

La consommation énergétique est celle liée aux interventions. Elle a été évaluée seulement en 2018. Le système conservation se distingue des deux autres par une consommation moitié moindre. On peut légitimement penser que ce résultat est représentatif du système durant les années d'expérimentation.

L'efficacité énergétique est le rapport entre production et consommation d'énergie. **Elle est augmentée de 50 % en système conservation.**

Système	Consommation énergie GJ/ha	Efficacité énergétique %
Classique	12.7	8.5
TCS	11.8	8.1
Conservation	5.6	12.5

8.3. Résultats économiques

Le système classique dégage chaque année le **produit brut** le plus élevé. Il baisse de 13 % en système TCS et 22 % en conservation. L'objectif de dégager avec ces deux systèmes un même niveau de production n'est donc pas atteint.

Au niveau des **charges**, le poste intrants est le plus faible en système conservation. Il est inférieur au système classique de 9 % en moyenne. Cet écart s'accroît les deux dernières années pour atteindre une diminution de 23 % en 2018. De plus il baisse régulièrement sur les 5 ans. Baisse qui concerne principalement les herbicides qui représentent environ 30 % des charges opérationnelles dans chaque système.

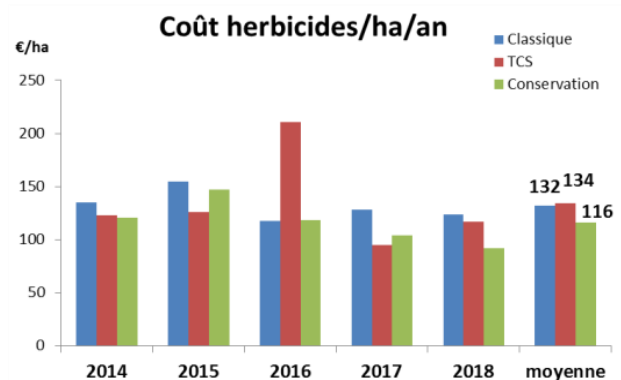
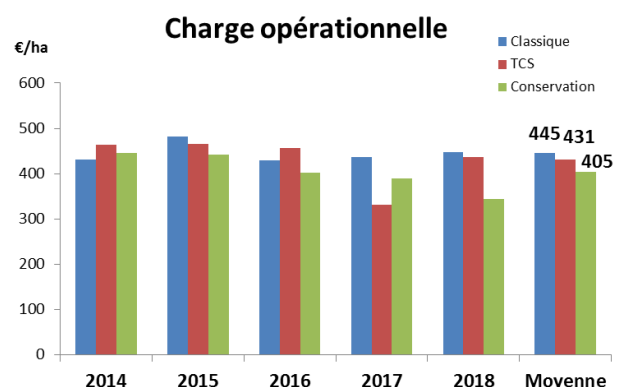
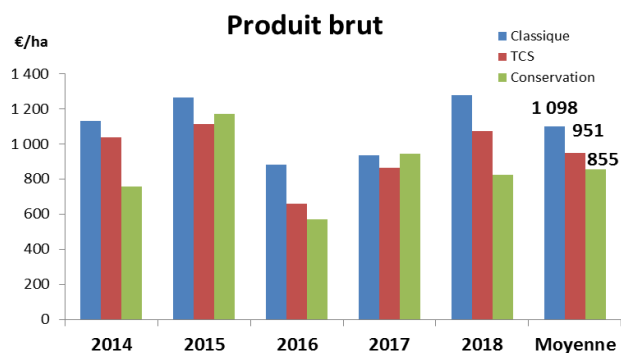
Le système TCS est intermédiaire avec des charges opérationnelles proches du système classique les 3 premières années.

Les charges de mécanisation sont fortement diminuées dans le système conservation (145 €/ha contre 200 en TCS et 214 en classique).

Cela se traduit par une **marge semi-nette** qui reste, trois années sur cinq, à l'avantage du système classique grâce à des rendements plus élevés.

Elle est calculée à partir de la marge brute avec prime, diminuée des charges de mécanisation propres à chaque système.

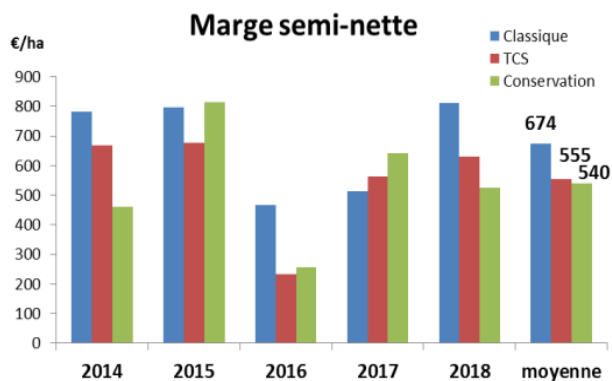
Le système conservation donne les meilleurs résultats en 2015 et 2017 grâce à deux parcelles en blé dur à plus de 70 q/ha en 2015 et au bon niveau de rendement sur toutes les cultures du système en 2017, accompagné de charges plus faibles qu'en système classique. Le système TCS se situe toujours intermédiaire.



L'objectif fixé de dégager une marge équivalente au système classique n'est donc pas atteint.

Toutefois dans l'hypothèse d'un rendement moyen en maïs grain et millet plus proches des résultats en plaine, à savoir 70 et 30 q/ha nous obtenons une marge semi-nette très proche du système classique. Elle passe à 626 €/ha pour le système TCS et 635 € pour le système conservation contre 674 € en système classique.

Ce qui permet de penser qu'avec une maîtrise de ces cultures ou un autre choix de culture en système conservation il est possible de dégager un résultat économique à la hauteur du système classique.

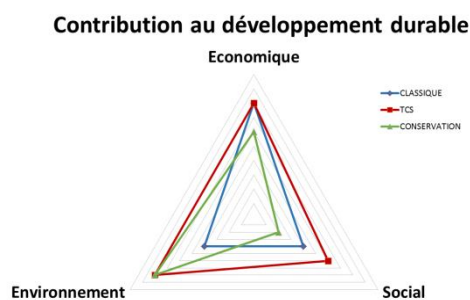


Le produit brut reste cependant inférieur au système classique de 70 €/ha en TCS et 144 en conservation.

Notons qu'une augmentation seule du rendement moyen en blé à 80 voire 85 q/ha ne suffit pas à améliorer suffisamment la marge semi-nette du système conservation.

8.4. Contribution au développement durable

Nous avons utilisé les outils CRITER (évaluation quantitative d'un ensemble de critères économiques, sociaux et environnementaux destinés à qualifier la contribution au développement durable des systèmes de culture) et MASC (Multi-attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems) mis au point par l'INRA pour réaliser l'évaluation multicritère des systèmes de culture. Ces outils reposent sur des critères observés (conduite, résultat) ou estimés qui sont ensuite caractérisés de manière qualitative sur une échelle de 3 à 5 classes. Une pondération est appliquée dans chaque dimension de la durabilité entre ces critères. **Les résultats ne sont donc pas figés mais dépendants des enjeux et des paramètres retenus par l'utilisateur.**



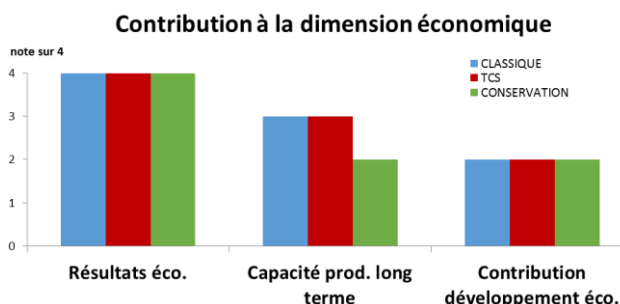
L'analyse a été effectuée à partir des résultats 2018.

Des trois systèmes, le TCS est celui qui présente une meilleure durabilité tant économique, sociale qu'environnementale.

Sur le plan économique :

Les résultats économiques sont satisfaisants pour les trois systèmes compte-tenu de l'échelle retenue pour cette évaluation.

La capacité productive sur le long terme est plus faible en « conservation » que dans les deux autres systèmes. Celle-ci prend en compte la maîtrise de la fertilité physico-chimique du sol et celle des bio-agresseurs. Pour ce dernier critère le semis direct est jugé pénalisant vis-à-vis des bio-agresseurs telluriques et des adventices malgré l'effet positif de la diversité des cultures dans ce système et l'amélioration de la fertilité du sol.



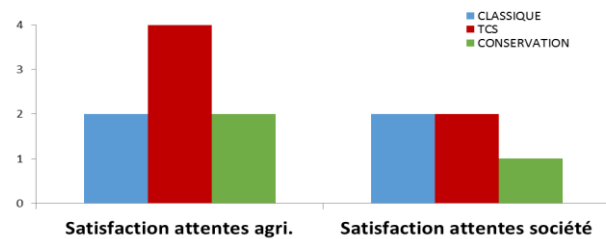
La contribution au développement économique est identique entre les trois systèmes et jugée moyenne. Elle prend en compte la qualité des produits et la contribution à l'émergence de filières.

Social :

La satisfaction des attentes des agriculteurs est particulièrement bonne en TCS et moyenne pour les deux autres systèmes. Ceci grâce à une meilleure qualité de conditions de travail et plus spécifiquement à un emploi légèrement plus faible de produits classés toxiques (phrases de risque H341, H351 et H361).

La satisfaction des attentes de la société est paradoxalement plus faible en « conservation » que dans les deux autres systèmes. Elle est jugée à travers la contribution à l'emploi, faible dans les trois systèmes et la fourniture de matières premières. Sur ce dernier critère le système conservation est pénalisé par une moindre production.

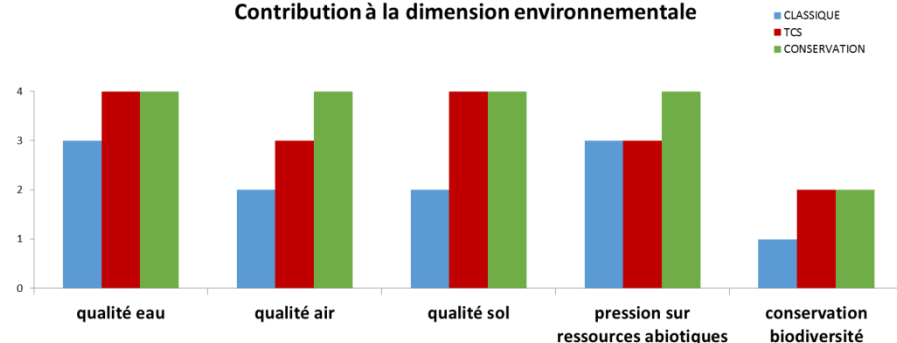
Contribution à la dimension sociale



Environnemental :

La contribution à la qualité du milieu est très satisfaisante pour TCS et conservation grâce à un moindre risque de lessivage de nitrates qu'en classique, une meilleure maîtrise des émissions de pesticides dans l'air et pour le système conservation moins d'émission de N2O dans l'air. Enfin pour TCS et conservation, une meilleure maîtrise du statut organique des sols.

Contribution à la dimension environnementale



Concernant la pression sur les ressources abiotiques le système conservation est le mieux placé grâce à une moindre consommation d'énergie, de phosphore et une meilleure efficacité énergétique.

Enfin la conservation de la biodiversité est meilleure en TCS et conservation qu'en classique à cause d'une plus grande abondance floristique.

9. Conclusion

Le **système classique** dégage sans surprise de bons résultats économiques dans une exploitation de polyculture-élevage où les graminées adventices peuvent se gérer sans difficulté. Système qui offre en outre une certaine sécurité d'implantation des cultures, en particulier pour le colza. Mais cette culture est-elle durable compte-tenu de la pression de ravageurs, l'absence de moyens de lutte respectueux de la biodiversité et les sécheresses de plus en plus persistantes en été ?

Le **système TCS** se distingue de manière inattendue par un relatif équilibre dans ses résultats. Ses performances économiques sont moyennes mais ses résultats dans les dimensions sociales et environnementales sont bons. Il permet de mettre en œuvre des techniques alternatives de désherbage sous employées dans cet essai faute de moyens.

La mise en œuvre d'un système répondant à une **agriculture de conservation** des sols basée sur l'absence de travail du sol et un allongement de la rotation présente des résultats plus mitigés que nous l'attendions. Ce système jouable agronomiquement (fertilité et structure du sol, contrôle des bio-agresseurs) obtient sans surprise de bons résultats environnementaux en limitant les pertes dans le milieu, la consommation d'énergie et la pression sur les ressources.

Mais ses performances économiques sont nettement inférieures et plus variables que le système classique. La baisse de production enregistrée en blé et cultures d'été et l'absence de colza deux années sur cinq n'ont pas compensé la diminution des charges. Une stratégie azotée plus précoce sur blé et une meilleure maîtrise de l'implantation du millet pourraient améliorer ces résultats. Quant au maïs cultivé en sec, sa place dans le

système est remise en cause d'autant que sa contribution à la lutte contre les vivaces, en particulier le liseron, n'est pas certaine. Pour le remplacer, en dehors du tournesol, il ne reste que le sorgho.

Cependant les simulations économiques montrent que l'obtention d'un rendement plus proche du potentiel de ce sol en maïs et millet permet de dégager une marge semi-nette pratiquement équivalente au système classique malgré un écart de rendement conséquent en blé de 14 q/ha. Ce qui montre l'importance du choix des cultures pour allonger la rotation et leur maîtrise technique, mais aussi la nécessité d'être opportuniste et savoir remodeler son assolement en fonction des aléas culturaux tout en gardant une cohérence dans sa rotation. La performance économique peut aussi passer par des économies d'échelle sur les charges de structure en les répartissant sur une surface différente par UTH.

Ce système est aussi celui qui est le plus défavorisé par la durée de l'expérimentation. Cinq ans est souvent le délai minimal pour installer agronomiquement ce mode de production. Il aurait fallu le suivre sur au moins 2 années supplémentaires. Compte-tenu des résultats acquis en fin de parcours il est permis de penser qu'il pourrait, sur un délai plus long, afficher une meilleure performance économique et sociétale.

Cet essai montre aussi qu'un tel système est aujourd'hui dépendant d'un herbicide polyvalent comme le glyphosate.

Récapitulatif

Résultats par rapport aux objectifs		Résultats	
Enjeux locaux	Objectifs assignés	TCS	Conservation
Maintenir la rentabilité des exploitations agricoles	Marge semi-nette \geq système classique		
Réduire l'usage des produits phytos	- 50 % d'IFT total/référence locale 2011		
Gérer durablement le salissement	Note de satisfaction du désherbage \geq syst. classique		
Conserver la fertilité des sols	Comparaison aux analyses de départ		
Réduire les intrants non renouvelables	Comparaison au syst.classique		
Réduire la consommation d'énergie	Comparaison au syst.classique		
Maintenir un niveau de production acceptable et adapté au marché	Produit brut moyen équivalent		

Contribution au développement durable

Enjeux	Actions	Classique	TCS	Conservation
Economique	Résultats éco.			
	Capacité productive long terme			
	Contribution développement éco.			
Social	Satisfaction attentes agri.			
	Satisfaction attentes société			
Environnement	Contribution qualité milieu			
	Pression sur ressources abiotiques			
	Conservation biodiversité			

A retenir

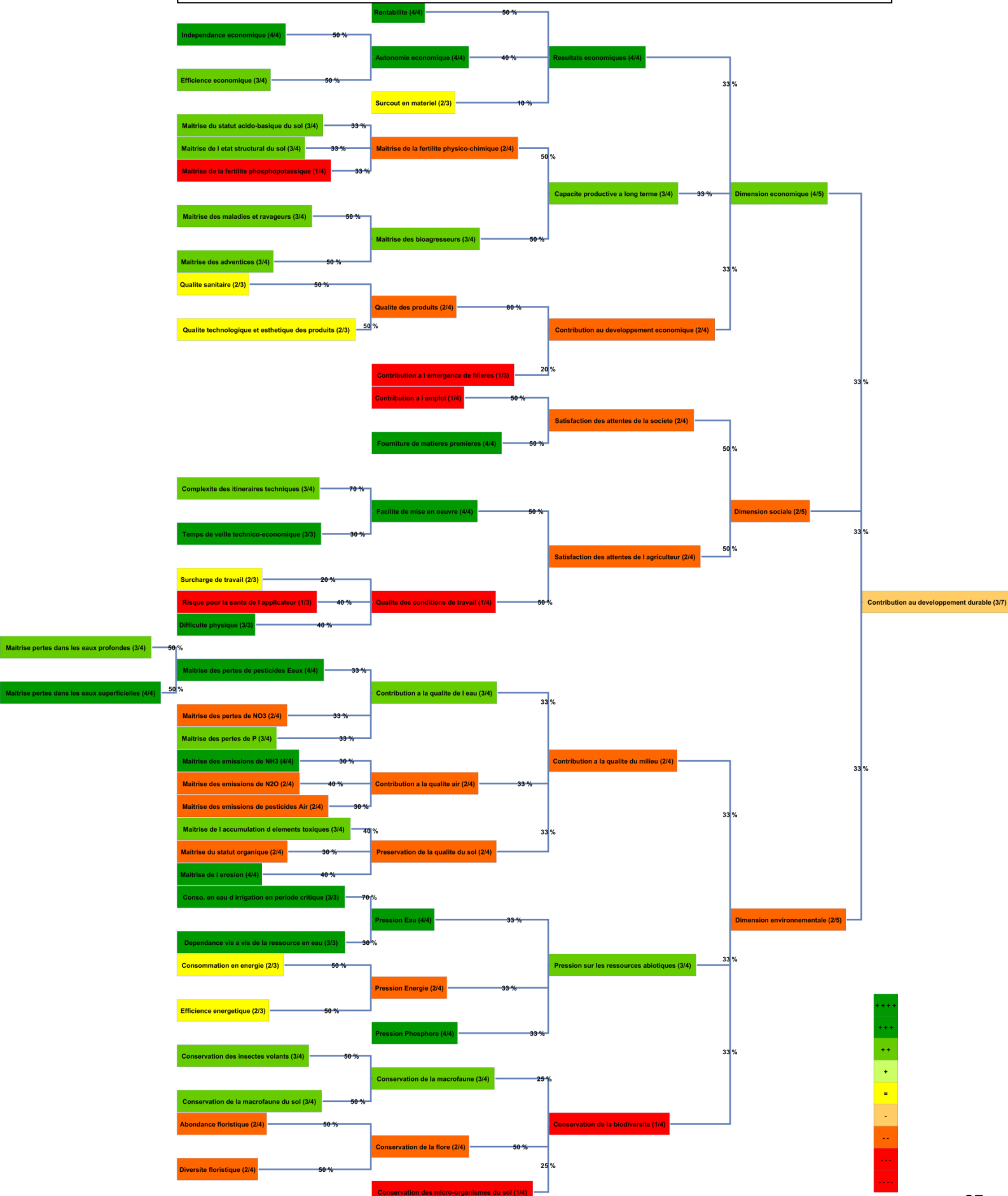
Dans un contexte d'exploitation de polyculture-élevage en sol de limon bien structuré, le **système classique** colza/blé/orge avec un labour sur 3 ans est performant économiquement et agronomiquement en l'absence d'impasse de désherbage. Son impact sur l'environnement ne lui confère pas une durabilité suffisante aujourd'hui.

Le **système TCS** basé aussi sur 3 cultures mais dans une rotation de 4 ans avec une culture d'été permet, grâce à des techniques alternatives de désherbage et une conduite intégrée des cultures, de combiner performance socio-environnementale et résultats économiques.

Le **système conservation** basé sur 6 cultures et la quasi absence de travail du sol dégage des résultats contrastés, très positif sur le plan environnemental et plus en retrait sur les plans économique et social, lié à des rendements plus faibles. Mais il est aussi celui qui demande le plus de temps pour s'installer agronomiquement. Un suivi plus long aurait été nécessaire pour confirmer la tendance positive observée en fin d'expérimentation. Il peut générer un revenu comparable au système classique avec une maîtrise technique des cultures de la rotation, une adaptation opportuniste des assolements en fonction des aléas culturaux et/ou une économie d'échelle sur les charges de structure.

10. Arborescence de la contribution au développement durable

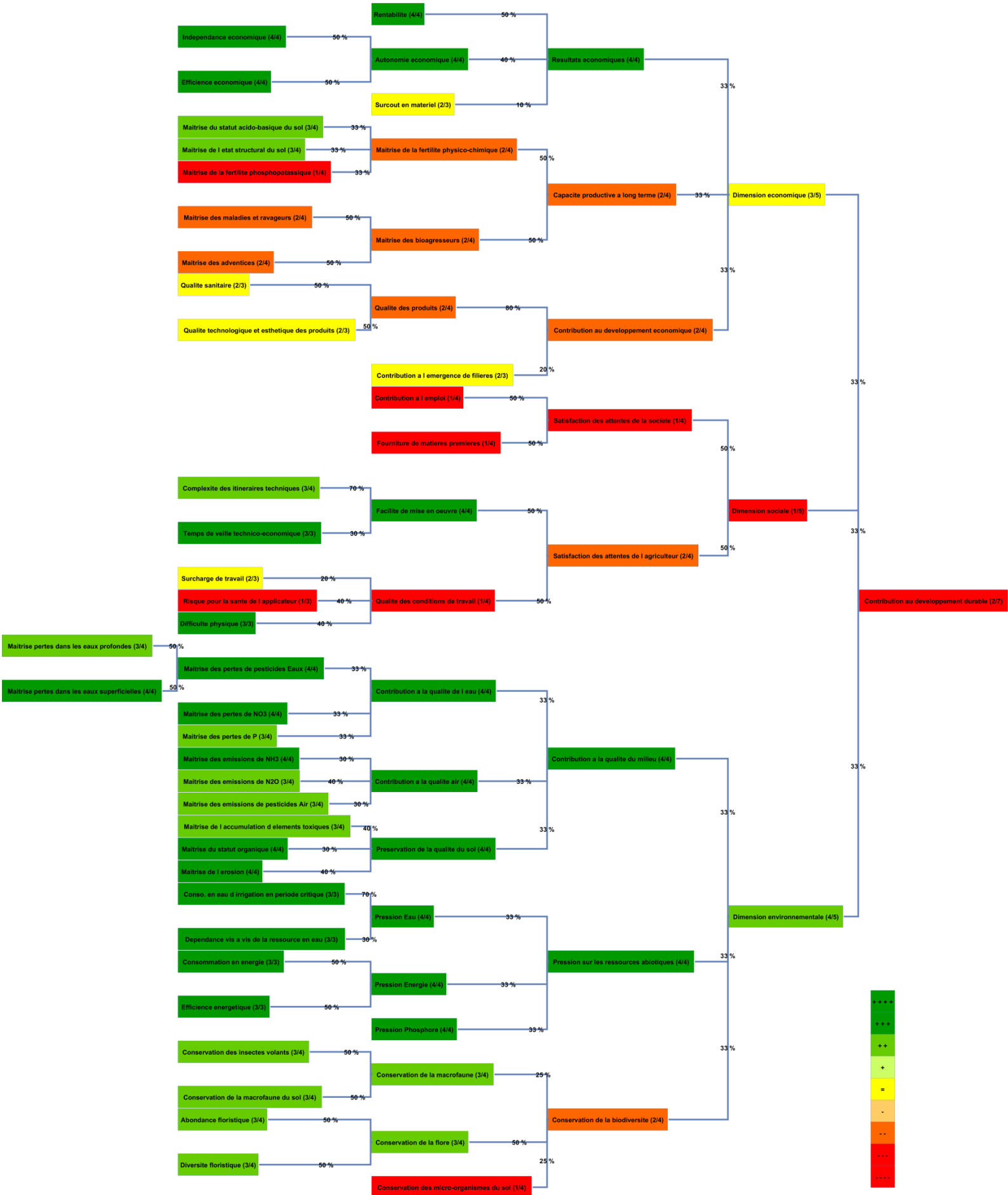
Classique



TCS



Conservation



Annexes

Schémas décisionnels travail du sol

Schéma décisionnel travail du sol **système CLASSIQUE**

Attention: sol fissuré avec un maximum de porosité sur la profondeur de labour. Le de semences affiné

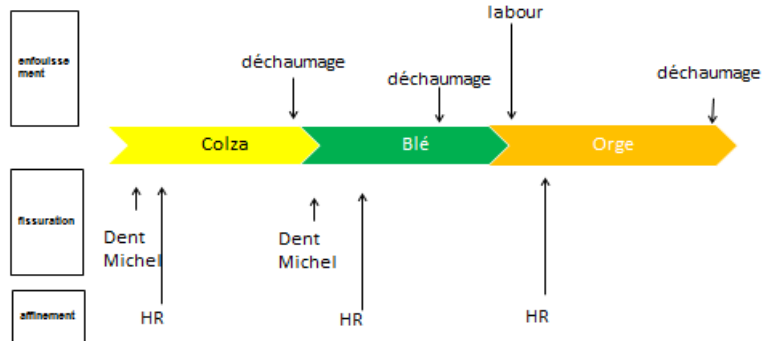


Schéma décisionnel travail du sol **système TCS**

Attention: maintien d'une structure favorable à l'enracinement et à l'implantation sans labour, semis direct possible si la structure le permet

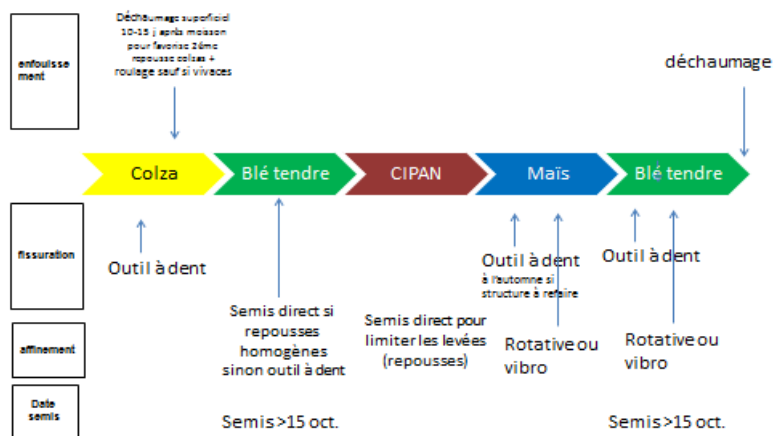
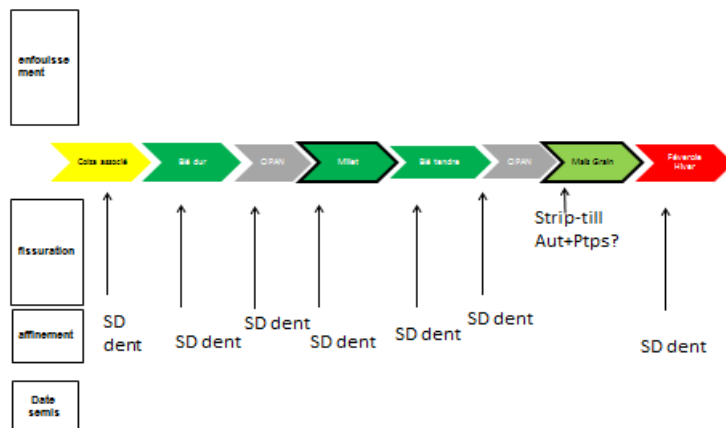
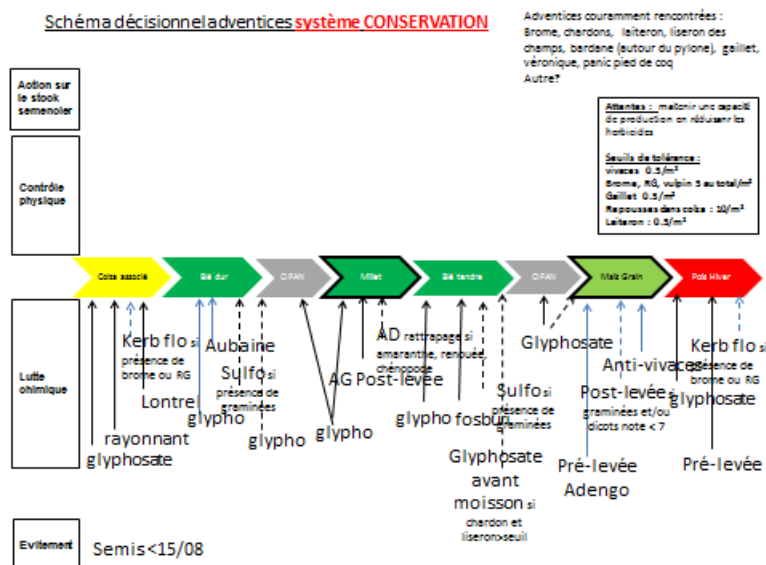
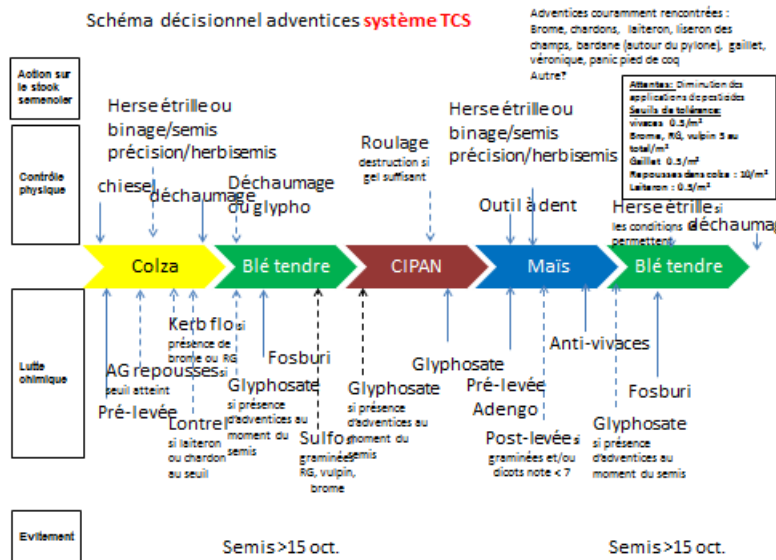
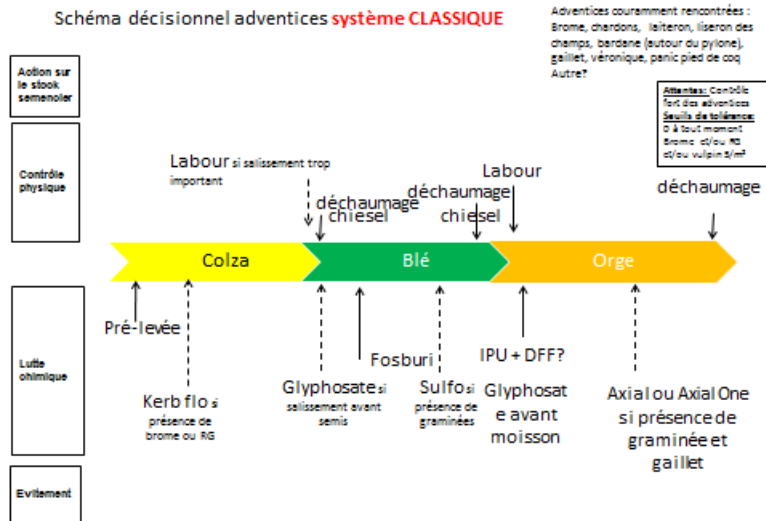


Schéma décisionnel travail du sol **système CONSERVATION**

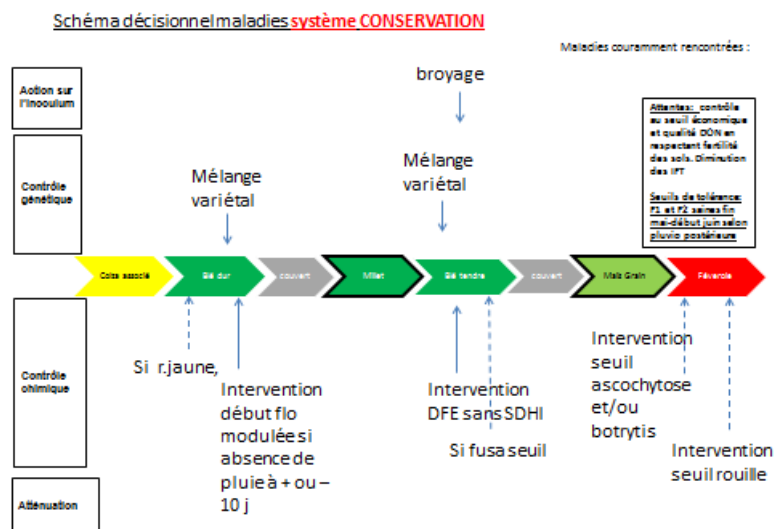
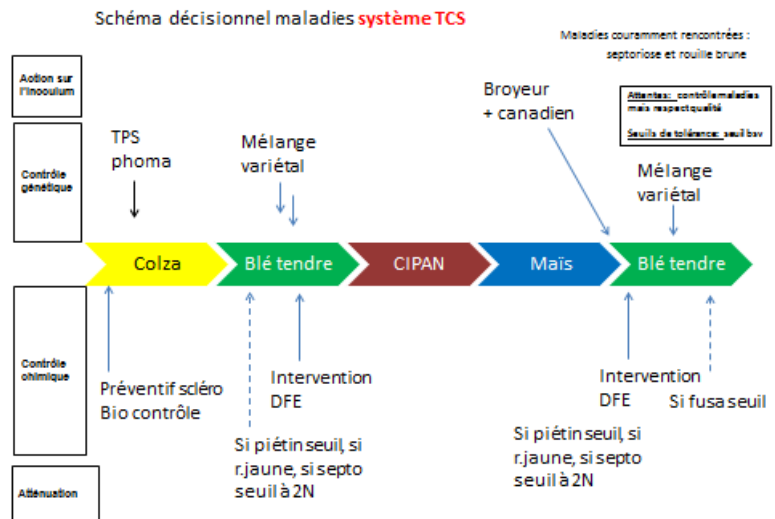
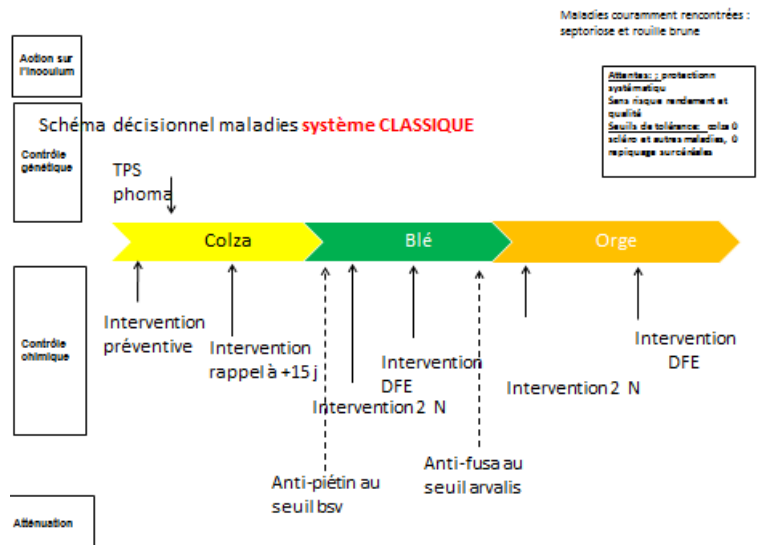
Attention: Non travail du sol et obtention d'une porosité satisfaisante par les cultures et la faune du sol, utilisation du matériel sur place.



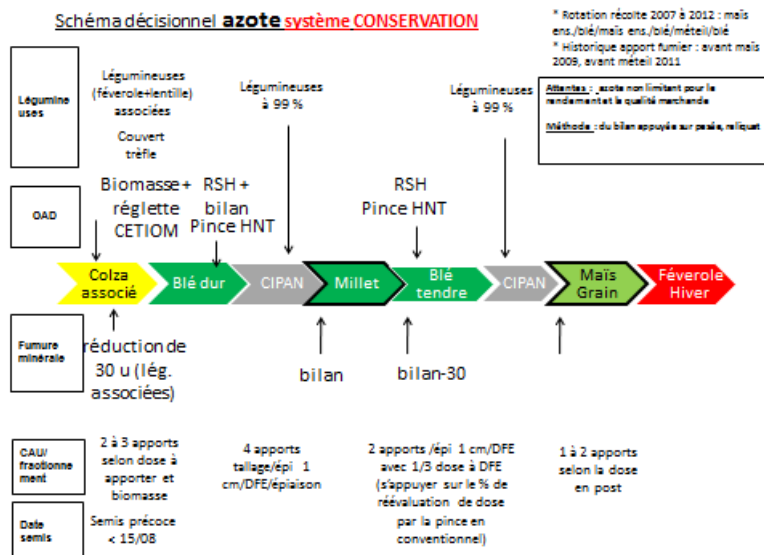
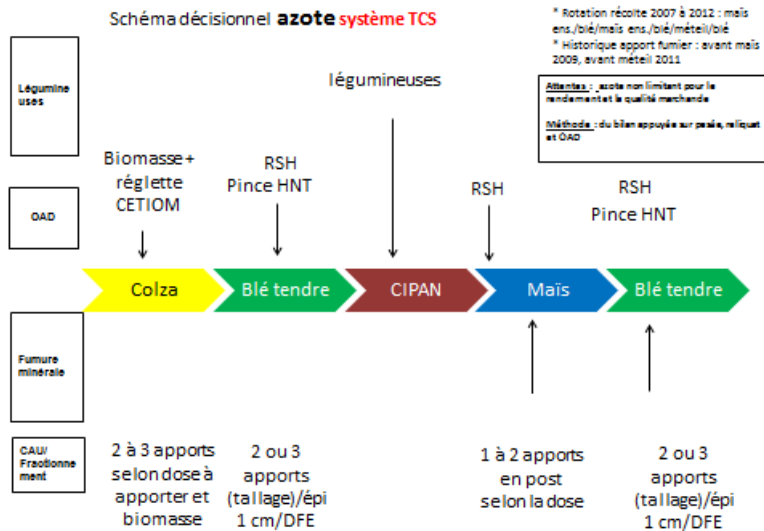
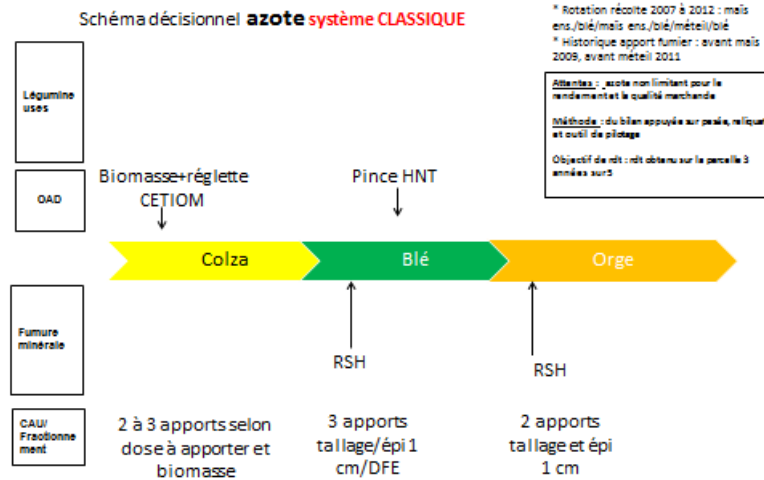
Schémas décisionnels gestion des adventices



Schémas décisionnels gestion des maladies



Schémas décisionnels gestion de l'azote



Mesures et éléments de gestion prévus avant le démarrage de l'essai et l'élaboration des schémas décisionnels

Mesures

Analyse de sol : à prévoir avec RSH

Toutes cultures

Opération	Observation	Méthode
Semis	Humidité du lit de semence	Note visuelle
	Présence de résidus de récolte	Photo, % de couverture du sol, taille des résidus
	Structure du sol	Voir pénétromètre ?
Levée	Date	
	Peuplement	
	Régularité/homogénéité	
Début montaison	Stade	
	Régularité du peuplement	
	Salissement	Notation (diversité des espèces, comptage plante à pb dans la rotation)
Désherbage	Avant intervention à vue pression d'adventices	Dans système AC et qd décision en fonction de la pression
Fongicide	Avant intervention pression de maladie	% surface foliaire atteinte (notation visuelle sur les 2 derniers étages présents) qd décision en fonction pression (cf seuil)
Insecticide	Avant intervention pression de ravageurs	Piégeage en cuvette, modèles et observation
Qualité enracinement superficiel		Notation à la bêche
Récolte	Verse	note
	Rendement GPS + ... selon cultures composantes	

Colza

Opération	Observation	Méthode
Semis	limace	Piège +
Entrée hiver	biomasse	obligatoire
	longueur du pivot, diamètre, élongation	Diamètre
Sortie hiver	biomasse	obligatoire
Floraison	date	

Céréales

Opération	Observation	Méthode
Automne	Peuplement Régularité	
Janvier	RSH	
Vie biologique	Vers de terre	Dénombrement en sortie hiver
Epi 1 cm	Date	
DFE	Statut azoté	GPN ou HNT
Epiaison	Date	
	Nb épis	
Récolte	Rendt, H2O, pmg et PS et protéines DON blé/millet	

Pois

Opération	Observation	Méthode
Avant semis	Test aphanomycés	En 2012
Entrée hiver	Peuplement et régularité	

Sortie hiver	Régularité du peuplement Effet du froid Salissement	
Floraison	Date début et fin	
Récolte		

Maïs et millet

Opération	Observation	Méthode
Semis	Température du sol	
Levée	Peuplement Régularité	
Floraison femelle ou épiaison	Date	
Récolte en grain	Tonnage H2O	

Couverts

Opération	Observation	Méthode
Avant semis	Biomasse	

Suivi biodiversité et environnement biologique

Piège carabe ?

Vers de terre : point 0 par système

BLE de colza

Opération	Objectif	Conventionnel	Objectif	TCS	Objectif	AC
Interculture entre colza et blé	Levée des repousses Destruction des limaces Décomposition de la paille Destruction des repousses	Déchaumage après moisson Déchaumage après le 25 août (au moins 5 semaines de repousses)	Levée des repousses Destruction des limaces Décomposition de la paille Destruction des repousses	Déchaumage après le 25 août (au moins 5 semaines de repousses)	Injecter de l'azote	Semis d'un couvert (GLFV 25 kg/ha) Aussitôt après moisson
Préparation et implantation du blé	Fissuration Nettoyage (champ propre et nivelé)	Chiesel Herse rotative+semoir	Fissuration Nettoyage (champ propre et nivelé)	Chiesel Herse rotative+semoir	Sol dégagé	Glyphosate juste avant ou juste après semis Semis direct
Date semis	Productivité	5-10 octobre	Productivité et rusticité	15 octobre	Rusticité	15 octobre
Densité de semis	Productivité	220 g semés/m ²	Productivité et rusticité	250 g semés/m ²	Rusticité	220 g semés/m ²
Choix variétal tolérant mosaïque	Productivité	Type Garcia	Productivité et rusticité	variété en trio de tête dans les essais ITK)-BPS ou BP Musik ou Scénario	Rusticité et pouvoir couvrant	Mélange variétal à 4 (Hystar10 % +Scénario+Musik +Garcia...
TS	Limiter risque en végétation	Férial ou Gaucho	Limiter risque en végétation et les interventions en plein	Fongicide seul	Limiter risque en végétation et les interventions en plein	T2 à étudier (carie mini)
Désherbage automne	Limitation concurrence précoce et non prise de risque	Herbicide de pré-levée Trooper 2 l +IPU 1000 g rattrapage	Tir à vue	Herbicide en post-levée précoce Type Fosburi+IPU	Tir à vue Limitation risque contamination eau automne	Herbicide en post-levée précoce (si plus de 10 graminées/m ²) PAS PRISE RISQUE AU DEBUT
Pucerons automne		Intervention au seuil BSV		Intervention au seuil BSV		Intervention au seuil BSV
Fertilisation azotée	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	Dose X en 3 apports (40 tallage/X-80/40 DFE)	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	BDD pour le 1 ^{er} apport	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Au + tôt entre BDD et 15/02	Dose X pour le 1 ^{er} blé puis Dose X-30 + tard
Désherbage rattrapage	0 adventices	Herbicide à partir de début février	0 adventices	Herbicide à partir de début février	0 adventices	Herbicide à partir de début février
Régulation	Assurer la tenue de tige	C5 2 l		0 sauf conditions très favorables		0
Fongicides	Protection assurée	2 traitements foliaires systématiques + antifusa (variété note 1-2 + pluie flo) et anti piétin (seuil BSV)		A priori 1 DFE sauf seuil atteint à 2 N + antifusa (variété note 1-2 + pluie flo) et anti piétin (seuil BSV)		A priori 1 DFE sauf seuil atteint à 2 N
Insectes printemps (cécidomyie et puceron)		Au seuil		Au seuil		Au seuil

BLE de maïs

Opération	Objectif	TCS
Interculture entre maïs et blé	Levée des repousses Destruction des limaces Décomposition de la paille Destruction des repousses	Déchaumage après le 25 août (au moins 5 semaines de repousses)
Préparation et implantation du blé	Fissuration Nettoyage (champ propre et nivelé)	Chiesel Herse rotative+semoir ou semis DP12 puis broyage
Date semis	Productivité et rusticité	15 octobre
Densité de semis	Productivité et rusticité	250 g semés/m ²
Choix variétal tolérant mosaïque	Productivité et rusticité	variété en trio de tête dans les essais ITK)-BPS ou BP Musik ou Scénario Si pas broyage variété tolérante fusa type Apache
TS	Limiter risque en végétation et les interventions en plein	Fongicide seul
Désherbage automne	Tir à vue	Herbicide en post-levée précoce Type Fosburi
Pucerons automne		Intervention au seuil BSV
Fertilisation azotée	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	BDD pour le 1 ^{er} apport
Désherbage rattrapage	0 adventices	Herbicide à partir de début février
Régulation		0 sauf conditions très favorables
Fongicides		A priori 1 DFE sauf seuil atteint à 2 N + antifusa (variété note 1-2 + pluie flo) et anti piétin (seuil BSV)
Insectes printemps (cécidomyie et puceron)		Au seuil

ORGE de blé

Opération	Objectif	Conventionnel
Interculture entre blé et orge	Levée des repousses Destruction des limaces Décomposition de la paille Destruction des repousses	Déchaumage après moisson Labour
Préparation et implantation du blé	Fissuration Nettoyage (champ propre et nivelé)	Herse rotative+semoir
Date semis	Productivité	5-10 octobre
Densité de semis	Productivité	220 g semés/m ²
Choix variétal escourgeon	Productivité	Champie
TS	Limiter risque en végétation	Férial ou Gaucho
Désherbage automne	Limitation concurrence précoce et non prise de risque	Herbicide de pré-levée Laureat
Pucerons automne		Intervention au seuil BSV
Fertilisation azotée (DN)	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	Dose X en 2 apports ou 3 apports si >140 (fin tallage – épi 1 cm et evt 1-2 N)
Désherbage rattrapage	0 adventices	Herbicide à partir de début février
Régulation		1 régulateur 1N
Fongicides		2 traitements (CA37)

ORGE de millet

Opération	Objectif	AC
Interculture entre millet et orge		rien
Préparation et implantation de l'orge		Glyphosate selon salissement de préférence avant semis Semis direct
Date semis	Rusticité	15 octobre
Densité de semis	Rusticité	180-200 g semés/m ²
Choix variétal escourgeon	Rusticité et pouvoir couvrant	Mélange variétal (Tatoo ou nouveauté 10 % +...)
TS	Limiter risque en végétation et les interventions en plein	T2 à étudier (carie mini)
Désherbage automne	Tir à vue Limitation risque contamination eau automne	Fosburi
Pucerons automne		Intervention au seuil BSV
Fertilisation azotée (DN)	Calcul au bilan -20 après passage de 2 légumineuses ? Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	Dose X en 2 apports (épi 1 cm et 1-2 N)
Désherbage rattrapage	0 adventices	Herbicide à partir de début février
Régulation		-

COLZA de blé ou d'orge

Opération	Objectif	Conventionnel (orge)	Objectif	TCS (blé)
Interculture entre céréale et colza	Faire lever des repousses et gérer les limaces	Broyage 2 déchaumages superficiels après moisson Chiesel	Faire lever des repousses et gérer les limaces et ameublissement éventuel	1 déchaumage superficiel après moisson (Chisel si nécessaire) 2ème déchaumage si chisel ou si repousses abondantes
Apport MO		Oui (à la main) dose fn		Oui (à la main) dose fn

		P-K (70 P)		P-K (70 P)
Préparation et implantation du blé		Herse rotative+semoir		Semoir à dents
Date semis	Productivité	20-25 août	Productivité et rusticité	20-25 août
Densité de semis	Productivité	40 g/m ²	Productivité et rusticité	40 g/m ²
Choix variétal	Productivité sans tenir compte du phoma (au moins PS) et de l'élongation	Hybride	Productivité et rusticité TPS phoma et peu et moyent sensible élongation	Type DK Exstorm
TS	Limiter risque en végétation	TS	Limiter risque en végétation et les interventions en plein	TS
Désherbage automne	Limitation concurrence précoce et non prise de risque	Novall 2.5 l + AG (repousses)	Tir à vue	Novall 1.5 l + Novall 1 l +AG si nécessaire
Insectes d'automne		Intervention au seuil BSV et au moins un traitement de nettoyage		Intervention au seuil BSV
Régulation d'automne		Selon sensibilité variétale et densité		0
Fertilisation azotée	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	Pesée sortie hiver 2 ou 3 apports	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	Pesées entrée et sortie hiver 2 ou 3 apports
Désherbage rattrapage	Nettoyage graminées sur la rotation	Kerb 1.5 l	Nettoyage la 1ère année puis à rediscuter	Kerb 1.5 l en 2012/2013
Régulation printemps		Fongi régulateur sortie hiver		-
Fongicides		Anti scléro + rappel (année à risque scléro ou autre)		Anti scléro + rappel (année à risque scléro ou autre)
Insectes printemps		Charançon tige systématique à action méligéthe (Proteus) Puis selon seuils		Selon seuils BSV

COLZA de pois

MO : bouchon du commerce

Opération	Objectif	AC
Interculture entre pois et colza		Broyage après récolte Repousses puis glypho
Apport MO		Oui en localisé dose fn P-K (70 P)
Préparation et implantation du colza		SD avec couvert associé et ferti localisée si possible (P2O5)
Date semis		15-20 août
Densité de semis		40 g/m ²
Choix variétal	Productivité et rusticité phoma (TPS) et l'élongation (faible)	Mélange 1 hybride DK Exstorm + lignées Lohana + Pamela
TS	Limiter risque en végétation	TS
Désherbage automne	Limitation concurrence précoce et non prise de risque	Novall 1 l en post (si gaillet)
Insectes d'automne		Intervention au seuil BSV
Régulation d'automne		0
Fertilisation azotée	Calcul au bilan Objectif rdt : 3 années sur 5 Fractionnement pré défini	Pesée entrée et sortie hiver et X-30 2 ou 3 apports (si levée tardive vérifier si azote présent dans le sol en sortie hiver)
Désherbage rattrapage		0
Régulation printemps		0
Fongicides		Anti scléro
Insectes printemps		Selon seuils BSV

MAIS derrière céréales

Opération	Objectif	TCS (blé)	Objectif	AC (orge)
Interculture entre céréale et maïs	Ameublissement, couverture, réglementaire	Couvert commerce type Viking+lentille Semis avant le 15 août semoir à dents Destruction réglementaire cover-crop	Ameublissement, couverture et marquage du rang, réglementaire	Couvert après moisson phacélie+gesse+lentille +avoine diploïde Semis après moisson en SD Strip-till avec féverole dans le rang fin août Destruction gel (roulage si nécessaire) et à défaut roulage+glypho
Préparation et implantation du maïs		Reprise à dent 15 j avant semis Rotative + semoir de précision à disque		Strip-till passage en sol bien ressuyé si nécessaire + semoir de précision à disque
Date semis	Productivité et rusticité	15 avril selon réchauffement du sol	Rusticité	15 avril selon réchauffement du sol
Densité de semis	Productivité et rusticité		Rusticité	
Choix variétal	Productivité et rusticité	Type C1 (280-300)	Rusticité et pouvoir couvrant	Type C1 (280-300)
TS		A voir		A voir
Désherbage		Pré puis post Type Trophée Puis Calli+Mila+Casper	Tir à vue Limitation risque contamination eau	Post levée uniqt type Calli+Mila+Casper (liseron) ?
Désherbage rattrapage		Si besoin		
Fertilisation azotée		Semis puis 6 fe selon dose N		18-46 puis à 6 fe
Insectes		Anti-pyrale		tricho

MILLET derrière blé

Opération	Objectif	AC
Interculture entre céréale et millet		Couvert après moisson phacélie+gesse+lentille+féverole+avoine diploïde Semis après moisson en SD
Préparation et implantation du maïs		SD à disque de préférence mais possibilité de semoir à dent (réchauffement du sol mais risque d'adventices)
Date semis	En fonction de la température du sol (12 °)	1-10 mai
Densité de semis		25 kg
Choix variétal		En fonction de l'OS
TS	Limiter risque en végétation et les interventions en plein	
Désherbage	Tir à vue	Dakota-P
Désherbage rattrapage		Si nécessaire
Fertilisation azotée		70-80
Insectes		rien

POIS d'hiver (pois de printemps si nécessaire) derrière maïs

Opération	Objectif	AC
Interculture entre maïs et pois		-
Préparation et implantation du pois		SD avant broyage
Date semis	Rusticité	Fin octobre
Densité de semis		80-100
Choix variétal	Tenue de tige	James ou Comanche
TS	Limiter risque en végétation et les interventions en plein	0
Désherbage	Tir à vue Limitation risque contamination eau automne	Sortie hiver
Désherbage rattrapage		
Fertilisation azotée		-
Insectes	Puceron vert et bruche	Au seuil puceron Bruche (Cf cuvette jaune)
Maladies	En fonction du risque climatique	Type Amistar Xtra

Indicateurs

Technique : rendement et composantes (céréales, pmg maïs et colza)

salissement : dénombrement sur placette fixe (4 placettes /0.25 m²)/parcelle élémentaire/2 blocs – en sortie hiver sur cultures d'hiver et fin juin en culture d'été

structure de sol : (grumeleux ou pas), photo de la bêche,

Economique : marge, temps de travail (grille débit de chantier), charges d'intrants, coût de production

Environnemental : IFT par culture, par système, consommation fuel (grille) et azote, quantité (grammage) de MA utilisée

Social : nb de sorties du pulvé, temps de travail/ha

Toxicité des produits employés (nb de passages avec Xi ou Xn ou Xn-CMR)

Distinguer les critères évalués chaque année et au final (critères à l'année pour ajuster la conduite) et évaluation finale

27/07/2014

Plan

Essai système

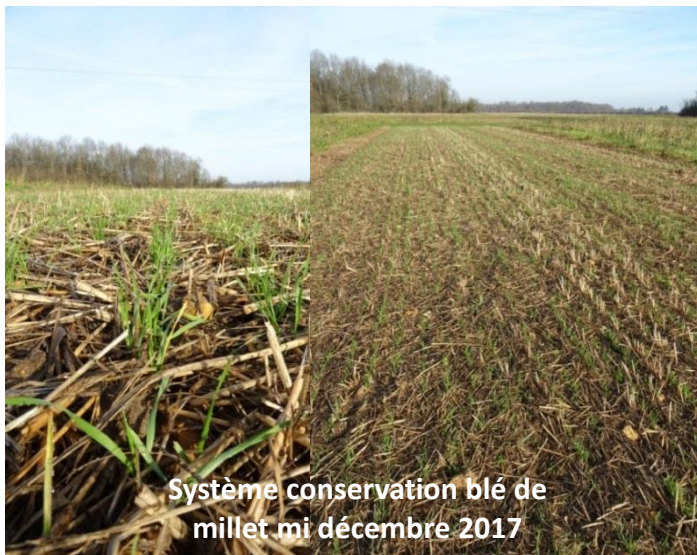
fossé														
TCS				Classique				CONS						
H A I E	55 m	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27
	2018	blé t	maïs	blé t	colza	orge	colza	blé	maïs	blé dur	millet+TB	blé t	colza	féverole
	2017	(colza) sarrasin	blé t	maïs	blé t	blé t	orge h	colza	blé t	(colza) maïs	blé dur	millet	féverole	maïs
	2016	blé	colza	blé	maïs	colza	blé	orge	millet	féverole	colza	blé dur	maïs	blé
	2015	maïs	blé	colza	blé	orge	colza	blé	blé dur	maïs	féverole	blé dur /colza prévu	blé	millet
2014	blé	maïs	blé	colza	blé	orge	colza	colza	blé prévu/blé dur	maïs	pois	millet	blé dur	
2013	colza/tournesol	blé	maïs	blé	colza/tournesol	blé	orge	pois	millet	orge	maïs	blé	colza/tournesol	
B3														
Classique				CONS				TCS						
C H E M I N	12 m	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	2018	colza	blé t	orge	colza	millet+TB	blé t	maïs	féverole	blé dur	maïs	blé t	colza	blé t
	2017	orge h	colza	blé t	féverole	blé dur	millet	blé t	maïs	(colza) maïs	blé t	maïs	blé t	(colza) sarrasin
	2016	blé	orge	colza	maïs	colza	blé dur	orge	blé	féverole	colza	blé	maïs	blé
	2015	colza	blé	orge	blé	féverole	blé dur /colza prévu	blé dur	millet	maïs	blé	colza	blé	maïs
2014	orge	colza	blé	millet	maïs	pois	colza	blé dur	blé prévu/blé dur	maïs	blé	colza	blé	
2013	blé	orge	colza/tournesol	blé	orge	maïs	pois	colza/tournesol	colza/millet	blé	maïs	blé	colza/tournesol	
55 m	12 m													
B2														
CONS				TCS				Classique						
N° parcelle	12 m	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	2018	blé dur	millet+TB	blé t	colza	féverole	maïs	maïs	blé t	colza	blé t	blé t	colza	orge
	2017	(colza) maïs	blé dur	millet	féverole	maïs	blé t	blé t	maïs	blé t	(colza) sarrasin	(colza)	orge h	blé t
	2016	féverole	colza	blé dur	maïs	blé	millet	colza	blé	maïs	blé	orge	blé	colza
	2015	maïs	féverole	blé dur /colza prévu	blé	millet	blé dur	blé	colza	blé	maïs	blé	colza	orge
2014	blé prévu/blé dur	maïs	pois	millet	blé dur	colza	maïs	blé	colza	blé	colza	orge	blé	
2013	millet	orge	maïs	blé	colza/tournesol	pois	blé	maïs	blé	colza/tournesol	orge	blé	colza/tournesol	
33 m	12 m													
B1														
chemin A														
24 m														
12 m														

surface totale sur 3 blocs /modalité

1716 m²

Photos







Système conservation millet
début juillet 2016



Système conservation millet
début juin 2018



Système TCS maïs début juin
2018



Système conservation maïs
début juin 2018



Système classique blé fin juin 2014



Système classique blé début juillet 2017



Tapis de brome avant démarrage de l'essai octobre 2012



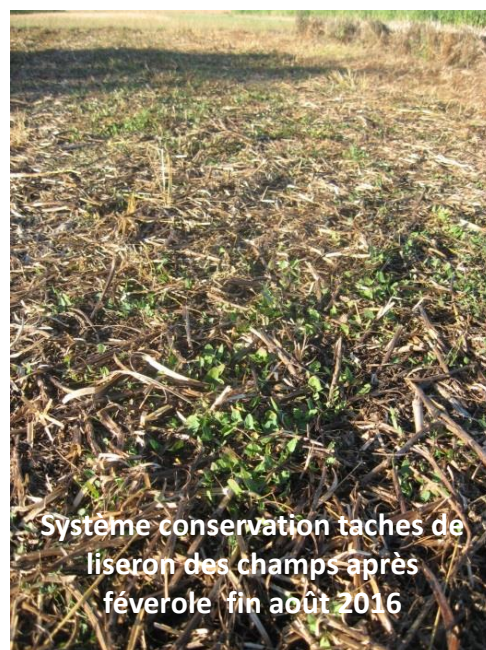
Système TCS désherbage localisé au semis de colza



Système classique repousses chardon mi septembre 2017



Système TCS désherbinage sur colza



Système conservation taches de liseron des champs après féverole fin août 2016



Système conservation dégâts de limaces sur maïs mi mai 2018



Système conservation maladies sur féverole mi février 2018



Système conservation couvert début novembre 2015



Système TCS couvert début novembre 2015



Observations par des groupes d'étudiants



Présentation à un groupe d'agriculteurs



Semelle rotative système conservation septembre 2017