

2020-2021

Rapport de recherche



ASBL Greenotec

2020-2021

Préambule

Depuis presque 20 ans, Greenotec s'attelle à développer et promouvoir l'agriculture de conservation des sols (ACS) en Wallonie. Depuis plusieurs années, cette ACS se voit englobée dans un contexte plus large : l'Agroécologie. Dans cette approche, le raisonnement ne se fait plus à l'échelle de la parcelle mais bien à l'échelle de l'exploitation voire du paysage, via la restauration d'une mosaïque paysagère diversifiée. Ce changement d'échelle permet de tirer parti au mieux de la biodiversité (pour réguler les bioagresseurs par exemple) ainsi que de coordonner les pratiques des acteurs. C'est grâce à cette approche systémique que les résultats techniques et économiques peuvent être maintenus ou améliorés tout en favorisant les performances environnementales.

Cette approche systémique nous démarque d'autres structures d'encadrement et nous sommes heureux que ce travail soit de plus en plus connu et reconnu. Nous militons depuis de nombreuses années pour que le sol, base de toute vie, retrouve ses lettres de noblesse, dans la vision qu'en ont les agriculteurs mais également les autres acteurs du monde agricole. Cet objectif tend à être atteint : en témoigne l'intérêt grandissant que suscitent nos activités ou l'annonce de l'UE d'enfin développer une Stratégie pour la protection des sols à l'horizon 2030.

Cette approche agroécologique nous a aussi fait prendre conscience des limites des expérimentations analytiques, mono ou bifactorielles, qui ne reflètent parfois pas les réalités des agroécosystèmes. Nous essayons d'intégrer nos essais dans un contexte global, voire de les suivre sur plusieurs années. En parallèle, nous avons pris la décision de compiler nos résultats dans un seul document, agencé par thèmes de recherche et non plus par culture comme nous faisons précédemment. Nos essais ont donc été classés par objectifs prioritaires, qui ont dès lors débouché sur ces trois thèmes :

1. La préservation de la structure et la vie du sol
2. La diminution des intrants chimiques
3. L'optimisation des couverts végétaux

Ces trois thèmes sont rejoints par le quatrième thème, que nous abordons isolément du fait de son approche complètement transversale : La convergence agriculture biologique (AB) et agriculture de conservation (ACS).

Le présent document restitue les résultats des parcelles et des essais que l'ASBL a suivis, chez des agriculteurs innovants et désireux de trouver des solutions pour améliorer la durabilité de l'agriculture. Nous espérons qu'il trouvera écho auprès du plus grand nombre pour que ces pratiques bénéfiques puissent être appliquées à plus grande échelle.

Bonne lecture,

L'équipe de Greenotec : François, Quentin, Laurent et Simon



Rue Jean Sonet 23/3 5032 Isnes (Belgique)

Contact :	Simon Dierickx, <i>Coordinateur</i>	dierickx.s@greenotec.be	0471.77.26.61
	François Dessart	dessart.f@greenotec.be	0471 13 77 33
	Quentin Masse	masse.q@greenotec.be	0474.31.18.47
	Laurent Serteyn	serteyn.l@greenotec.be	0472.57.33.06

Table des matières

Préambule	A
Table des figures.....	C
Table des tableaux.....	H
Introduction.....	0
1. Préservation de la structure et la vie du sol.....	1
1.1. Stabilité structurale des sols en interculture longue	1
1.2. Enquête sur les labours exceptionnels avant froment.....	7
1.3. Plantes compagnes.....	13
1.3.1. Plantes compagnes en inter-buttes de pommes de terre.....	14
1.3.2. Plantes compagnes en inter-rangs de chicorées.....	16
1.4. Réduction du travail de sol.....	23
1.4.1. Semis direct de betteraves sur couvert non gélif.....	23
1.4.2. Semis direct de betteraves sur couvert gélif.....	29
1.4.3. Semis direct de maïs.....	39
1.4.4. Semis direct de haricots	41
2. Diminution des intrants chimiques	46
2.1. Plantes compagnes.....	46
2.1.1. Colza associé à un couvert gélif : FD.....	46
2.1.2. Arrière-effet de l'association colza-légumineuses sur le froment suivant.....	59
2.1.3. Betterave associée à la féverole.....	63
2.2. Diminution du travail de sol	69
2.2.1. Semis direct de chicorées	69
2.3. Intrants alternatifs.....	73
2.3.1. Biostimulants en betterave : QM	73
2.3.2. Solution sucrée en céréale	75
3. Amélioration de la fertilité des sols par l'optimisation des couverts végétaux	77
3.1. Diversification des espèces du couvert	77
3.2. Couverts semés à la volée avant la moisson de la céréale avec enrobage des semences....	85
3.3. Fertilisation azotée du couvert.....	95

3.4.	Semis direct de betteraves et gestion du couvert.....	97
4.	Convergence de l'agriculture de conservation et de la biologique.....	101
4.1.	Essais systèmes dans le cadre du projet Transaé.....	101
4.2.	Essais parcellaires dans le cadre de la collaboration avec Farm for Good.....	101

Table des figures

Figure 1.	Répartition des parcelles du réseau en Wallonie.....	2
Figure 2.	Zone de prélèvement de 4 échantillons de sol	2
Figure 3.	Dispositif expérimental du QuantiSlakeTest	3
Figure 4.	Impact du système agricole sur la stabilité structurale du sol pour les 3 campagnes de prélèvement cumulées.....	4
Figure 5.	Evolution de la stabilité structurale (aire sous la courbe) entre la première campagne d'échantillonnage (après moisson) et la deuxième (mi-saison d'interculture, avant destruction du couvert) selon les différents travaux du sols réalisés pour l'implantation du couvert.....	4
Figure 6.	Slake tests cumulés pour les échantillons des parcelles dont le couvert a été détruit par labour, par déchaumage ou par aucun travail mécanique (gel et/ou herbicide dans ce cas)	5
Figure 7.	Slake test cumulés pour les échantillons des parcelles présentant un couvert encore vivant en sortie d'hiver ou non	5
Figure 8.	Lors de la campagne de prélèvement de mars 2021, parcelle pour laquelle aucune opération autre que le gel n'a été réalisée pour détruire le couvert. Les repousses de céréale se développent donc.....	6
Figure 9.	Slake tests cumulés pour les échantillons des parcelles dont le couvert a été détruit précocement ou tardivement	6
Figure 10.	Répartition des précédents culturaux analysés dans l'enquête	9
Figure 11.	Taille de la rotation en fonction des pratiques d'implantation de la céréales (labour et non-labour)	9
Figure 12 :	Apports de matières organique au cours de la rotation	10
Figure 13.	Illustration des types de chantier d'arrachage	11
Figure 14.	Historique de la pratique du labour dans les deux années précédant la céréale en fonction de son mode d'implantation (labour ou non-labour)	11
Figure 15.	Historique des habitudes de travail du sol dans les 2 années précédant l'implantation de la céréale.....	12
Figure 16.	Semis des féveroles au semoir maraicher le 05/05/21	14
Figure 17.	Féveroles en inter-butte de pomme de terre, 27 jours après la plantation	15

Figure 18. Rendement des pommes de terre récoltées dans des buttes entourées de féveroles et dans des buttes sans légumineuse en inter-buttes.	15
Figure 19. Plan de l'essai plantes compagnes en chicorée	17
Figure 20. Plantain et chicorée le 25 août.....	19
Figure 21. Densités de levée des plantes compagnes au 14/07/21, selon les modalités d'association de nombre de traitements herbicides	19
Figure 22. Rendement de la chicorée en fonction de la biomasse des plantes compagnes et du nombre de désherbages au 04 octobre.....	20
Figure 23. Luzerne et chicorée le 25 août	21
Figure 24. Trèfle blanc bien développé et chicorée au 25 août.....	21
Figure 25. Trèfle blanc ayant régressé, à l'arrachage des chicorées le 05 octobre.....	21
Figure 26. Lotier et chicorée le 25 août.....	22
Figure 27. Trèfle violet et chicorée le 25 août.....	22
Figure 28. Sol travaillé à la rotative dans la zone TCS avant le semis de la betterave le 1 ^{er} avril	24
Figure 29. Semis des betteraves dans la zone TCS avec le même semoir qu'en SD le 2 avril à Ophain	24
Figure 30. Comparaison entre la partie SD (à gauche) et TCS (à droite) le 8 juin 2021 à Ophain.....	25
Figure 31. Comparaison entre la partie SD (à gauche) et TCS (à droite) le 16 juin 2021 à Ophain.....	25
Figure 32. Comparaison entre la partie SD (à gauche) et TCS (à droite) le 7 juillet 2021 à Ophain.....	25
Figure 33. Evolution de la température du sol à 3 cm de profondeur en TCS et en SD à Ophain au printemps 2021	26
Figure 34. Humidité du sol en TCS et en SD à Ophain le 27 avril 2021 et le 29 septembre 2021. Les barres d'erreur représentent les écart-types.....	26
Figure 35. Graphique du nombre moyen de betteraves par hectare en TCS et en SD à Ophain le 7 mai 2021. Les barres d'erreur représentent les écart-types.....	27
Figure 36. Germe de betterave en forme de tire-bouchon ne parvenant pas à traverser la croûte à la surface du sol.	27
Figure 37. Rendement net réel et rendement ramené à 18 % de taux de sucre en TCS et en SD à Ophain le 13 octobre 2021. Les barres d'erreur représentent les écart-types.	28
Figure 38. Comparaison de la taille de deux betteraves en SD.....	28
Figure 39. Semoir Vaderstadt Tempo utilisé pour le semis de la betterave	30
Figure 40. Cultivateur Horsch Terrano utilisé pour le travail du sol	30
Figure 41. Plan de l'essai de semis direct de betteraves à Brugelette (Deschamps)	31
Figure 42. Plan de l'essai de semis direct de betteraves à Brugelette (Hayois).....	32

Figure 43. Différences de températures du sol entre les modalités et le témoin, à 3cm de profondeur et à trois dates.....	32
Figure 44. Différences d'humidité du sol entre les modalités de betteraves TCS (à gauche) et SD (à droite) à Brugelette (Deschamps)	33
Figure 45. Densité de levées par hectare selon les modalités de travail du sol.....	33
Figure 46. Rendement à 18% des betteraves en fonction des modalités de travail du sol le 19 octobre à Brugelette (Deschamps)	34
Figure 47. Comparaison de 10 racines de betteraves prises au hasard dans chaque modalité de travail du sol à Brugelette (Deschamps).....	34
Figure 48. Chiffre d'affaires et déduction des charges de mécanisation du semis et du travail du sol, avec ou sans tenir compte de la main d'œuvre, selon les modalités de travail du sol pour l'implantation de la betterave à Brugelette (Deschamps).....	35
Figure 49. Densité de betteraves à l'hectare le 07/07/21 à Brugelette (Hayois).....	35
Figure 50. Rendement des betteraves en SD et TCS le 19 octobre 2021 à Brugelette (Hayois).....	36
Figure 51. Comparaison des racines de betteraves en SD et TCS le 19/10/21 à Brugelette (Hayois) ..	36
Figure 52. Etat du sol après arrachage des betteraves SD à Brugelette (Hayois)	37
Figure 53. Chiffre d'affaires - charges de mécanisation selon le travail du sol pour le semis de la betterave et du froment qui suit, à Brugelette (Hayois).....	38
Figure 54. Semis de maïs en direct dans une prairie n'ayant pas été bien détruite par du glyphosate (essai abandonné)	39
Figure 55. Semis direct de maïs ayant eu une destruction de la prairie au glyphosate (Lommersweiller)	40
Figure 56. Rendement et nombre de pieds de maïs par hectare selon les modalités de semis et de fertilisation	41
Figure 57. Plan de l'essai haricot en semis direct à Brugelette	42
Figure 58. Densité de levée des haricots en fonction des modalités de travail du sol le 07/07/21 à Brugelette.....	42
Figure 59. Courbe pénétrométrique après récolte des haricots le 19/08/21.....	43
Figure 60. Structure du sol avec un test bêche après récolte du haricot en fonction de la modalité de semis (SD en haut et TCS en bas)	44
Figure 61. Exemple de motte de terre compacte dans la modalité SD. Les racines peinent à traverser le sol	44
Figure 62. Photo de la parcelle après arrachage des haricots le 19 août 2021 à Brugelette.....	44
Figure 63. Schéma-type montrant le type d'interventions sur les parcelles d'essais en fonction de la croissance du colza	48
Figure 64. Colza associé en entrée d'hiver (24/11/20) à Saint-Gérard	49

Figure 65. Colza associé en sortie d’hiver (25/02/21) à Saint-Gérard.....	49
Figure 66. Colza associé en entrée d’hiver (24/11/20) à Mettet	50
Figure 67. Colza associé en sortie d’hiver (25/02/21) à Mettet.....	50
Figure 68. Colza associé en entrée d’hiver (24/11/20) à Nivelles	51
Figure 69. Colza associé en sortie d’hiver (25/02/21) à Nivelles	51
Figure 70. Pourcentage de colzas touchés par les altises en fonction de la date de semis.....	52
Figure 71. Nombre de larves d’altises en sortie d’hiver contenue dans les tiges de colza, selon différentes modalités d’association, en fonction de la biomasse fraîche.....	53
Figure 72. Nombre de méligèthes par plante de colza lors du début de la floraison	54
Figure 73. Comparaison de la biomasse du colza (et des légumineuses) en entrée et sortie d’hiver, avec ou sans légumineuses associées	55
Figure 74. Rendement du colza (et des féveroles) pour selon les modalités d’association, pour les différentes parcelles d’essai.....	56
Figure 75. Relation entre la biomasse du colza et des légumineuses en entrée d’hiver et le rendement du colza pour les différentes modalités et parcelles d’essai.....	57
Figure 76. Nombre de vulpins par m ² dans les modalités de froment de colza associé ou non associé	60
Figure 77. Observation des vulpins dans la modalité témoin	60
Figure 78. Observation des vulpins dans la modalité froment de colza associé (trèfle blanc et traitement glyphosate)	60
Figure 79. Comptage du nombre d’épis de froment par m ² selon les modalités, juste avant la moisson	61
Figure 80. Rendement du froment selon les modalités de précédent	61
Figure 81. Association en lignes à Ophain : betteraves et féveroles en semis direct	64
Figure 82. Association betteraves-féveroles en bandes à Héron.....	65
Figure 83. Différences morphologiques entre le <i>M. persicae</i> , à gauche, et <i>A. pisum</i> , à droite (échelles différentes : <i>A. pisum</i> est environ 2 fois plus grand que <i>M. persicae</i>).....	65
Figure 84. Nombre de pucerons et d’auxiliaires sur les betteraves selon la modalité "association en mélange" ou "témoin" à Bury	66
Figure 85. Nombre de pucerons et d’auxiliaires sur les betteraves selon la modalité "association en mélange" ou "témoin" à Mont-de-Péruwez	66
Figure 86. Nombre de pucerons et d’auxiliaires sur les betteraves selon la modalité "association en lignes" ou "témoin" à Ophain.....	67
Figure 87. Rendements des betteraves selon la modalité "association en lignes" ou "témoin" à Ophain	67

Figure 88. Nombre d'auxiliaires dans les bandes de féveroles ou de betteraves à Héron	68
Figure 89. Plan de l'essai de semis direct de chicorée à Mellet	69
Figure 90. Rendement des chicorées et nombre de racines de chicorée/ha selon les modalités de travail du sol le 11/10/21 à Mellet	71
Figure 91. Chicorées montées en graines en semis direct à Mellet.....	71
Figure 92. Comparaison des racines de chicorée à la récolte en fonction des modalités de travail du sol à Mellet.....	72
Figure 93. Plan de l'essai biostimulants en betteraves à Forville.....	73
Figure 94. Densités de levée des betteraves selon les modalités de biostimulants au semis à Forville	74
Figure 95. Rendements des betteraves selon l'application de biostimulants au semis, à Forville en 2021	75
Figure 96. Photo aérienne de la plateforme à Ramillies en 2021. Crédit : F. Hupin	78
Figure 97. Dispositif expérimental de la plateforme Ramillies 2021	79
Figure 98. Composition détaillée des couverts au 23/11/2021.	82
Figure 99: Bêchée prélevée dans la zone "Mélange 4". Crédit : B. Henry	84
Figure 100. Résultats du procédé de pelletisation d'un mélange de phacélie, vesce, lin, nyger et tournesol avec de la mélasse et de l'argile	86
Figure 101. Plan de la plateforme d'implantation du couvert à Forville	87
Figure 102. Repousses en fonction du passage des différentes moissonneuses batteuses sur la plateforme de Forville	88
Figure 103. Densités de levée le 26/10/21 à Forville en fonction des espèces semées à la volée et des différents enrobages	90
Figure 104. Biomasse produite le 23 novembre à Forville en fonction des espèces présentes et des différents enrobages	91
Figure 105. Biomasse produite par les différentes espèces du couvert semé à la volée à Forville en fonction de l'enrobage et de la distance de l'épandeur	92
Figure 106. Couvert semé à la volée sans enrobage à 10-15m de l'épandeur, le 21/10/18 à Forville.	92
Figure 107. Charges d'implantation des couverts selon les différentes méthodes	93
Figure 108. Biomasse produite sur la seconde parcelle par les différentes espèces du couvert en fonction de la distance de l'épandeur	93
Figure 109. Couvert semé à la volée avec un enrobage mélasse-argile (situation fin octobre)	94
Figure 110 : Ramillies : Influence de la fertilisation sur le développement des couverts et l'équilibre intra-mélange	95
Figure 111 : Influence de la fertilisation sur le développement des couverts	96

Figure 112 : Reliquats azotés en entrée d'hiver selon la fertilisation	96
Figure 113. Plan de la parcelle d'essai globale à Brugelette (Deschamps). Dans ce chapitre, seules les modalités en vert sont comparées (+ témoin) : semis du couvert en TCS et pâturé ou non et SD du couvert pâturé.....	98
Figure 114. Pâturage des couverts par les moutons à Brugelette (Deschamps)	98
Figure 115. Densités de levée à plusieurs dates selon les modalités de travail du sol et de gestion du couvert.	99
Figure 116. Rendement à 18% des betteraves en fonction des différentes modalités de semis et de gestion du couvert à Brugelette (Deschamps).....	99
Figure 117. Galerie de mulot observée dans la modalité non pâturée à Brugelette (Deschamps)	100

Table des tableaux

Tableau 1. ITK de l'essai sur les plantes compagnes en chicorée	17
Tableau 2. Matières actives des herbicides utilisés dans l'essai. Ce tableau est issu de la fiche parcellaire de l'agriculteur, mais sur l'essai, seuls les passages du 02, 24 et 30 avril et 11 mai ont été appliqués.	18
Tableau 3. Densité de semis des plantes compagnes	18
Tableau 4. Détails des différentes modalités de colza associé mises en place en 2020-2021 : localisation, densité de semis, espèces associées	47
Tableau 5. Gain ou perte de rendement du colza associé par rapport au témoin colza seul.....	56
Tableau 6. Bilan économique de la parcelle située à Saint-Gérard, en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin non associé	57
Tableau 7. Bilan économique de la parcelle située à Mettet, en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin non associé.....	58
Tableau 8. Bilan économique de la parcelle située à Nivelles, en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin non associé.....	58
Tableau 9. Bilan économique de la parcelle située à Saint-Gérard sur 2 ans (colza associé + froment), en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin	62
Tableau 10. Herbicides utilisés et leurs doses sur les différentes modalités.....	70
Tableau 11. Itinéraire technique de la plateforme Ramillies 2021	79
Tableau 12. Description des couverts de la plateforme de Ramillies 2021	80
Tableau 13. Reliquats post-moisson au 25/08	82
Tableau 14. Reliquats APL au 30/11/2021 sur la plateforme Ramillies 2021. Le témoin correspond à une placette non semée, couverte uniquement par quelques repousses de céréales.	83

Introduction

Le présent document constitue le rapport des activités qui ont été menées dans le cadre du Projet « Agroécologie et Agriculture de Conservation » (Convention SPW, entre les mois de juillet 2020 et janvier 2022 inclus).

Il a été rédigé par Simon Dierickx, Coordinateur de l'ASBL Greenotec, François Dessart, Quentin Masse et Laurent Sertejn, employés de l'ASBL Greenotec, en préalable à la tenue du comité d'accompagnement du projet programmée le 4 février 2022. Ce document relate les activités de recherche qui ont été mises en place en 2020-2021 par l'ASBL Greenotec.

Cette saison a été marquée par un début de printemps pluvieux mais qui s'est ensuite révélé très favorable pour l'ensemble des cultures (doux et légèrement humide). Comparé au printemps 2020, le printemps 2021 a été défavorable pour la plupart des insectes ravageurs des cultures (mélégèthes, doryphore, pucerons, etc.) Ceci est *a priori* une bonne nouvelle mais ne nous a pas permis de mesurer les efficacités des essais de lutte biologique que nous avons suivis, principalement en betteraves, étant donné la faible présence de ravageurs. Malheureusement, ce printemps poussant a été suivi par un été extrêmement pluvieux, qui a fortement compliqué les moissons, en plus de diminuer les qualités des récoltes (PS, humidité, etc.). Mis à part le maïs et les prairies, qui s'en sont très bien sortis cette année, la plupart des cultures a souffert de l'excès d'eau, soit par une augmentation des attaques cryptogamiques (céréales, pommes de terre), par un déséquilibre nutritionnel (lin, betteraves), conduisant à de la verse ou une perte de richesse en sucre, par une baisse de la qualité des récoltes (céréales, colza) ou pas de grosse difficultés d'implantation (couverts végétaux, colza, céréales).

Pour la plupart des agriculteurs avec qui nous travaillons, cette année singulière est « une année à vite oublier ». Elle était effectivement compliquée mais comme vous le lirez dans ce rapport, nous avons tout de même pu récolter de nombreuses données intéressantes.

1. *Préservation de la structure et la vie du sol*

Contexte

Plus qu'un simple substrat pour la culture, le sol est un écosystème. Ce biotope abrite une grande diversité de micro- et macro-organismes. Pour préserver la vie du sol et la fertilité chimique qui en découle, il faut préserver son habitat : via la réduction du travail du sol, sa couverture permanente par des plantes vivantes ou par leurs résidus et l'apport régulier de matière organique. Par la combinaison de ces pratiques, la porosité biologiques du sol sera favorisée, permettant d'obtenir une structure propice à la réussite de la culture sans labour ou autre travail du sol intensif.

Les intenses pluies printanières sont souvent à l'origine de phénomènes d'érosion et 2021 n'a pas fait exception. Des coulées de boues ont été observées en parcelles de cultures de printemps, engendrant des dégâts significatifs.

Greenotec a réalisé diverses activités pour objectiver l'impact des pratiques agronomiques sur la structure du sol et pour évaluer la réussite de diverses cultures en semis direct ou avec des plantes compagnes en inter-rang.

- Echantillonnage sur une vingtaine de parcelles : Comment les différentes gestions de la période d'interculture influencent la stabilité structurale des sols, et donc leur résistance à l'érosion hydrique ?
- Enquête auprès des agriculteurs wallons : Quelles sont les facteurs de réussite de l'implantation de céréales d'hiver en non-labour ?
- Essais agronomiques « on farm » : Performance de cultures associées à des plantes compagnes dans l'inter-rang (frein aux écoulements d'eau) ; Performance de cultures implantées en semis direct (aucune perturbation mécanique du sol avant le semis).

1.1. Stabilité structurale des sols en interculture longue

Hypothèses

L'agriculture de conservation permet-elle de mieux préserver la stabilité structurale du sol que les systèmes labour (bio ou conventionnel) ?

Quels sont les facteurs en période d'interculture qui influencent la stabilité structurale du sol ?

Objectifs

Evaluer la stabilité structurale du sol par QuantiSlakeTests, entre la moisson du froment et le semis de la culture de printemps, selon différentes modalités : historique des parcelles (menées en AC, en AB ou en conventionnel), type de travail du sol avant l'implantation du couvert, date et modalité de destruction du couvert.

Dispositif expérimental et protocole

Les 18 parcelles échantillonnées sont issues du réseau du projet MicroSoilSystem coordonné par le CRA-W. Elles couvrent la région de grandes cultures en Wallonie (Figure 1).

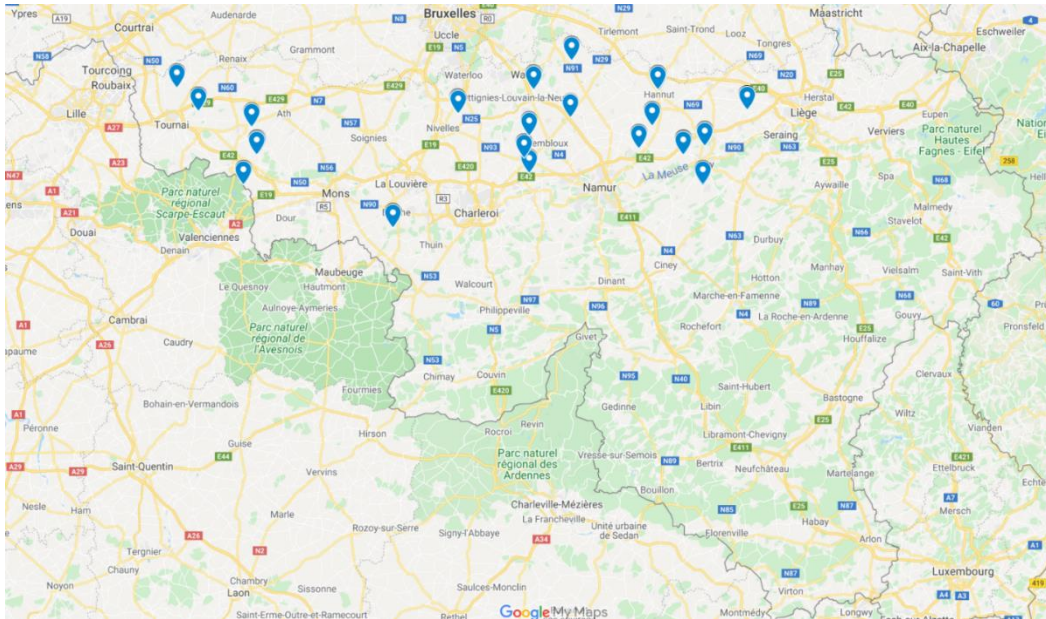


Figure 1. Répartition des parcelles du réseau en Wallonie

Entre la moisson du froment (variété Chevingnon) 2020 et l'implantation de la culture de printemps 2021, 3 campagnes d'échantillonnage ont été réalisées : juste après la moisson 2020 (avant tout travail du sol), à mi-saison d'interculture et avant destruction des couverts (novembre-décembre 2020) et en sortie d'hiver 2021 (avant semis de la culture de printemps).

Sur chaque parcelle, 4 échantillons de sol ont été prélevés dans 2 zones distinctes (pour un total de 8 échantillons par parcelle), à l'aide d'emporte-pièces de 100 cm³ et de 5 cm de haut après scalpage des 3 premiers centimètres de sol (Figure 2). Les échantillons ont alors été séchés pendant 1 mois minimum.



Figure 2. Zone de prélèvement de 4 échantillons de sol

Le QuantiSlakeTest est une méthode mise au point par le CRA-W pour quantifier la stabilité structurale d'un échantillon de sol. Les mottes sont placées dans un panier sur une colonne d'eau et pesées en temps réel (Figure 3). Ainsi, la cinétique de perte de masse de la motte témoigne de sa désagrégation

provoquée par l'eau, comme le témoigne cette vidéo du dispositif¹. Cette cinétique est transposée en paramètres comme l'aire sous la courbe ou la masse finale de la motte après 15min : plus l'aire sous la courbe ou la masse finale est faible, moins le sol est stable vis-à-vis des phénomènes d'érosion hydrique.

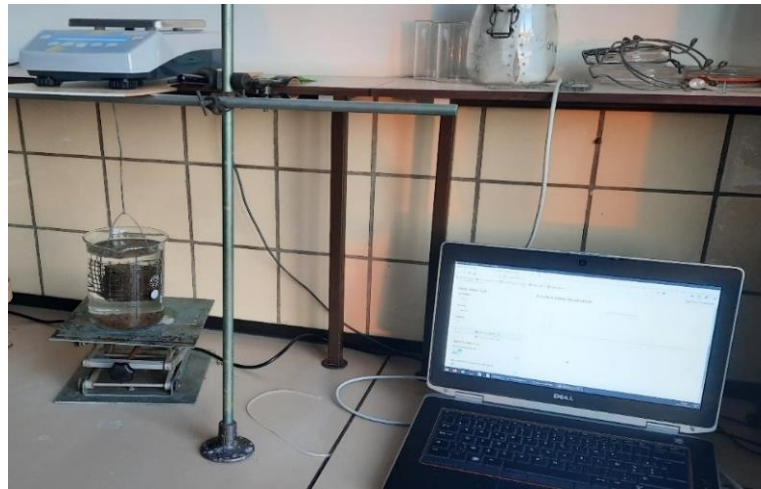


Figure 3. Dispositif expérimental du QuantiSlakeTest

Les 18 parcelles ont été classées selon :

- Le système agricole : de conservation (ACS, 5 parcelles), biologique (AB, 7 parcelles) ou conventionnel (C, 6 parcelles). La distinction entre ACS et C a été réalisée sur base de la méthode de Braibant et Morelle, classant les agriculteurs sur base de leur affinité à l'ACS (taux de couverture du sol, fréquence du labour, diversité culturale)².
- Le travail du sol avant implantation du couvert : déchaumage léger, déchaumage profond, décompactage ou labour.
- Le mode de destruction du couvert : aucun travail et couvert non détruit, aucun travail mais couvert détruit (gel et/ou herbicide), déchaumage ou labour.
- La date de destruction du couvert : précoce (novembre-janvier) ou tardive (février-mars).

Résultats et interprétation

Le système agricole

Il n'y a pas de différence d'aires sous la courbe entre les différents systèmes agricoles (Figure 4). Chaque système étant un ensemble de pratiques agronomiques et ces pratiques pouvant différer au sein d'un système, il n'est pas pertinent de chercher à les comparer à cette échelle globale. Nous nous sommes donc intéressés plus précisément aux différentes pratiques, en cours d'interculture, susceptibles d'impacter la structure du sol.

¹ [QuantiSlakeTest Approach - YouTube](#)

² Morelle, Max ; Braibant, Jérôme. L'Agriculture de Conservation en Wallonie : diversité et verrouillages. Faculté des bioingénieurs, Université catholique de Louvain, 2018. Prom. : Baret, Philippe.

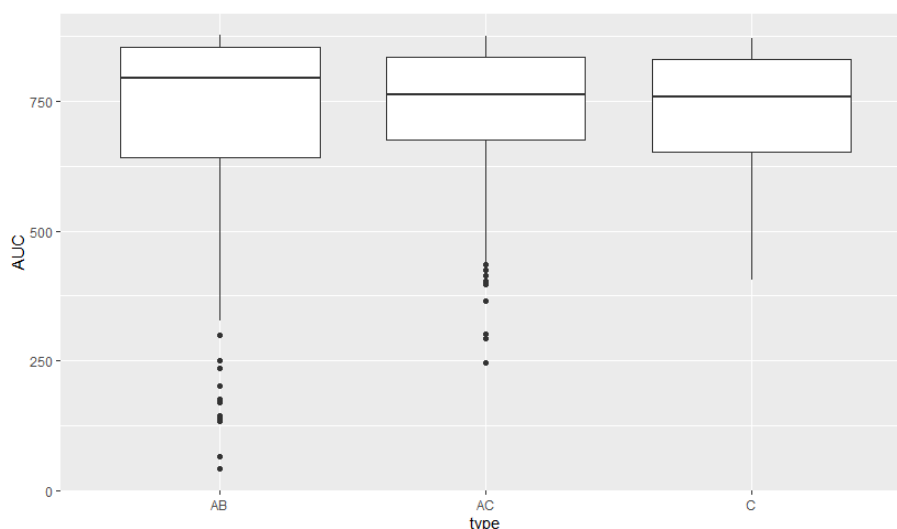


Figure 4. Impact du système agricole sur la stabilité structurale du sol pour les 3 campagnes de prélèvement cumulées

Le travail du sol avant implantation du couvert

Entre les deux premières campagnes d'échantillonnage, seules les parcelles labourées pour implanter le couvert ont vu leur stabilité structurale diminuée (Figure 5). Les travaux n'impliquant pas de retournement complet du sol (déchaumage superficiel ou profond, voire décompactage) gardent donc, grâce aux couverts, une stabilité semblable à celle de la fin de saison de froment.

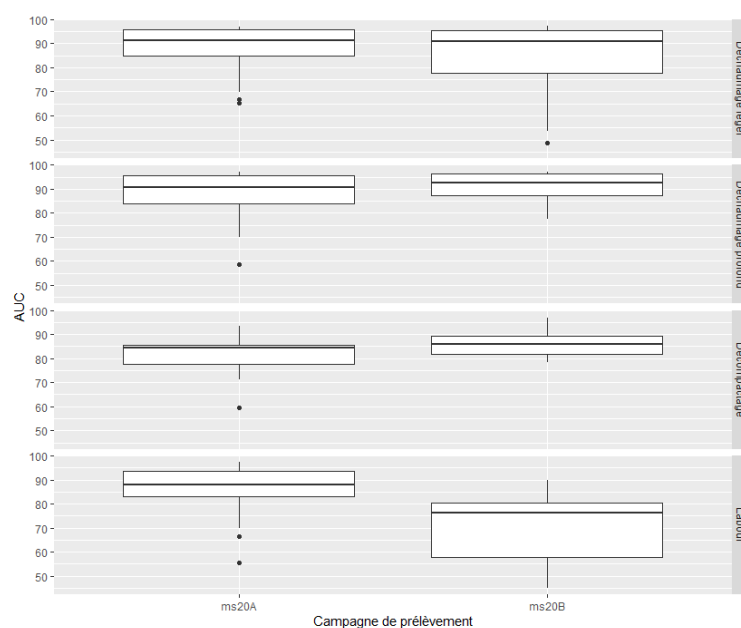


Figure 5. Evolution de la stabilité structurale (aire sous la courbe) entre la première campagne d'échantillonnage (après moisson) et la deuxième (mi-saison d'interculture, avant destruction du couvert) selon les différents travaux du sols réalisés pour l'implantation du couvert

Le mode et la date de destruction du couvert

Plus le travail du sol est intense pour détruire le couvert, moins le sol est résistant à l'érosion hydrique en sortie d'hiver (Figure 6). Les résultats les plus faibles (forte et rapide perte de masse de la motte) sont observés dans les systèmes labour, tandis que les résultats les plus élevés sont observés dans les parcelles non travaillées en sortie d'hiver. Dans ces dernières, il faut noter que les mottes les plus

stables ont été prélevées dans des parcelles présentant encore un couvert « vivant » et donc bien couvrant (Figure 7) (haute densité de repousses de céréales et glyphosate réalisé seulement quelques jours avant l'échantillonnage) (Figure 8), tandis que les mottes issues de parcelles dont le couvert a été bien détruit par le gel étaient moins stables. Enfin, la pratique du labour a souvent lieu en entrée d'hiver, détruisant le couvert précocement. Dans le cas de cette étude, il est donc difficile de conclure si c'est le travail du sol en lui-même ou la durée pendant laquelle le sol est nu qui influence la stabilité structurale (Figure 9) : probablement la combinaison des deux.

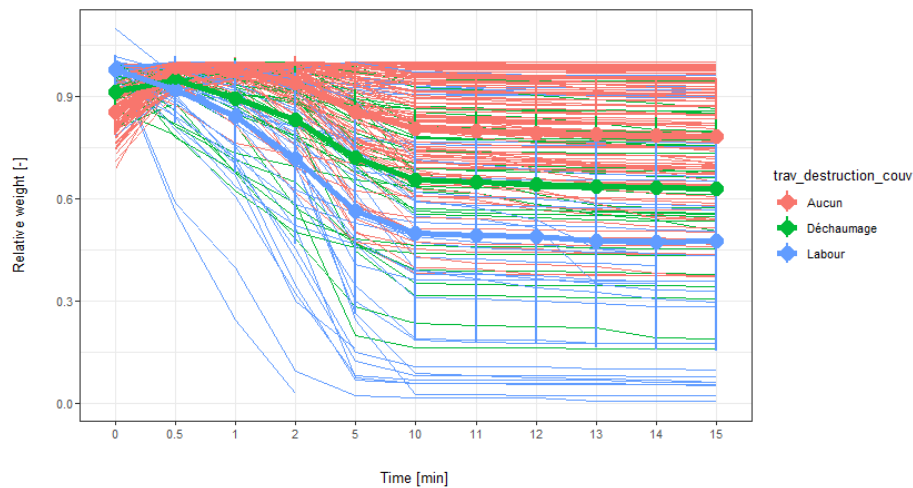


Figure 6. Slake tests cumulés pour les échantillons des parcelles dont le couvert a été détruit par labour, par déchaumage ou par aucun travail mécanique (gel et/ou herbicide dans ce cas)

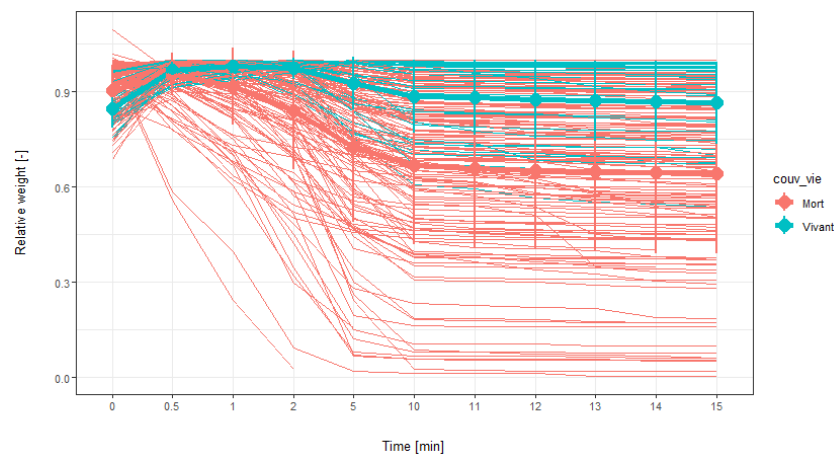


Figure 7. Slake test cumulés pour les échantillons des parcelles présentant un couvert encore vivant en sortie d'hiver ou non



Figure 8. Lors de la campagne de prélèvement de mars 2021, parcelle pour laquelle aucune opération autre que le gel n'a été réalisée pour détruire le couvert. Les repousses de céréale se développent donc.

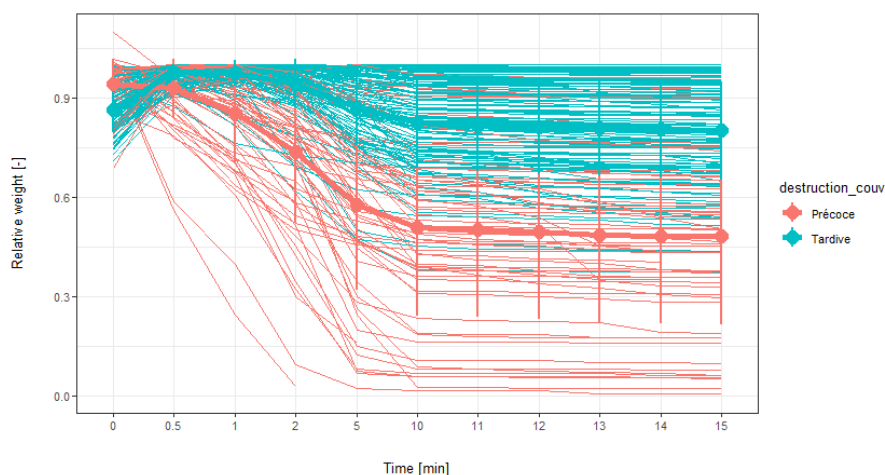


Figure 9. Slake tests cumulés pour les échantillons des parcelles dont le couvert a été détruit précocement ou tardivement

Conclusions

La distinction des systèmes agricoles en ACS, AB ou conventionnel ne suffit pas à expliquer les différences de stabilité structurale des sols des différentes parcelles. D'après les résultats de cette étude sur plusieurs variables, il s'avère que la pratique du labour pour l'implantation du couvert et/ou pour la destruction de celui-ci contribue fortement à la sensibilité du sol à l'érosion hydrique à l'automne et/ou en sortie d'hiver.

Plus longtemps le couvert joue son rôle de couverture du sol, plus les parcelles sont résistantes à l'érosion. Nos résultats renforcent donc les arguments en faveur de l'écorégime « couverture du sol ». **L'incorporation d'espèces non gélives dans le mélange de couvert serait donc essentielle pour optimiser la fonction de stabilisation du sol par la couverture végétale d'interculture.** Un tel couvert

permanent est propice à la pratique du semis direct pour l'implantation de la culture de printemps, prolongeant alors la bonne stabilité du sol à la saison culturale suivante, mais nécessitera l'application d'un herbicide total en sortie d'hiver.

Il serait intéressant de confronter les résultats des différentes parcelles à leurs données d'analyse du sol : le taux de carbone organique est-il un paramètre pouvant être corrélé à la stabilité structurale du sol ?

1.2. Enquête sur les labours exceptionnels avant froment

Hypothèses

Durant l'automne 2020, l'équipe de Greenotec a constaté que certains agriculteurs ont été contraints de labourer avant d'implanter leurs céréales d'hiver alors qu'ils ne comptaient *a priori* pas le faire.

Les mauvaises conditions de récolte (trop humides, réduisant la portance du sol et entraînant la formation d'ornières et de la compaction) sont souvent citées par les agriculteurs comme étant le facteur principal qui les a obligés à labourer leur parcelle pour implanter la culture suivante. Pourtant, malgré des conditions d'arrachage parfois compliquées, certains agriculteurs ont tout de même réussi à implanter leurs céréales sans labourer.

Sur base de ce constat, une enquête en ligne a été lancée auprès du réseau de Greenotec afin d'identifier les facteurs-clés de la réussite de l'implantation de céréales d'hiver en non-labour.

Objectifs

L'objectif de cette enquête est donc d'identifier les points d'attention et les facteurs de réussite d'une implantation de céréales d'hiver en non-labour. La volonté est de communiquer tous les éléments qui favorisent les implantations en non-labour et de donner les clés les plus importantes et les plus fréquentes aux agriculteurs. De cette manière chacun peut les appliquer de façon qu'elles soient adaptées à son contexte et son exploitation.

Dispositif expérimental et protocole

Une première enquête en ligne via l'outil Microsoft forms a été lancée le 2 avril 2021 à destination, en premier lieu, des agriculteurs qui ont été contraints de labourer alors qu'ils ne le désiraient pas. Elle a été diffusée via la Newsletter de l'ASBL (Greenotelex) en accès pour ses membres, sur sa page Facebook et republiée dans différents groupes Facebook actifs sur le sujet. De cette façon, un maximum d'agriculteurs concernés par la problématique a été touchés, membres ou non de l'ASBL.

L'analyse des résultats de cette première enquête a permis de mettre en lumière plusieurs points communs et points critiques, identifiés comme points-clés pour l'implantation des céréales en non-labour. Une deuxième enquête a été créée (toujours via Microsoft forms) en se focalisant sur ces points-clés et diffusée par mail uniquement aux agriculteurs qui, selon la première enquête, n'ont pas labouré avant leurs céréales d'hiver. Cette deuxième enquête a été conçue avec les mêmes formulations de questions et réponses que la première enquête afin d'éviter tout biais et de pouvoir comparer les deux enquêtes.

Le choix de réaliser deux enquêtes est principalement pour des raisons logistiques, en effet les agriculteurs n'ayant pas labourés, n'auraient pas pu choisir une parcelle type pour répondre à l'enquête. La deuxième enquête a été conçue en prenant en compte les premiers résultats de l'enquête.

A la vue des premiers résultats, nous avons remarqué que plus des trois quarts des agriculteurs qui ont été contraints de labourer avaient des précédents avec des chantiers de récolte tardifs ou impactant le sol (carotte, chicorée, betteraves, pomme de terre et maïs). Nous avons donc décidé d'interpréter uniquement ces réponses qui représentent la plus grosse problématique des répondants. Tous les résultats sont donc ceux des agriculteurs avec des précédents nécessitant un arrachage ou jugés problématique.

Nous avons donc analysé les réponses de 69 agriculteurs : nous avons finalement obtenu 40 réponses d'agriculteurs ayant été contraints de labourer (catégorie « labour » pour la suite) et 29 réponses d'agriculteurs qui n'ont pas labouré (catégorie « non-labour » pour la suite).

Afin d'évaluer les possibles interactions entre toutes les variables, nous avons effectué un test de corrélation de Pearson afin de voir si certaines variables étaient corrélées entre elles. En d'autres termes, nous avons voulu savoir si certaines pratiques avaient une influence significative sur le fait que les agriculteurs aient labouré ou non.

Pour la suite, nous allons présenter uniquement les variables qui semblent avoir un impact (significatif ou non) après analyse de l'enquête. A savoir :

- La matière organique, qui est une clé de la fertilité des sols : nous nous sommes donc intéressés à leurs apports, leurs fréquences et les valeurs amendantes pour les sols ;
- Les habitudes de travail du sol : partant du principe qu'il est plus simple de faire du non-labour avec des historiques propices, nous avons voulu observer les habitudes de travail du sol dans la rotation (c'est une variable significative selon le test de corrélation de Pearson) ;
- Le type de chantier d'arrachage : les chantiers de récolte à l'intégrale peuvent entraîner des conséquences sur la structure du sol plus importantes (c'est une variable qui est apparue significative dans le test de corrélation de Pearson) ;
- La rotation : des rotations intensives ou courte peuvent exercer une influence sur la structure du sol.

Résultats et interprétation

Présentation des agriculteurs

Parmi les agriculteurs ayant été contraints de labourer, nous avons remarqué que seulement 12% l'ont fait sur toute les parcelles de céréales d'hiver et 52% l'ont fait sur plusieurs parcelles. Il s'agissait donc d'une décision prise à la parcelle, sûrement en fonction des conditions.

Le type de sol des répondants est assez représentatif de la Belgique avec une majorité de limon argileux, de limon, d'argile limoneux et de sablo-limoneux. On sait cependant que les terres plus argileuses sont plus difficiles à gérer en non-labour.

Pour la localisation des répondants, là aussi on obtient une bonne répartition sur toute la Wallonie. On remarque tout de même que les des types de sols et de localisation semblent être plus ou moins les mêmes pour ceux qui ont labouré ou non. Ce ne sont donc pas des variables qui expliquent les cas de non-labour.

Les précédents culturels aussi étaient similaires entre les deux classes d'agriculteurs (labour et non-labour) (Figure 10). A noter que seuls les cinq précédents présents ici ont été retenus dans l'analyse de l'enquête.

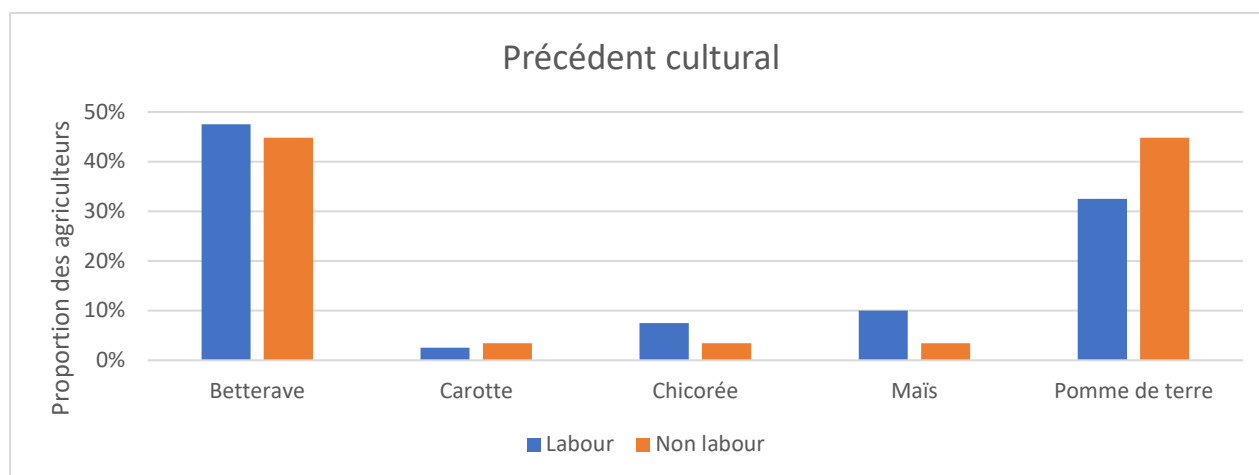


Figure 10. Répartition des précédents culturaux analysés dans l'enquête

L'humidité est aussi un facteur-clé des implantations, lorsque l'on s'intéresse aux conditions de récoltes, on n'observe pas vraiment de différence. Les conditions de récolte n'expliquent pas la totalité des cas de labours exceptionnels.

La rotation

Lorsque l'on s'intéresse à la rotation, on voit que la majorité des répondants qui ont labouré ont une rotation assez courte : moins de 4 ans pour plus de la moitié (Figure 11). Une rotation longue permet au sol de se régénérer entre les cultures à forte pression sur le sol, d'améliorer la structure du sol et donc de favoriser le non-labour. Par exemple, sur une rotation de 6 ans, faire 2 cultures arrachées de suite permet au sol de se régénérer pendant 4 ans alors qu'une culture arrachée tous les 3 ans permettent au sol de se régénérer pendant 2 ans, ainsi les 4 ans de régénération permettant au sol d'être plus portant : il sera moins dégradé par le passage des machines de récolte. Pour les parcelles implantées en non-labour, plus de la moitié des agriculteurs ont une rotation de 5 ans et plus. Une tendance se dégage de l'enquête avec une rotation qui semble plus longue en non-labour mais de façon non significative.

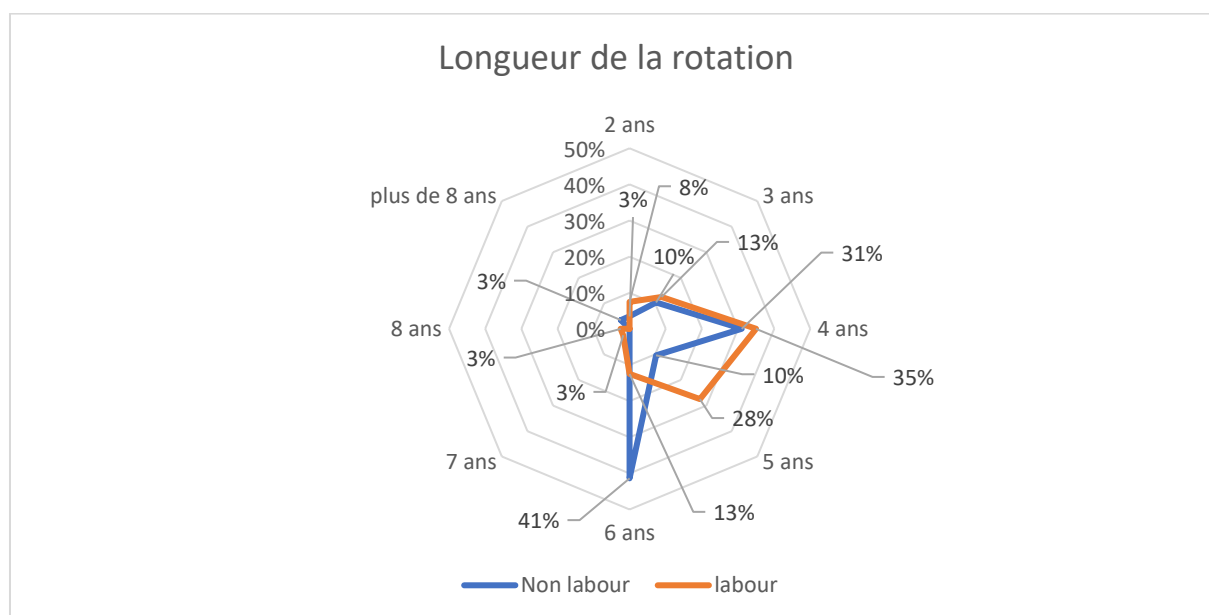


Figure 11. Taille de la rotation en fonction des pratiques d'implantation de la céréales (labour et non-labour)

Les apports de matières organiques

Une grande majorité des agriculteurs apportent des matières organiques durant la rotation, quelques-uns (15% pour les agriculteurs ayant labouré et 3% des agriculteurs n'ayant pas labouré) n'en apportent pas du tout (Figure 12). L'apport de matières organiques permet de nourrir la vie du sol et d'augmenter son taux de matière organique. Cela permet au sol de le rendre plus résilient au tassement, de retenir plus longtemps l'humidité, de jouer un rôle de tampon face aux épisodes de pluies... Une tendance se dégage de l'enquête, il semblerait que les agriculteurs n'ayant pas dû labourer apportent plus de matières organiques que les agriculteurs ayant labourés mais de façon non significative.

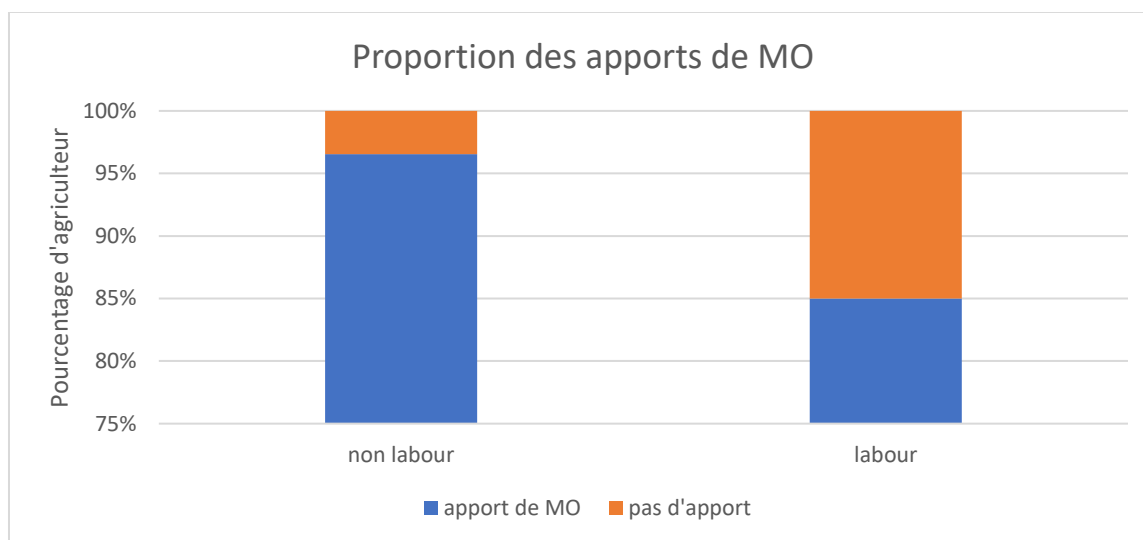


Figure 12 : Apports de matières organique au cours de la rotation

La fréquence des apports organiques est aussi importante dans la fertilité des sols. En effet, il est préférable de nourrir durablement le sol, plutôt que faire des gros apports très peu fréquemment. On observe alors que les agriculteurs ayant labouré apportent un peu moins fréquemment de la matière organique, 25% de ceux qui n'ont pas labouré apportent de la matière organique au moins une fois par an, contre 9% de ceux qui ont labouré.

Chantier d'arrachage

Pour la majorité des répondants, les chantiers ont été récoltés à l'intégrale (Figure 13). Quelques agriculteurs nous ont fait des commentaires en notifiant l'intérêt des chantiers décomposés pour semer sans labour, d'autres ont aussi rappelé l'utilité des intégrales car, à la vue des conditions, les tentatives d'arrachage au chantier décomposé ont été un échec. Dans ce cas, il convient de faire attention au poids par essieu de l'arracheuse : il est préférable de vider souvent la trémie pour limiter les tassements qui défavorisent les implantations en non-labour. Dans le graphique suivant plus d'agriculteurs n'ayant pas labourés, ont arrachés leur production au chantier décomposé. Le type de chantier est une variable qui est corrélée aux implantations de céréales d'hiver. L'arrachage par un chantier décomposé est un facteur de réussite significatifs des implantations en non-labour.

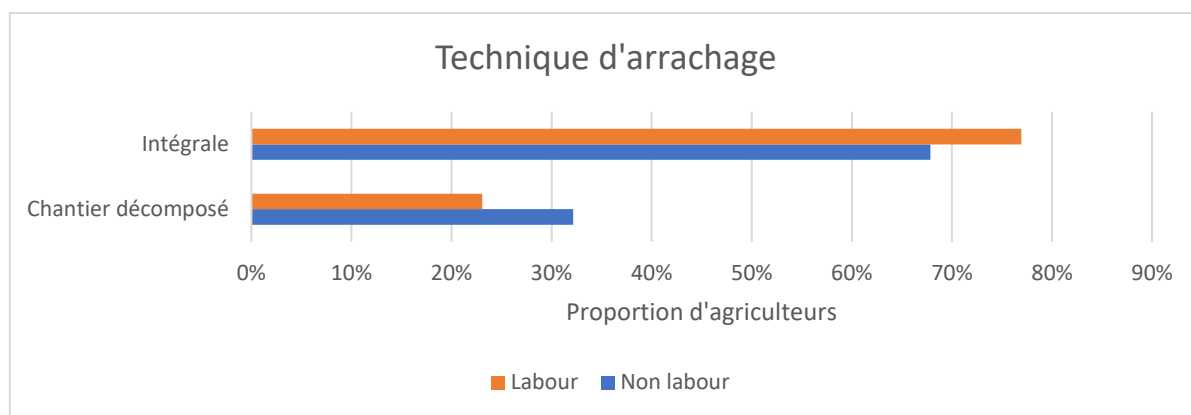


Figure 13. Illustration des types de chantier d'arrachage

Travail du sol

Plus de la moitié des agriculteurs ayant été contraints de labourer pratiquent le labour au moins une autre fois dans les 2 années précédentes, contre un quart pour les agriculteurs n'ayant pas labouré (Figure 14). La pratique du labour dans la rotation semble donc être un facteur de risque dans les implantations de céréales en non-labour. La fréquence du labour est une variable qui est corrélée aux implantations de céréales d'hiver. Le fait de ne pas labourer au moins 2 ans avant la céréale d'hiver est un facteur de réussite significatifs des implantations en non-labour.

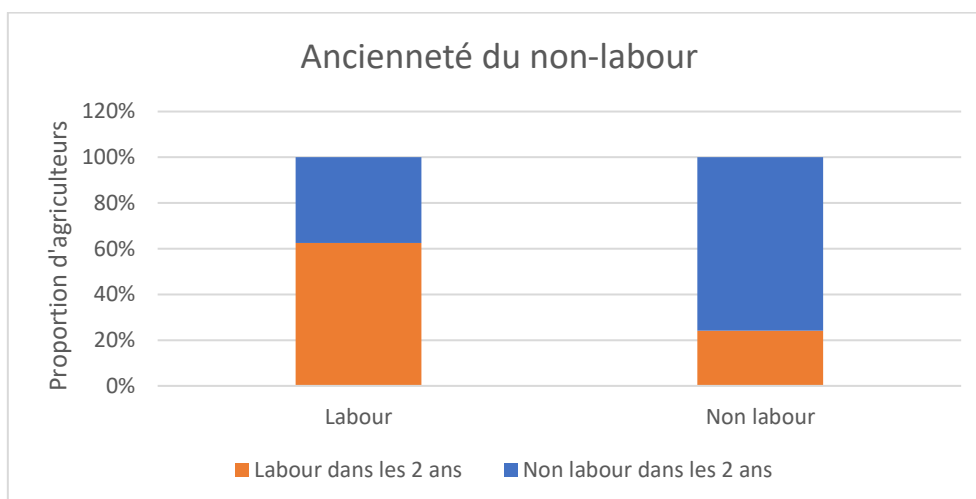


Figure 14. Historique de la pratique du labour dans les deux années précédant la céréale en fonction de son mode d'implantation (labour ou non-labour)

Pour confirmer nos premières impressions, nous avons alors séparé les intensités de travail du sol sur 2 ans (précédent et anté-précédent) en 5 classes :

- Labour : Labour systématique dans les 2 ans précédant la céréale ;
- Travail intensif : au moins 1 labour ;
- Raisonné (2 décompactages) ;
- TCS (pas plus de 1 décompactage) ;
- Travail superficiel.

On remarque que plus de la moitié des agriculteurs ayant été contraints de labourer ont des habitudes de travail du sol plutôt intensives (Figure 15) et, à l'inverse, les agriculteurs n'ayant pas labouré sont pour presque la moitié au moins en TCS (techniques culturales simplifiées). Cela confirme nos

observations précédentes. L'intensité de travail du sol est d'ailleurs une variable qui est corrélée aux implantations de céréales d'hiver. Une intensité de travail du sol faible dans les 2 ans précédant la céréale est un facteur de réussite significatif des implantations en non-labour.

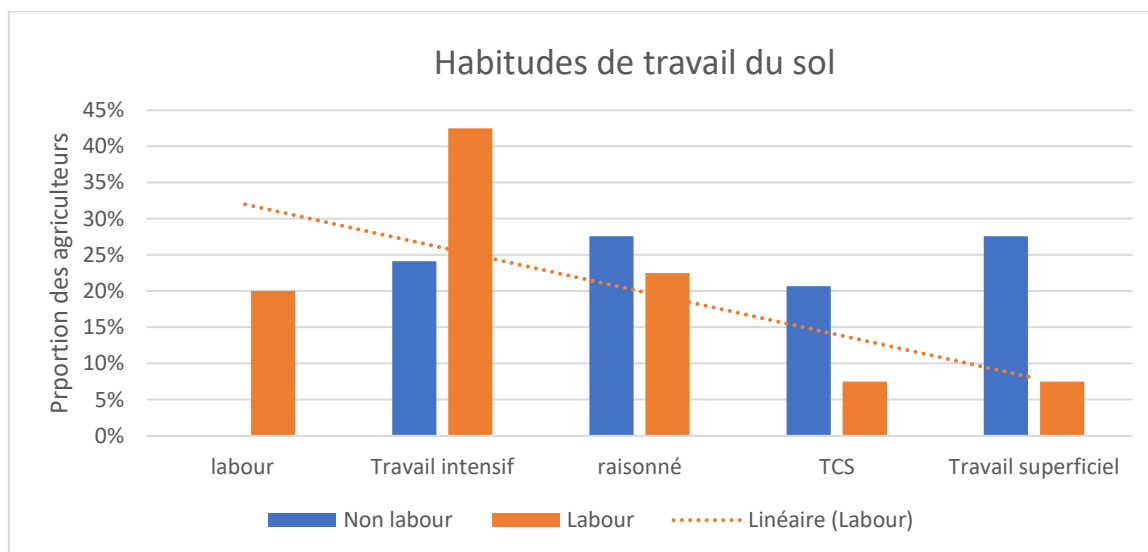


Figure 15. Historique des habitudes de travail du sol dans les 2 années précédant l'implantation de la céréale

Conclusions

À la mise en ligne de l'enquête, nous avons comme but de mettre en avant les facteurs de réussite des implantations de céréales en non-labour dans un contexte humide. Nous avons ainsi voulu une enquête très large avec de nombreux indicateurs. Au vu des résultats, nous nous sommes focalisés sur les précédents avec des chantiers de récoltes tardifs (plus de $\frac{3}{4}$ des répondants), à savoir : pomme de terre, betterave, carotte, chicorée et maïs. Trois variables ressortent corrélées avec les labours exceptionnels, ce qui nous a permis d'identifier les facteurs de réussite, pour les agriculteurs ayant répondu à l'enquête, les plus significatifs pour implanter les céréales d'hiver en non-labour après une récolte tardive :

- L'intensité de travail du sol : La diminution du travail du sol au cours de la rotation est un facteur de réussite significatif pour les implantations en non-labour. Le non-labour est favorisé par les faibles historiques de travaux de sol ;
- Le type de chantier d'arrachage : L'arrachage avec des chantiers décomposés (l'arrachage et la récolte se font en deux passages) est un facteur de réussite des implantations en non-labour. Le chantier décomposé est plus respectueux du sol et minimise la compaction ;
- La fréquence du labour : Ne pas labourer dans les deux ans avant la céréale d'hiver est un facteur de réussite des implantations de céréales d'hiver en non-labour.

L'enquête montre bien que ce sont principalement les historiques de travaux de sol élevés qui nécessitent un labour en cas de conditions humides. Les travaux de sol, entraînent souvent d'autres travaux de sol et il est donc important de raisonner ses habitudes de travail du sol pour espérer les réduire. Cependant cela dépend beaucoup aussi de l'état d'esprit des agriculteurs. Certains agriculteurs iraient les yeux fermés vers de la réduction du travail du sol alors que d'autres n'y penseraient pas une seconde. Encore beaucoup d'agriculteurs sont restés dans un schéma agricole qui fonctionne pour eux et craignent de quitter les rails (le labour) pour aller vers quelque chose qu'ils ne maîtrisent pas encore.

D'autres variables ont montré des tendances qui nous semblent être des pratiques favorisant le non-labour mais qui ne sont pas ressorties significatives dans l'enquête. Premièrement, c'est le cas notamment des apports de matières organiques et de leurs fréquences. Les apports de matières organiques permettent de nourrir le sol et contribuent à l'augmentation du taux d'humus. C'est cette augmentation qui va permettre au sol d'avoir une meilleure structure et ainsi améliorer sa portance. L'enquête montre une belle tendance mais qui n'est pas ressortie significative. Des apports réguliers, même plus faibles, sont préférables pour nourrir durablement le sol et maintenir durablement sa fertilité. Deuxièmement, une rotation plus longue a été obtenue pour les agriculteurs qui n'ont pas labouré. Plusieurs hypothèses peuvent en être à l'origine, comme un intervalle de temps plus long entre les chantiers qui permet au sol de se régénérer plus longtemps. En plus des apports agronomiques (rupture du cycle des maladies, des adventices, des ravageurs...), la rotation peut aussi permettre de repenser les travaux de sol pour les diminuer. Cependant, il convient de prêter attention aux rotations légumières longues qui imposent souvent des contraintes aux sols élevées et ne favorisent pas, dans la majorité des cas, le non-labour.

Enfin, les conditions météo de l'automne 2020 n'expliquent pas en totalité les labours exceptionnels, d'autres « bonnes » pratiques permettent d'augmenter ses chances de ne pas labourer. En revanche, lorsque la structure du sol est trop abîmée, trop boueuse ou que des problèmes de salissement de la parcelle apparaissent, la charrue reste un outil pour régler ces problématiques. Dans ces conditions une implantation en non-labour peut amener à des échecs pouvant se traduire par des pertes de rendement.

En bref lorsque l'on veut se passer du labour pour implanter ses céréales d'hiver, il convient de :

- Réduire progressivement ses travaux de sol au cours de la rotation ;
- Se passer du labour lorsque c'est possible (éviter les labours annuels) ;
- Privilégier les chantiers décomposés ;
- Allonger sa rotation ;
- Apporter de la matière organique le plus fréquemment possible.

Ces conclusions sont issues de l'analyse de l'enquête et reposent donc sur des pratiques culturelles des agriculteurs qui ont répondu à l'enquête. L'enquête fournit ainsi de belles pistes pour se donner toutes les chances d'éviter de labourer, basées sur des retours de terrain d'agriculteurs variés. Les résultats sont donc applicables à toutes les fermes de Wallonie et potentiellement aussi au-delà des frontières.

1.3.Plantes compagnes

Hypothèses

Les plantes compagnes peuvent rendre des services spécifiquement liés à la lutte contre l'érosion des sols :

- 1) Améliorer la portance lors de la récolte et ainsi minimiser l'impact du tassement sur la culture suivante et la capacité d'infiltration du sol ;
- 2) Couvrir l'inter-rang pour espérer réduire les herbicides et limiter l'érosion.

Les cultures de printemps sont des candidates particulièrement intéressantes pour l'association car les inter-rangs sont longtemps laissés à nu et donc sensibles à l'érosion hydrique des sols. Des essais ont donc été menés pour les cultures de pommes de terre et de chicorée.

1.3.1. Plantes compagnes en inter-buttes de pommes de terre

Objectifs

Un essai de plantes compagnes en inter-buttes de pommes de terre a été réalisé avec les objectifs suivants :

- Freiner l'érosion en pomme de terre ;
- Apporter un peu d'azote organique à la pomme de terre ou à la culture qui suit, si la plante compagne est une légumineuse ;
- Augmenter la biodiversité dans la parcelle.

Dispositif expérimental et protocole

La féverole avait été désignée en 2019 comme la plante d'inter-rang résistant le mieux aux produits de désherbage de la pomme de terre. En 2020, nous avons remarqué qu'un trop grand nombre de féveroles (plus de 8/m²) influençait négativement le rendement.

En 2021, Intell'eau a fait appel à Greenotec pour mettre en place un essai de féverole en inter-butte de pomme de terre pour pouvoir y quantifier l'érosion. Les féveroles ont été semées à l'aide d'un semoir de maraîcher juste après la plantation des pommes de terre de part et d'autre de 6 buttes (Figure 16 et Figure 17).

L'érosion a été quantifiée par Intell'eau avec des bacs récolteurs en bas de 25m d'inter-butte sur une pente de 5% en 3 répétitions par modalité. Le rendement a été quantifié par Greenotec en 3 répétitions de 3m de buttes par modalité.

On remarque que le Challenge-Centium (désherbage) a impacté assez fortement les féveroles car ce dernier a été réalisé lorsque les féveroles étaient à 3-4 feuilles. Seules les modalités bâchées en inter-rang lors du désherbage ont été prises en compte dans les résultats suivants. Les féveroles non bâchées ont tout simplement disparu à la levée des pommes de terre.



Figure 16. Semis des féveroles au semoir maraîcher le 05/05/21



Figure 17. Féveroles en inter-butte de pomme de terre, 27 jours après la plantation

Résultats et interprétation

Érosion

Les féveroles ont été semées à l'aide d'un semoir de maraicher à soc qui a donc remué sur 4 cm l'inter-rang des buttes de pomme de terre. Cela a eu pour effet la création de terre fine, plus sensible à l'érosion. Intell'eau a donc mesuré plus d'érosion là où il y avait des féveroles en inter-buttes. En outre, la densité de semis a été beaucoup trop dense avec plus de 25 féveroles au m².

Rendement

Les rendements sont aussi décevants. La féverole aurait fait perdre presque 10 tonnes à la culture de pomme de terre. Cela provient sûrement du fait que le nombre de féveroles au m² semée était beaucoup trop important. La variabilité entre les répétitions est assez élevée et donne peu de valeur aux résultats.

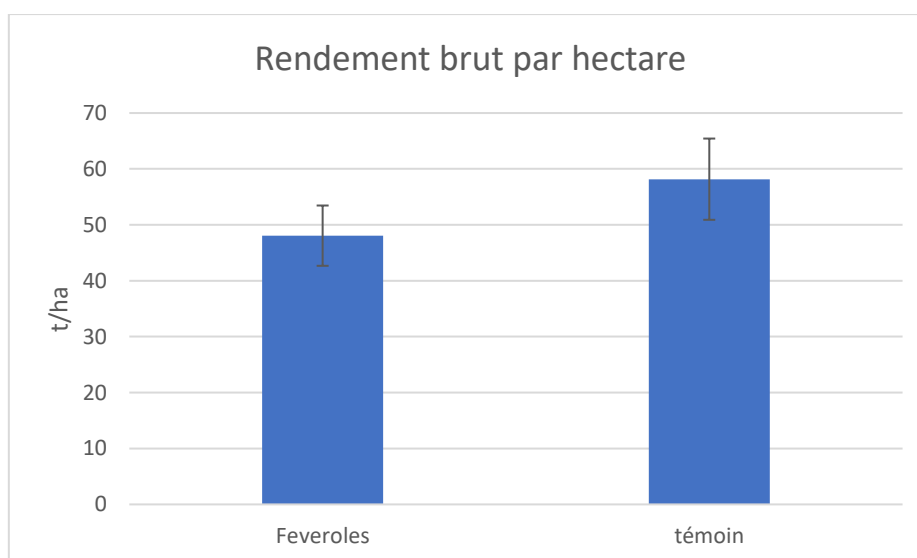


Figure 18. Rendement des pommes de terre récoltées dans des buttes entourées de féveroles et dans des buttes sans légumineuse en inter-buttes.

Conclusions

L'implantation des féveroles doit se faire plutôt en même temps que la plantation des pommes de terre. Il faudrait jeter les féveroles dans le flux de terre formant les buttes à la plantation (voir nos résultats d'essais 2020). Le fait de remuer la terre avec un semoir maraîcher après la plantation fait de la fine terre qui augmente la sortie de terre du champ lors des pluies printanières.

Les rendements mesurés sont peu concluants car trop de pieds de féveroles au m² ont été implantés par rapport aux préconisations pour éviter une diminution du rendement. De plus, il aurait fallu récolter la bande entière sur 25m de long dans chaque modalité et en 3 répétitions pour avoir plus de justesse dans les résultats.

1.3.2. Plantes compagnes en inter-rangs de chicorées

Objectifs

Partant du constat que la chicorée est un précédent plutôt mauvais, nous avons voulu associer la culture pour diverses raisons :

- 1) Trouver les plantes compagnes qui concurrencent le moins la chicorée pour ne pas impacter son rendement ;
- 2) Améliorer les conditions et l'impact de l'arrachage pour réduire les arrières-effet négatifs de la chicorée sur la culture suivante ;
- 3) Trouver les plantes compagnes qui résistent le mieux aux herbicides utilisés en chicorée ;
- 4) Evaluer les arrières-effets des plantes compagnes sur la culture suivante.

L'objectif de l'essai était donc de tester la faisabilité et l'intérêt de différentes plantes compagnes en inter-rang de la chicorée, à travers la mesure de leurs impacts sur les performances (rendements) de la culture principale et de leur résistance au programme herbicide mis en œuvre par l'agriculteur. En cette première année, c'est un premier screening des espèces adaptées à la chicorée qui a été réalisé.

Dispositif expérimental et protocole

Localisation de la parcelle

L'essai a eu lieu à Estaimpuis (province du Hainaut) dans une terre homogène avec un sol sablo-limoneux.

La parcelle, avec un précédent de betterave sucrière, a été couverte durant l'hiver par un mélange de seigle et féverole, détruit au glyphosate en fin d'hiver. La parcelle a été conduite selon l'itinéraire suivant (Tableau 1) :

Tableau 1. ITK de l'essai sur les plantes compagnes en chicorée

Date	Opération culturale	Modalité
Fin hiver	Destruction du couvert	Toutes
02/04/21	Déchaumeur à dent	Toutes
03/04/21	Herse rotative et semis de la chicorée	Toutes
28/04/21	Semis des légumineuses	Lotier, luzerne, trèfles blanc et violet
07/05/21	Semis du plantain	Plantain

Plan de l'essai et conduite de la culture

L'essai a été conduit sur une largeur de 33m (largeur du pulvérisateur) avec des traitements herbicides différents tous les 10m (Figure 19) : aucun, un, deux ou trois désherbages post-semis. Le reste de la parcelle (témoin sans plante compagne) a été conduite avec 6 traitements herbicides post-semis et un passage de bineuse. Toute la parcelle a été traitée au Bonalan en pré-semis. Les matières actives et leurs doses sont reprises dans le Tableau 2.

Les modalités de plantes compagnes sont réparties en 6 bandes (de 6,6 ou 3,3m) divisant les 33m de large, de manière à croiser les modalités de désherbage (Figure 19). Les plantes compagnes ont été semé le 28 avril (stade 1 feuille de la chicorée) pour les légumineuses et le 7 mai pour le plantain (semences non dispo avant) à la volée dans un mélange de sable (permettant un épandage plus homogène). Les densités de semis sont reprises dans le

Tableau 3.

Passage à wames							
33m							
	6,6m	6,6m	6,6m	6,6m	3,3m	3,3m	
10m	lotier	trèfle blanc	trèfle violet	luzerne	plantain/TE	plantain	0 desherbage
10m	lotier	trèfle blanc	trèfle violet	luzerne	plantain/TE	plantain	1 desherbage
10m	lotier	trèfle blanc	trèfle violet	luzerne	plantain/TE	plantain	2 desherbages
10m	lotier	trèfle blanc	trèfle violet	luzerne	plantain/TE	plantain	3 desherbages

Figure 19. Plan de l'essai plantes compagnes en chicorée

Tableau 2. Matières actives des herbicides utilisés dans l'essai. Ce tableau est issu de la fiche parcellaire de l'agriculteur, mais sur l'essai, seuls les passages du 02, 24 et 30 avril et 11 mai ont été appliqués.

Date	Benfluraline (Bonalan...) (L/ha)	Propyzamide (Kerb...) (kg/ha)	Carbetamide (Legurame...) (L/ha)	Triflusaluron-M (Safari...) (g/ha)	Isoxaben (AZ 500...) (ml/ha)	Dimethenamide (Frontier...) (L/ha)	Isodecylalc (Trende 90...) (L/ha)	Asulam (Asulox) (L/ha)
Pré semis (02/04/21)	8	0,5						
Pré- émergence (04/04/21)		1	2					
Stade cotylédon (24/04/21)		1	0,8	8				Bora 0,5
1 vrai feuille (30/04/21)			0,8	10	25			0,5
2 vraies feuilles (11/05/21)				10	75	0,125	0,100	0,5
3 vraies feuilles (07/06/21)				18		0,100		
4 vraies feuilles (17/06/21)						0,4		

Tableau 3. Densité de semis des plantes compagnes

Espèce	Lotier	Trèfle blanc	Trèfle Violet	Luzerne	TB/plantain	Plantain
Densité (kg/ha)	8	4	6	10	2/1,5	3

Protocole

Plusieurs indicateurs ont été mesurés : la levée des plantes compagnes, le rendement de la culture principale et la biomasse des plantes compagnes en fin de saison culturale. Pour les mesures de biomasse et de rendements, seules les modalités 0 et 4 désherbages ont été échantillonnées. En effet, les différences visuelles et des comptages précédents étaient peu marquées.

Les mesures de levées et de densité ont été faites le 19 mai, le 16 juin et le 14 juillet par comptage des plantes compagnes dans 0,5m² (4 répétitions ont été réalisées dans chaque modalités). Pour l'analyse des résultats, seul le dernier comptage (du 14/07) est présenté car très peu de différences ont été observées entre les différentes dates.

Le rendement de la chicorée a été mesuré le 05 octobre par arrachage des chicorées en 2 répétitions de 2 lignes de 6m par modalité. Une fois arrachées, les chicorées ont été pesées. Pour estimer la tare-terre, un échantillon a été lavé de façon aléatoire et pesé après nettoyage, la tare-terre a été ramenée au nombre de chicorées pour estimer au mieux le rendement net.

La biomasse des plantes compagnes a été mesurée le 23 novembre en prélevant toute les plantes compagnes sur une longueur d'inter-rang de 6m en 2 répétitions par modalité. Elles ont ensuite été séchées dans une étuve à 100°C pendant 2 jours puis pesées. Certaines biomasses sont manquantes car elles ont été détruites lors de l'arrachage manuel ou abîmées par les passages. Le choix a donc été

fait de ne considérer dans l'analyse des résultats que des plantes indemnes de passages pour éviter tout biais. Les données du plantain n'ont pas été récoltées car il n'était pas assez développé à cause d'une date de semis trop tardive (Figure 20).



Figure 20. Plantain et chicorée le 25 août

Résultats et interprétation

Comptage des levées

Les comptages de levée au 14 juillet montrent que les plantes compagnes ont toutes levé dans chaque modalité d'herbicides (Figure 21). Cependant, les herbicides semblent avoir impacté le nombre de plantes par m². On voit dans l'ensemble que le nombre de plantes diminue quand le nombre de traitements herbicides augmente. Ce résultat est néanmoins à nuancer par rapport au manque de régularité spatiale du semis à la volée. C'est ce biais qui peut expliquer le nombre de plantes de trèfle blanc plus élevé à 4 herbicides.

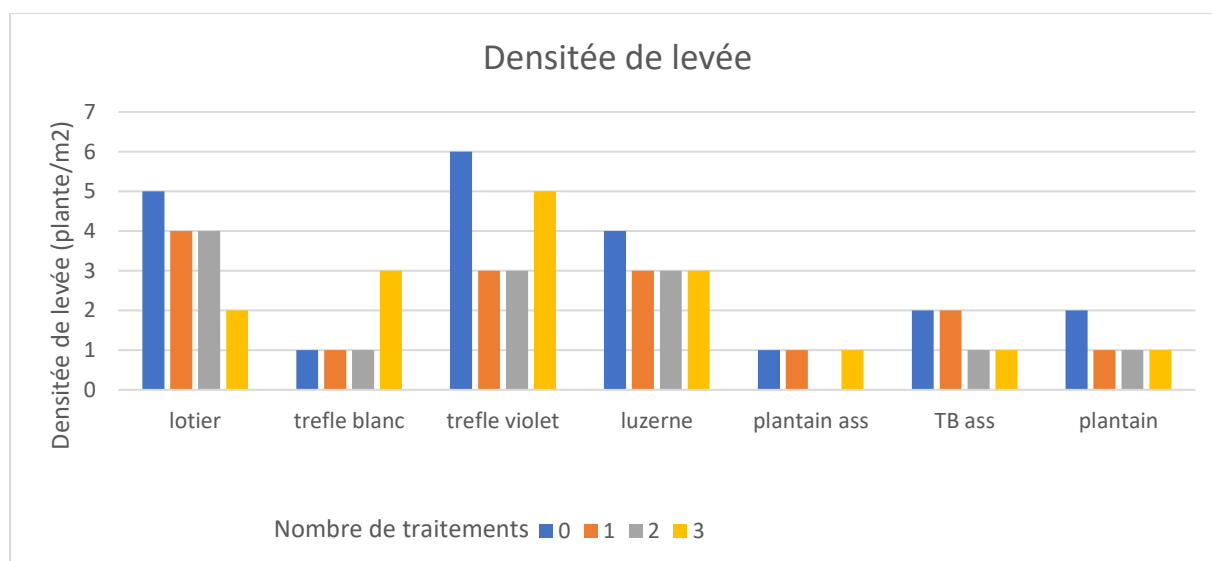


Figure 21. Densités de levée des plantes compagnes au 14/07/21, selon les modalités d'association de nombre de traitements herbicides

Rendements de la chicorée

Très peu de différences de rendements ont été observées entre les modalités avec 0 désherbage post-semis (soit 1 désherbage au total, sur le graphique) et les modalités avec 3 désherbages post-semis (soit 4 désherbages au total) (Figure 22). Sur base du test statistique (Anova), seule la luzerne avec 1 désherbage impacte négativement et significativement le rendement de la chicorée (Figure 23), tandis que les 4 désherbages ont freiné un peu la croissance de cette plante compagne, en faveur de la culture principale.

En cours de saison, nous avons observé que le trèfle violet, le lotier et la luzerne étaient très développés, au détriment de la culture principale (Figure 27, Figure 26 et Figure 23). Nous avons voulu quantifier cette observation mais les mesures de biomasses ont été faites trop tard dans la saison (23/11/2021), la luzerne ayant déjà perdu ses feuilles et le trèfle violet ayant repris sa croissance. Il faudrait donc prévoir une mesure durant l'été pour évaluer l'impact de la biomasse des plantes compagnes quand la chicorée est en conditions poussantes. Cependant, on observe tout de même un effet négatif du désherbage sur la biomasse des plantes compagnes.

Le trèfle blanc semble avoir un impact positif sur le rendement de la chicorée (ce résultat n'est pas significatif, mais il montre une tendance). Au cours des observations de terrain, nous avons noté que le trèfle était bien développé au 25 août, sans dépasser la chicorée, et que, par la suite, sa biomasse a diminué (Figure 24 et Figure 25). C'est cette régression de la croissance du trèfle qui peut expliquer l'augmentation du rendement avec une possible restitution de certains éléments (azote notamment) pour la chicorée. C'est un résultat qui est à confirmer lors de futurs essais.

Aucune des plantes compagnes choisies n'a été détruite par le programme herbicide classique de la chicorée. Des adventices ont été observées, mais aucune différence n'a été notée entre les modalités de nombre de traitements herbicides. On peut donc envisager une réduction des herbicides avec cette technique d'association.

Les plantes compagnes ont aussi eu un impact positif sur la biodiversité et notamment les pollinisateurs. En effet, le 25 août, les plantes compagnes étaient toutes en fleurs, le trèfle violet semblait particulièrement attractif (Figure 27). C'est un point à ne pas négliger car il s'agissait de la seule source de nourriture pour les pollinisateurs aux alentours (pas de présence de haies, de bandes enherbées ni de cultures à fleurs).

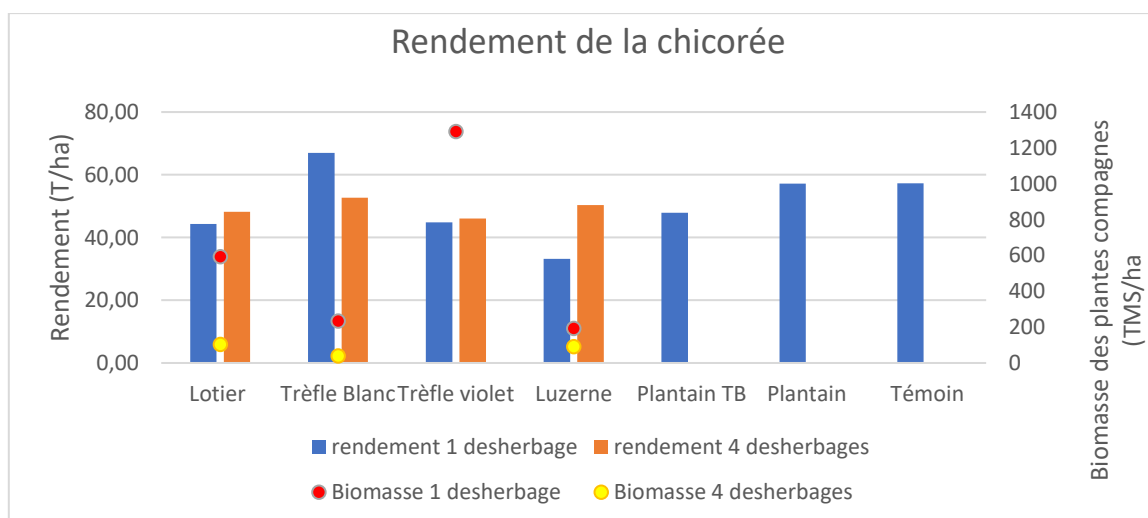


Figure 22. Rendement de la chicorée en fonction de la biomasse des plantes compagnes et du nombre de désherbages au 04 octobre.



Figure 23. Luzerne et chicorée le 25 août

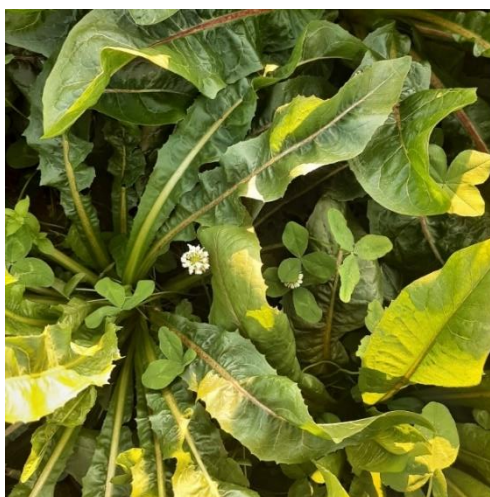


Figure 24. Trèfle blanc bien développé et chicorée au 25 août



Figure 25. Trèfle blanc ayant régressé, à l'arrachage des chicorées le 05 octobre

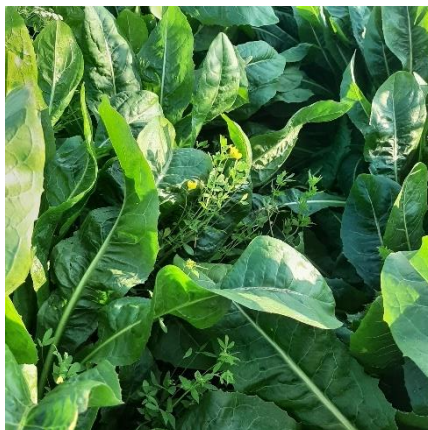


Figure 26. Lotier et chicorée le 25 août



Figure 27. Trèfle violet et chicorée le 25 août

Conclusions

Les résultats de cet essai sont plutôt concluants : le screening des espèces de plantes compagnes à la chicorée aura au moins mis en évidence des espèces inadaptées à la technique. En effet, la luzerne, le trèfle violet et le lotier ont montré une très grande production de biomasse et une couverture du sol qui aurait permis une réduction des herbicides, mais l'impact sur le rendement a été trop important. Le trèfle blanc est l'espèce qui semble avoir tiré son épingle du jeu. La hausse du rendement qu'il entraîne ainsi que sa couverture du sol pour espérer une réduction des herbicides et une lutte significative contre l'érosion sont cependant à confirmer lors d'une deuxième année d'essai.

L'association de la chicorée avec des légumineuses semble donc avoir de l'avenir, dans un contexte de réduction des herbicides. De plus, l'association entre dans une démarche de biodiversité en apportant de la nourriture pour les pollinisateurs dans une culture qui n'est pas favorable à ces derniers. C'est d'autant plus intéressant qu'aucun insecticide n'est appliqué sur la chicorée.

L'essai sera reconduit l'année prochaine en prenant en compte les enseignements de l'année, en évaluant mieux le taux de couverture du sol en période de sensibilité à l'érosion et en mesurant l'impact sur la culture suivante (2023).

1.4. Réduction du travail de sol

Hypothèses

La réduction du travail du sol est une pratique-clef pour améliorer la structure du sol et réduire les risques d'érosion. En effet, l'absence de travail profond et/ou intensif préserve la vie du sol et les agrégats tout en augmentant le taux de matière organique dans les horizons de surface (15 premiers centimètres).

Le semis direct des cultures pousse cette logique jusqu'au bout, mais peut s'avérer complexe et risquée pour les cultures de printemps (maïs, betterave, chicorée...), qui sont aussi les plus sujettes à l'érosion. Des essais sont donc menés pour optimiser cette pratique, la sécuriser et l'objectiver quant à ses bienfaits pour l'environnement (lutte contre l'érosion, mais aussi diminution des intrants) et la marge économique de la ferme.

1.4.1. Semis direct de betteraves sur couvert non gélif

Objectifs

L'avenir de la culture de betteraves sucrières en Belgique s'obscurcit du fait de trois grandes problématiques : la baisse de rentabilité, la jaunisse virale et l'érosion des sols. La réduction de travail du sol est la réponse que nous apportons face à la baisse de rentabilité de la culture. Le travail du sol est une opération culturale coûteuse au niveau de la main d'œuvre, au niveau du carburant et au niveau de l'usure du matériel. En réduisant cette charge, nous espérons améliorer le rapport rétribution/charges et donc augmenter la rentabilité de la culture tout en ayant un impact positif sur la biodiversité. Pour cela, la réduction du travail du sol doit permettre à l'agriculteur de réduire son prix de revient tout en conservant une culture productive.

Nous avons choisi de comparer deux itinéraires techniques qui se différencient l'un de l'autre par le travail du sol effectué avant le semis. Le premier itinéraire est conduit en techniques culturales simplifiées (TCS). Il n'y a pas eu de labour, mais uniquement un passage de herse rotative avant le semis. Le second itinéraire est conduit en semis direct : il n'y a eu aucun passage d'outil de travail du sol avant le semis. L'objectif est de comparer le rendement et la rentabilité de la culture selon les deux itinéraires techniques.

Dispositif expérimental et protocole

Des mesures ont été réalisées pendant la durée de la culture pour comprendre les écarts qui peuvent éventuellement exister au niveau du développement des betteraves entre les deux modalités de travail du sol (SD et TCS) : comptages de levée, humidité et température du sol, rendements et marge économique. La parcelle accueillant cet essai se situe à Ophain (Figure 28 et Figure 29).

Les températures ont été relevées à trois reprises au printemps, les 22 et 27 avril et le 7 mai à 3cm de profondeur. Pour chacune des trois dates de prise de température, les moyennes des deux modalités ont été comparées à l'aide d'un test de Student. Le pourcentage d'humidité du sol a été estimée une première fois au printemps le 27 avril en séchant un échantillon à l'étuve. L'humidité a été mesurée une deuxième fois le 29 septembre, cette fois avec un humidimètre.

Les levées de betteraves ont été estimées en comptant les plantes sur une ligne de 6m de long en 4 répétitions par modalité.

Les rendements ont été estimés d'après les prises d'échantillons que nous avons réalisées le 13 octobre : récolte de toutes les betteraves sur 2 lignes adjacentes de 6m, en 4 répétitions par modalité.



Figure 28. Sol travaillé à la rotative dans la zone TCS avant le semis de la betterave le 1^{er} avril



Figure 29. Semis des betteraves dans la zone TCS avec le même semoir qu'en SD le 2 avril à Ophain

L'évolution des betteraves en TCS et en SD est illustrée sur la Figure 30. Le 8 juin, les lignes semblent mieux dessinées en TCS qu'en SD. Les betteraves en TCS atteignent le stade « 8 feuilles » alors que les betteraves en SD ne sont qu'au stade « 6 feuilles » en moyenne. Le 16 juin, les betteraves en TCS conservent visuellement un avantage de développement sur les betteraves en SD (Figure 31). Le 7 juillet, plus aucune différence n'est visible entre les betteraves en TCS et les betteraves en SD (Figure 32).



Figure 30. Comparaison entre la partie SD (à gauche) et TCS (à droite) le 8 juin 2021 à Ophain



Figure 31. Comparaison entre la partie SD (à gauche) et TCS (à droite) le 16 juin 2021 à Ophain



Figure 32. Comparaison entre la partie SD (à gauche) et TCS (à droite) le 7 juillet 2021 à Ophain

Résultats et interprétation

Température et humidité du sol

Pour les trois dates, la température du sol à 3 cm de profondeur est significativement plus élevée en TCS qu'en SD (Figure 33). La température du sol suit, de manière générale, la situation météorologique du moment, la température en TCS étant toujours supérieure à la température en SD, quoique les deux valeurs se rapprochent le 7 mai. En effet, l'ensoleillement élevé de la fin du mois d'avril a induit une augmentation de la température du sol. On remarque cependant une baisse de la température par la suite causée par une première semaine du mois de mai pendant laquelle les températures moyennes journalières étaient bien en-dessous des normales de saison.

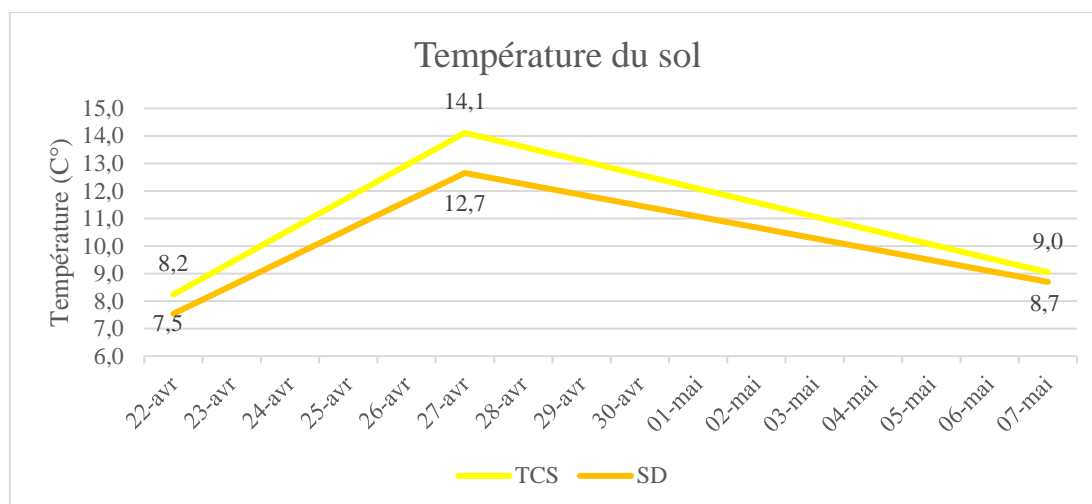


Figure 33. Evolution de la température du sol à 3 cm de profondeur en TCS et en SD à Ophain au printemps 2021

Le 27 avril, bien que l'humidité moyenne soit supérieure en TCS qu'en SD, la différence n'est pas significative (Figure 34). Le 29 septembre, l'humidité est en revanche significativement plus élevée en SD qu'en TCS. L'écart d'humidité entre les deux dates s'explique par une période sèche à la fin du mois d'avril, alors que la mesure du 29 septembre a été réalisée juste après des pluies.

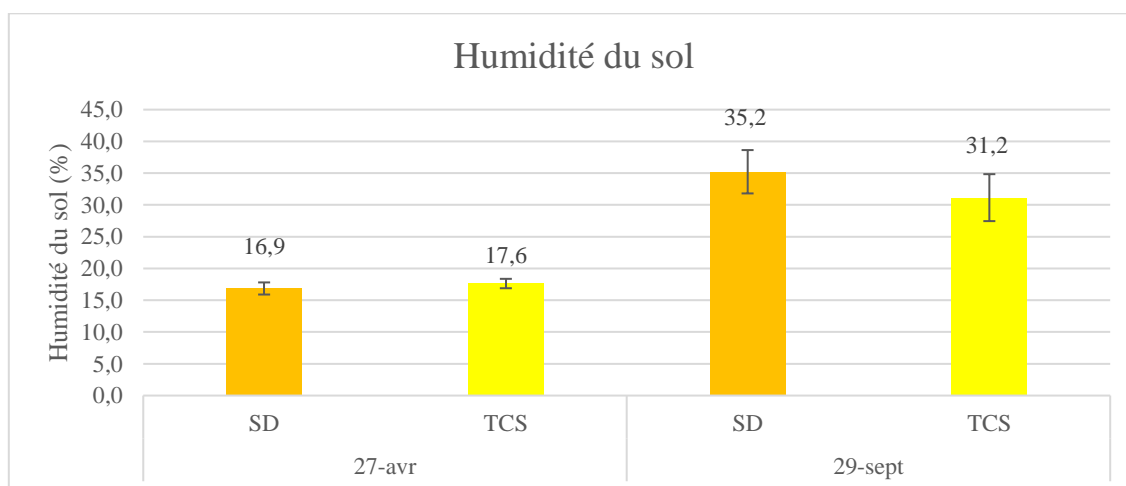


Figure 34. Humidité du sol en TCS et en SD à Ophain le 27 avril 2021 et le 29 septembre 2021. Les barres d'erreur représentent les écart-types.

Levée des betteraves

Significativement plus de betteraves ont levé en TCS qu'en SD, avec une différence de 19 %. De plus, les betteraves en TCS ont levé plus rapidement et sont donc plus développées que les betteraves en SD. Cette avance des betteraves en TCS est visible sur la Figure 30. Cependant, dans les autres parcelles gérées par l'agriculteur, un meilleur réglage de la profondeur de semis a été réalisé (2-3cm au lieu de 4cm à Ophain), ce qui a amélioré les levées.

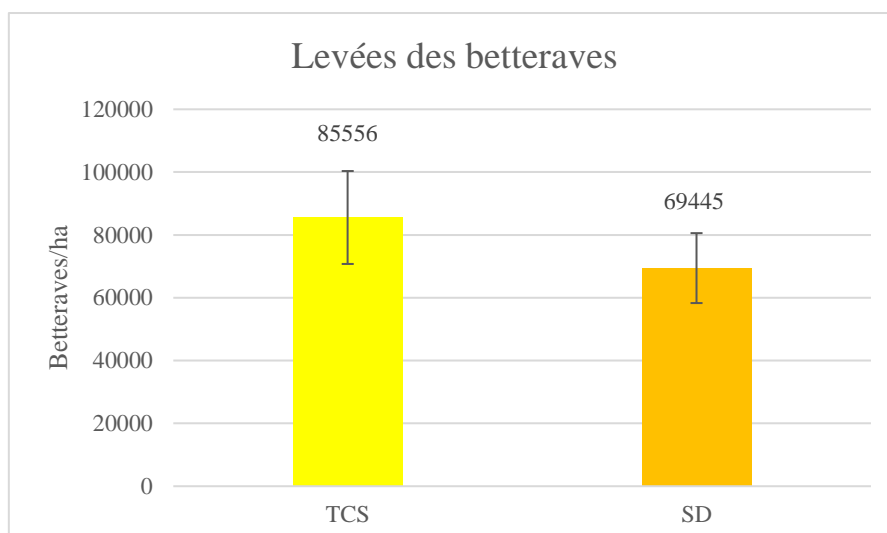


Figure 35. Graphique du nombre moyen de betteraves par hectare en TCS et en SD à Ophain le 7 mai 2021. Les barres d'erreur représentent les écart-types.

Nous avons observé qu'en SD, les betteraves peinaient à sortir de terre en raison d'un sol trop sec en surface. Le germe formait alors un tire-bouchon comme le montre la Figure 36.



Figure 36. Germe de betterave en forme de tire-bouchon ne parvenant pas à traverser la croûte à la surface du sol.

Rendement

Le rendement moyen obtenu dans la modalité TCS est supérieur au rendement moyen obtenu dans la modalité SD. Cependant, la conclusion du test de Student ne nous permet pas d'affirmer que la différence est significative. Le taux de sucre est, pour chacune des deux modalités, assez bas. En TCS, il s'élève à 15,82 % et en SD à 15,26 %. C'est inférieur à la moyenne de la campagne de 2020 de la Raffinerie Tirlemontoise qui atteignait 17,46 % du poids frais de la betterave. Sur la Figure 37, on peut s'apercevoir que l'écart-type est plus important en SD qu'en TCS, signe d'une plus grande hétérogénéité en SD. En pratique, cette hétérogénéité se marque, entre autres, par la taille des betteraves. La Figure 38 illustre ce phénomène.

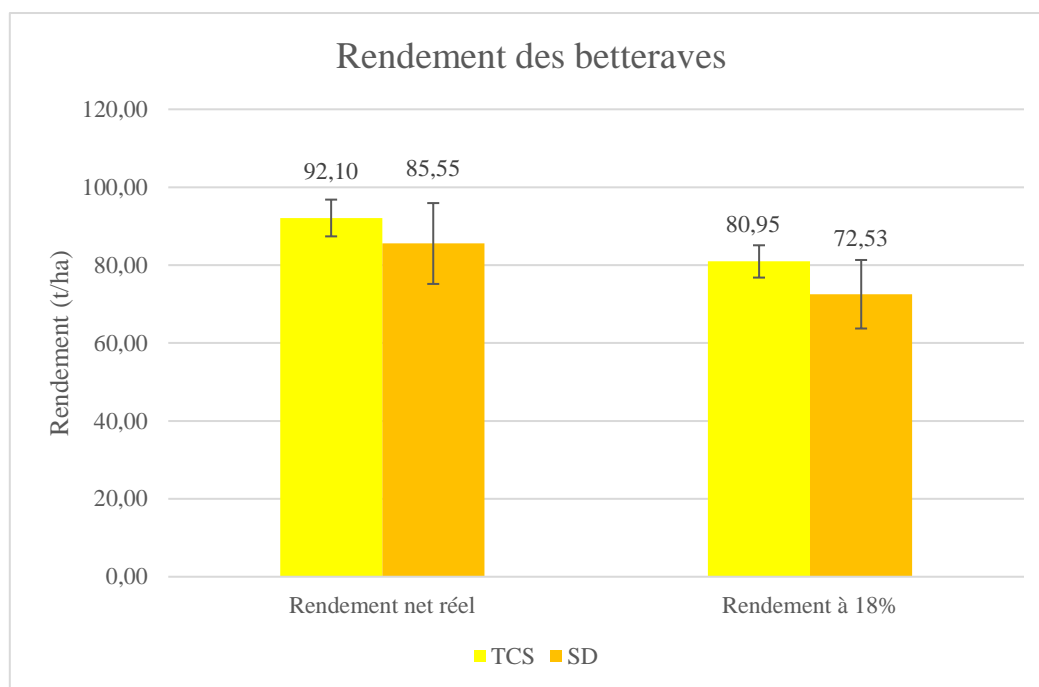


Figure 37. Rendement net réel et rendement ramené à 18 % de taux de sucre en TCS et en SD à Ophain le 13 octobre 2021. Les barres d'erreur représentent les écart-types.



Figure 38. Comparaison de la taille de deux betteraves en SD.

Bilan économique

Economiquement, le prix de revient se différencie, entre le TCS et le SD, par un passage de herse-rotative dans la zone TCS. Ce passage a coûté 50 € par hectare, main d'œuvre et carburant compris, à l'agriculteur. Actuellement la tonne de betteraves à 18 % de sucre est achetée par la Raffinerie Tirlémontoise à 28,24 € en contrat de base et en contrat additionnel, et à 21,18 € hors contrat. Toutes les betteraves de la parcelle d'essai d'Ophain seront vendues au prix du contrat de base. Dans ces conditions, il faut produire 1,77 tonnes supplémentaires à 18 % de sucre en TCS pour être en équilibre économique avec le SD. La production moyenne en TCS a été supérieure à celle du SD de 8,42 tonnes par hectare. Ainsi, malgré la charge de travail du sol supplémentaire, le TCS est économiquement plus avantageux que le SD. La rétribution est supérieure de 187,78 € en TCS. Cependant, l'écart de rendement étant non significatif, l'écart de rétribution l'est tout autant.

Conclusions

Le mois d'avril sec qui a suivi le semis a été défavorable à la levée optimale des betteraves, surtout en semis direct. Les betteraves ont été semées trop profondément pour de telles conditions météorologiques. Deux centimètres de profondeur auraient été préférables, plutôt que trois. Il y a eu un manque important à la levée. En creusant un peu le sol, là où les betteraves auraient dû sortir, nous les avons trouvées en tire-bouchon, démontrant qu'elles n'arrivaient pas à percer la croûte à la surface. Précisons toutefois que le semoir était employé pour la première fois par l'agriculteur. Les réglages du semoir n'étaient donc pas optimaux. La parcelle de l'essai était la première semée. Il y en a eu quatre autres par la suite. Le nombre de betteraves levées s'est amélioré au fur et à mesure des parcelles grâce à un semoir de mieux en mieux réglé.

Outre cette croûte, la température supérieure en TCS a certainement favorisé une levée plus rapide et de manière plus homogène qu'en SD. De plus, les débris végétaux plus présents en SD ont pu faire obstacle à la levée de certaines betteraves et freiner l'étalement de leurs cotylédons. Cette levée hétérogène en betteraves a induit par la suite une hétérogénéité du recouvrement de la surface par les betteraves. Nous avons observé des manques à la levée laissant de nombreux trous dans les lignes. Bien que cette hétérogénéité ait perduré jusqu'à la période de récolte, nous sommes tout de même passés d'une différence significative à la levée à une différence non significative du rendement à la récolte. Dans une certaine mesure, nous remarquons donc que les betteraves en SD ont réussi à compenser une partie du manque initial.

Finalement, bien que le rendement moyen des betteraves en TCS se soit révélé supérieur à celui des betteraves en SD, la différence, au vu du nombre d'échantillons prélevés, est non significative. Sur base de la moyenne des échantillons, la rétribution est plus importante en TCS qu'en SD. En outre, ce calcul économique ne tient pas compte des services écosystémiques obtenus grâce à la diminution du travail du sol. Il n'y a pas eu d'insecticide sur la parcelle d'essai et le premier désherbage a pu se faire plus tard dû au fait que la levée d'adventices se faisait moins vite grâce au non-travail du sol.

Ces résultats nous encouragent dans la voie du semis direct de la betterave. L'optimisation de cette technique serait cruciale pour éviter les coulées de boue fréquentes au printemps venant de cette culture. À l'avenir, des recherches pourront notamment être menées sur les couverts non gélifs les plus propices pour obtenir une bonne structure de sol en vue du semis direct.

1.4.2. Semis direct de betteraves sur couvert gélif

Objectifs

Le semis direct permet notamment de favoriser la vie du sol, de garder l'humidité et de lutter contre l'érosion. Des essais de semis direct de betteraves ont été mis en place à Brugelette dans un objectif d'augmentation des marges par une diminution des charges liées au travail du sol et au temps de travail. Ces essais visent donc à déterminer les clés de réussite du semis direct de betterave (structure du sol avant semis, gestion du couvert...) et d'en optimiser les techniques pour maintenir des rendements acceptables.

Dispositif expérimental et protocole

Deux essais de semis direct de betterave ont été réalisés à Brugelette (province du Hainaut) chez deux agriculteurs.

Parcelle Deschamps

Sur cette parcelle sablo-limoneuse, précédent froment, plusieurs pratiques ont été réalisées :

- Semis du couvert : semis direct ou en TCS (Vaderstadt Rapid) ;
- Gestion du couvert : pâturé ou non par les moutons ;
- Semis de la betterave : semis direct (Vaderstadt Tempo) (Figure 39), avec un passage de fraise uniquement ou avec un passage de cultivateur (Figure 40) et de fraise (modalité témoin).

Dans le cadre de ce chapitre, seules 3 modalités seront comparées (les modalités relatives à la gestion du couvert seront abordées dans le chapitre 3.4) :

- « Cultivateur + fraise » (témoin) : semis du couvert en TCS, avec pâture, et semis de la betterave le 01/04 après des passages de fraise et cultivateur le 31/03 ;
- « Fraise pâturé » : semis du couvert en TCS, avec pâture, et semis de la betterave le 01/04 après un passage de fraise le 31/03 ;
- « SD pâturé » : semis du couvert en TCS, avec pâture, et semis direct de betterave le 01/04.



Figure 39. Semoir Vaderstadt Tempo utilisé pour le semis de la betterave



Figure 40. Cultivateur Horsch Terrano utilisé pour le travail du sol

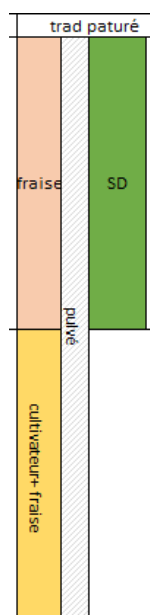


Figure 41. Plan de l'essai de semis direct de betteraves à Brugelette (Deschamps)

La parcelle a été couverte pendant l'hiver avec un mélange de choux fourrager, de phacélie et de trèfle d'Alexandrie, détruit en sortie d'hiver au glyphosate.

Plusieurs indicateurs ont été mesurés :

1) Température de levée :

La température de levée a été relevée trois fois et a été prise à 3cm de profondeur le 23 avril (à 12h56 et une température extérieure de 11,6°C), le 26 avril (à 8h30 et une température extérieure de 6°C) et le 05 mai (à 13h50 et une température extérieure de 11°C). Les températures ont été prises dans des endroits rapprochés pour éviter tout biais liés à l'hétérogénéité de la parcelle.

2) Comptage de levée :

Le 23 avril, le 28 avril, le 05 mai et le 20 mai, le nombre de betteraves sur 6m a été compté avec 4 répétitions par modalité.

3) Mesure du rendement :

Le rendement a été évalué le 19 octobre en récoltant 2 lignes de 6m de betteraves adjacentes en 4 répétitions par modalité. Les échantillons ont ensuite été pesés puis conduits à la raffinerie de Longchamp pour en déterminer la tare-terre et le taux de sucre.

4) Marge économique :

Pour calculer les différences de marges entre les modalités de travaux de sol, le logiciel Mecacost³ du CRA-W a été utilisé en considérant le coût de la main d'œuvre à 15€/h et un coût de GNR à 1,07€/L et un prix de vente de 31€/t de betterave à 18% (prix communiqué par les agriculteurs). Ces charges ont été soustraites au chiffre d'affaires de chaque modalité.

³ <https://www.mecacost.cra.wallonie.be/en/>

Parcelle Hayois

Sur cette parcelle plus limoneuse, deux modalités ont été testées (Figure 42):

- « TCS » : passage de cultivateur le 16/04 et semis le 17/04 ;
- « SD » : semis direct de la betterave le 17/04.

La parcelle était couverte pendant l'hiver par un mélange de phacélie, trèfle et de moutarde, détruit au glyphosate avant plantation.

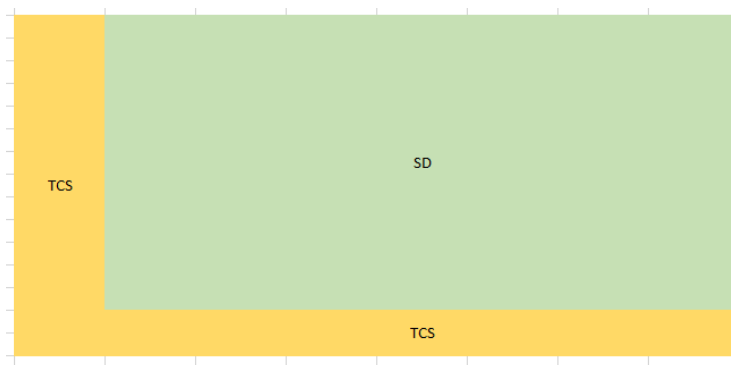


Figure 42. Plan de l'essai de semis direct de betteraves à Brugelette (Hayois)

Le comptage de levées et l'évaluation du rendement ont été effectués selon les mêmes protocoles que la parcelle Deschamps.

Résultats et interprétation

Parcelle Deschamps

1) Température et humidité du sol

Le graphique montre les différences de températures des 2 modalités comparées au témoin (Figure 43). On remarque que la température du sol augmente avec le nombre de passage de travail du sol. Au semis, on a presque 1°C en moins dans la modalité SD que dans la modalité témoin, tandis que l'équilibre se fait au bout d'environ 2 semaines. Ce graphique suggère le semis direct doit être réalisé plus tard que le semis en TCS.

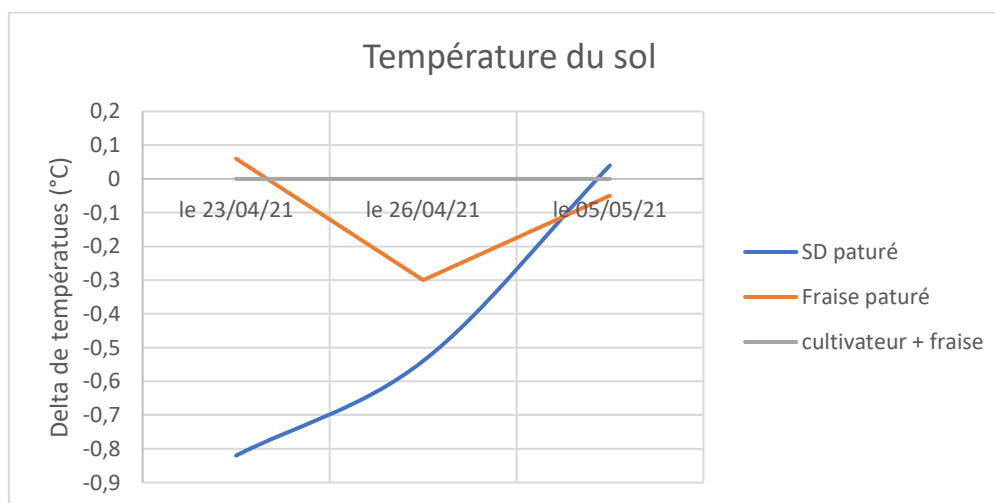


Figure 43. Différences de températures du sol entre les modalités et le témoin, à 3cm de profondeur et à trois dates

Le semis direct permet une meilleure rétention de l'eau en période de chaleur que les semis avec travail du sol (Figure 44). Ce genre d'essai est à mettre en place sur plusieurs années pour démontrer la résilience de la technique face à diverses conditions climatiques (pluies intenses ou longues sécheresses).



Figure 44. Différences d'humidité du sol entre les modalités de betteraves TCS (à gauche) et SD (à droite) à Brugelette (Deschamps)

2) Levées de la betterave

On observe peu de différences de levée entre les modalités comparées au témoin (Figure 45). Le semoir semble donc adapté au semis direct de betterave. L'optimum de nombre de betteraves à l'hectare est situé entre 80 000 et 100 000 plantes/ha (KWS). Toutes les modalités ont donc une bonne levée au dernier comptage de levée (86 000 plantes/ha pour le SD à 105 000 plantes/ha pour la modalité Fraise). La modalité Fraise est celle qui montre la meilleure densité de levée.

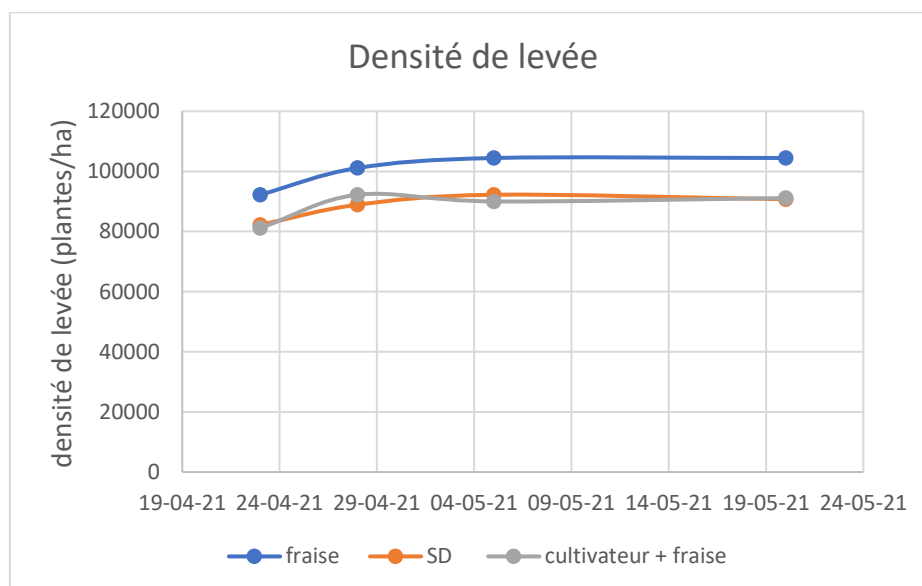


Figure 45. Densité de levées par hectare selon les modalités de travail du sol

3) Rendement

Aucune différence significative n'a été observée pour le rendement ramené à 18% de sucre entre les modalités (Figure 46). C'est la modalité Fraise qui donne les meilleurs rendements, ce qui est cohérent avec les résultats de levée. Le semis direct de betterave montre des rendements similaires aux autres modalités ici, ce qui est très prometteur pour la technique, en veillant à l'implémenter dans une bonne structure du sol, avec un bon réglage du semoir et un sol couvert pendant l'hiver.

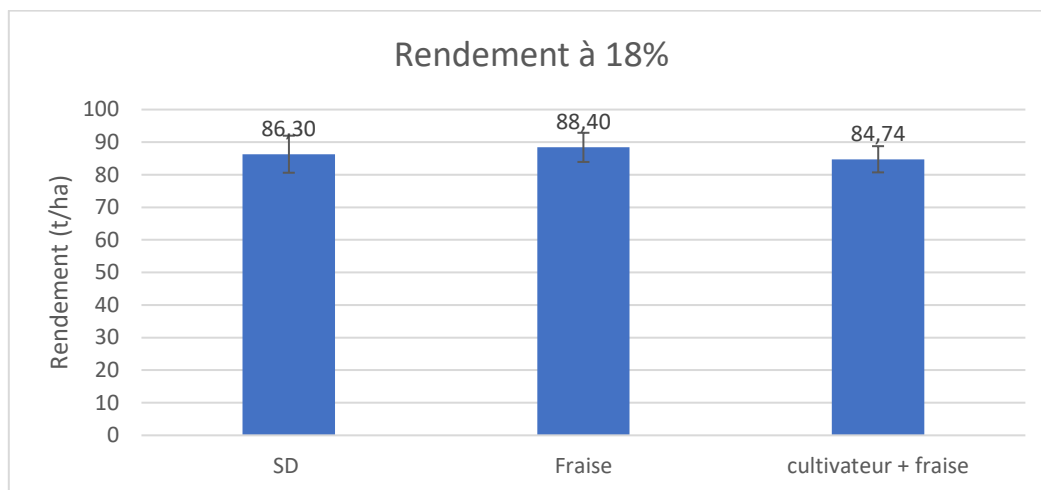


Figure 46. Rendement à 18% des betteraves en fonction des modalités de travail du sol le 19 octobre à Brugelette (Deschamps)

Les formes (malformations et fourchues ou au contraire pivot rectiligne) des racines de betteraves ont été comparées entre les modalités. La morphologie des betteraves de la modalité SD ne semblent pas différentes de celle du témoin (Figure 47). C'est un signe de bonne structure du sol.



Figure 47. Comparaison de 10 racines de betteraves prises au hasard dans chaque modalité de travail du sol à Brugelette (Deschamps)

4) Marge économique

Pour estimer les charges supplémentaires entre les modalités (Figure 48), les coûts des opérations de travail du sol avant le semis et semis proprement-dit ont été prises en compte :

- Cultivateur + fraise (témoin) : 137,29 €/ha (hors main d'œuvre)
- Fraise : 106,97 €/ha (hors main d'œuvre)
- SD : 59,25 €/ha (hors main d'œuvre)

Le témoin est la moins bonne des modalités, avec une perte de près de 150 €/ha comparativement à la modalité fraise. En revanche, entre la fraise et le semis direct, peu de différences existent. Les charges moins importantes de la modalité SD compenseraient la petite perte de rendement observé pour cette modalité. De plus, le temps de travail est diminué dans la modalité semis direct, ce qui se reflète dans la marge tenant compte de la main d'œuvre. C'est un atout non négligeable durant les périodes de travail intense des semis printaniers. En outre, s'agissant de petites bandes d'essai, les traitements phytosanitaires n'ont pas été optimisés, tandis que sur des parcelles de plus grandes surfaces en SD, une diminution des herbicides (42€/ha par passage) pourrait s'envisager, améliorant encore la marge pour cette technique.

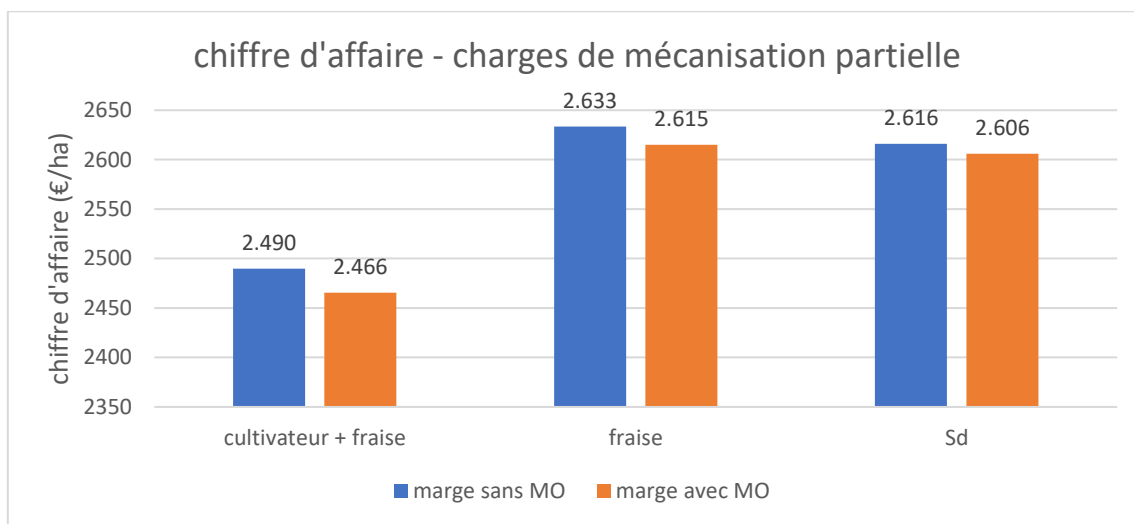


Figure 48. Chiffre d'affaires et déduction des charges de mécanisation du semis et du travail du sol, avec ou sans tenir compte de la main d'œuvre, selon les modalités de travail du sol pour l'implantation de la betterave à Brugelette (Deschamps)

Parcelle Hayois

1) Levée des betteraves

Une meilleure levée a été observée en TCS comparativement au semis direct, mais la densité de plantes par hectare en SD reste acceptable (Figure 49).

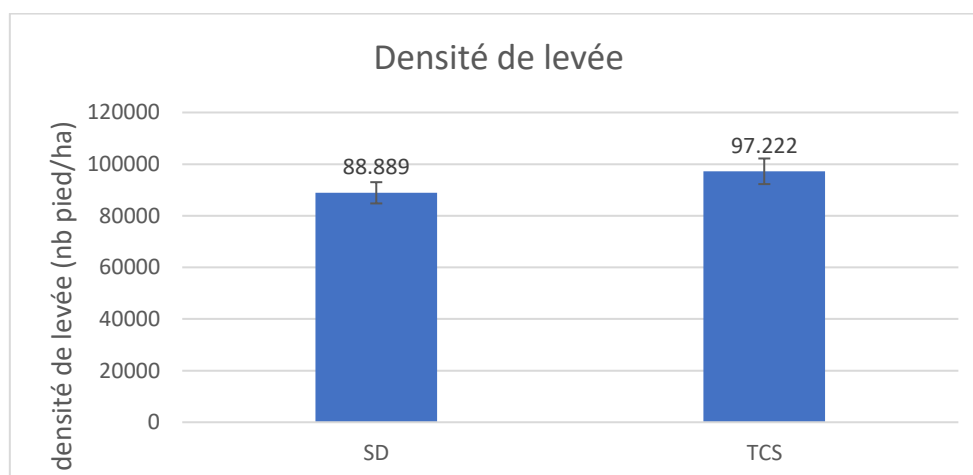


Figure 49. Densité de betteraves à l'hectare le 07/07/21 à Brugelette (Hayois)

2) Rendement des betteraves

Sur ce deuxième essai, le rendement semble moins bon en semis direct qu'en TCS (différence de 10T/ha, mais non significative, toutefois) (Figure 50). La moins bonne levée observée pour les betteraves SD peut avoir contribué à la différence de rendement final en semis direct. En outre, la structure du sol n'était probablement pas très favorable au semis direct : zone tassée observée.

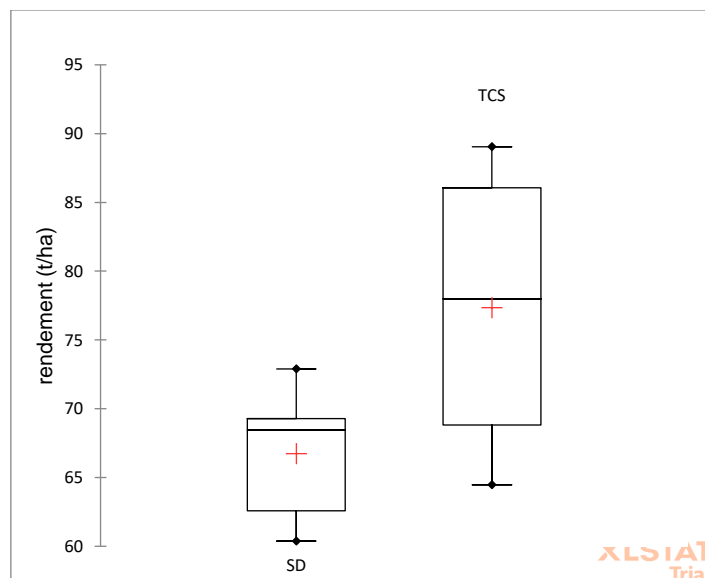


Figure 50. Rendement des betteraves en SD et TCS le 19 octobre 2021 à Brugelette (Hayois)

On observe des différences de calibres de betteraves et quelques malformations (pas de pivot bien droit) en semis direct (Figure 51), probablement à l'origine, avec la moins bonne levée, de la baisse des rendements pour cette modalité. Cela est signe d'une structure de sol moins propice à la betterave. Lors des tests bêches réalisés après semis, nous avons observé une zone plus compactée à une dizaine de centimètres de profondeur, ce qui correspond à la profondeur à laquelle ces malformations des racines apparaissent. La structure du sol est donc un de points majeurs de la réussite des betteraves en semis direct.



Figure 51. Comparaison des racines de betteraves en SD et TCS le 19/10/21 à Brugelette (Hayois)

L'arrachage des betteraves a eu lieu le 24 novembre, avec des conditions meilleures dans la partie semée en direct : meilleure portance et moins de tassement (Figure 52. Etat du sol après arrachage des betteraves SD à Brugelette (Hayois)). Le semis direct a même permis une augmentation de la vitesse d'avancement et donc une diminution du temps d'arrachage (non comptabilisé dans la marge). Le semis direct a permis une implantation en non-labour du froment qui a suivi les betteraves, dans les parcelles semées en TCS, un labour a dû être réalisé pour permettre une bonne implantation. La pratique du SD en betterave permettrait donc de conserver le cercle vertueux de la structure du sol à l'échelle d'une rotation.



Figure 52. Etat du sol après arrachage des betteraves SD à Brugelette (Hayois)

3) Marge économique

Le semis direct a permis une réduction d'un passage d'herbicide : seulement trois traitements FAR ont été appliqués, contre quatre sur les autres parcelles de l'agriculteur. Une meilleure optimisation est sûrement encore possible, selon l'agriculteur, ce qui pourrait être testés dans les prochaines années.

Les charges de mécanisation pour les différentes modalités d'implantation de la betterave ont été calculées en prenant en compte également les charges liées à l'implantation de la culture suivante (labour ou non) (Figure 53) :

- En TCS, en prenant en compte le passage de cultivateur, de fraise, de semoir, un passage d'herbicide supplémentaire et un labour après récolte : 255,87 €/ha (hors main d'œuvre).
- En SD, en prenant en compte le semis et le cultivateur après récolte : 89,57 €/ha (hors main d'œuvre).

Lorsque l'on regarde le chiffre d'affaires et les charges de mécanisation, on observe que la perte de rendement du SD n'est pas compensée par la diminution des charges de mécanisation sur la culture. Cependant, l'impact économique est tout même fort réduit. Une perte de 65€/ha est observée ici dans la modalité SD (main d'œuvre comprise). En d'autres termes, pour que le bilan soit à l'équilibre par rapport au TCS, il aurait fallu produire 2T en plus dans la modalité SD. Cette vision permet de relativiser la tendance de perte de rendement engendrée par le semis direct. Enfin, une meilleure structure de sol aurait sans doute amélioré la performance économique de la modalité SD.

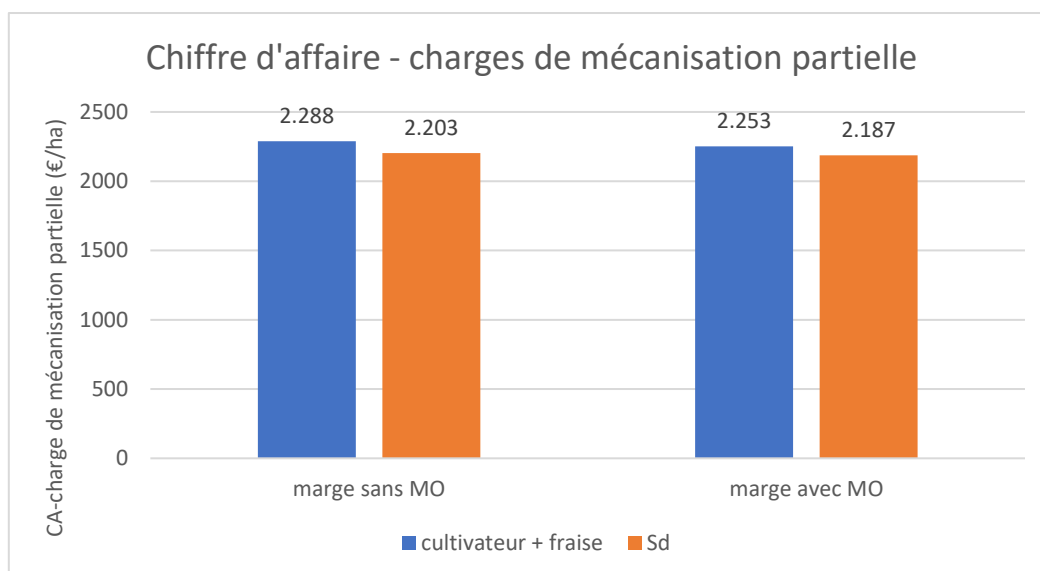


Figure 53. Chiffre d'affaires - charges de mécanisation selon le travail du sol pour le semis de la betterave et du froment qui suit, à Brugelette (Hayois)

Conclusions

Les résultats des essais de semis direct de betterave ont été très encourageants cette année, mais à remettre bien sûr dans le contexte favorable et humide de l'année 2021. Le semis direct aura donc permis :

- Une réduction des herbicides post levée qui peut encore être améliorée ;
- Une réduction des charges de mécanisation pour la betterave et pour la culture suivante qui permet de compenser une diminution de rendement de 10 tonnes/ha ;
- Une amélioration de la portance du sol ;
- Un arrachage facilité.

Mais les essais nous montrent ou remontent aussi les points d'attention et d'amélioration de la technique, à savoir :

- Une bonne structure pour ne pas pénaliser le rendement ;
- Un sol couvert le plus longtemps possible ;
- Un semoir adapté.

Il est nécessaire d'avoir une vision systémique des pratiques. Le semis direct dans un essai sur les deux a engendré une baisse du rendement de la betterave : le bilan est donc en défaveur du semis direct. Or, lorsque l'on inclut l'implantation de la culture suivante dans l'analyse, le semis direct de la betterave a permis de semer la céréale suivante sans labour, améliorant le bilan et renforçant les externalités positives (diminution de l'érosion, augmentation de la qualité de l'eau...). Si la marge de l'agriculteur n'est donc finalement pas forcément diminuée en implantant la betterave en semis direct, cela reste une technique risquée qui demande de réunir de nombreux facteurs pour être réussie.

Pour la suite, il serait intéressant d'optimiser les couverts en vue du semis direct de la betterave. Sur la parcelle Deschamps, un couvert relais d'orge de printemps avait été semé sur une partie de la parcelle et une telle pratique mériterait d'être évaluée dans un prochain essai. Sur la parcelle Hayois, il s'agissait d'un couvert qui n'avait pas été pensé pour le semis direct et devra donc être revu pour la suite des essais chez cet agriculteur.

1.4.3. Semis direct de maïs

Objectifs

Le maïs est une culture très présente en Belgique. Malgré ses nombreuses qualités, cette culture présente quelques problèmes :

- Perte de vie biologique ;
- Perte de nitrate ;
- L'érosion due à la faible couverture du sol ;
- Les adventices ;
- Le tassement...

Par ailleurs, les conditions climatiques sont capitales pour la réussite de la culture. Depuis plusieurs années, on observe en effet une tendance vers des épisodes pluvieux plus intenses et moins bien répartis au cours de l'année.

La simplification extrême du travail du sol grâce notamment au semoir Zip Drill est une technique qui offre de nombreux avantages sur le plan environnemental. Des effets limitant l'érosion des terres et sur la diminution des APL sont des effets recherchés pour limiter la pollution des nappes et des cours d'eau. Pour que ces techniques se développent dans le monde agricole, il est indispensable de les rendre performantes au niveau économique.

Ainsi, dans l'objectif d'apporter des éléments de réponse sur la faisabilité de ces pratiques dans les conditions pédoclimatiques de Wallonie, l'ASBL Agra-Ost et Greenotec ont lancé pour l'année 2021 des essais sur des techniques innovantes en maïs.

L'objectif de l'essai mené en 2021 est de développer des itinéraires techniques performants en culture de maïs, tant au niveau environnemental qu'économique. La présente recherche vise ainsi à étudier la faisabilité de la mise en place de cultures de maïs en semis direct dans une prairie en respectant les principes de l'agriculture de conservation.

Dispositif expérimental et protocole

Depuis 4 ans maintenant nous avons la possibilité de faire des essais avec un semoir de semis direct à maïs appelé Zip Drill. Ce semoir permet de semer en 1 passage le maïs dans une prairie en place en prenant bien soin de ne pas remuer le sol. Par contre, on est obligé de réaliser un glyphosate juste avant ou juste après le semis. Il est en effet très important de bien gérer la prairie sinon la concurrence est trop forte sur les maïs, comme on peut le voir sur les photos suivantes (Figure 54 et Figure 55).



Figure 54. Semis de maïs en direct dans une prairie n'ayant pas été bien détruite par du glyphosate (essai abandonné)



Figure 55. Semis direct de maïs ayant eu une destruction de la prairie au glyphosate (Lommersweiller)

Un essai a été retenu sur les trois initialement prévus. Un des essais fut abandonné dû à un problème de la pulvérisation (Figure 54). Dans le 2^{ème}, la modalité SD a été détruite par les sangliers sûrement dû à un plus grand nombre de vers de terre. Seule la parcelle située à Lommersweiller a pu être suivie jusqu'au bout de l'expérience, avec les modalités :

- SD : Semis direct zip drill sans engrais starter ;
- SD DAP : Semis direct zip drill avec 100L de DAP comme engrais starter ;
- SD DAP TR : Semis direct zip drill avec 100L de DAP comme engrais starter et 50 kg de Terracalco (chaux vive censée booster la minéralisation, testée avec Carmeuse) ;
- SD TR : Semis direct zip drill avec 50kg de Terracalco comme engrais starter ;
- ST : Strip-till comme témoin agriculteur sans engrais starter.

Pour chaque modalité, le nombre de pieds et le rendement humide et sec du maïs ont été mesurés à la récolte le 7 octobre 2021 sur une longueur de 3m en 4 répétitions par modalité.

Résultats et interprétation

Il manque un nombre de pieds de maïs assez conséquent dans toutes les modalités (Figure 56). Le semis s'est effectué à une densité de semis de 100 000 pieds par hectare et la levée varie de 54,5% en semis direct sans engrais starter à 75% en semis direct avec DAP. Le strip-till présente la 2^{ème} meilleure levée.

En termes de rendements, on observe que le semis direct sans aucun starter est bon dernier. L'interprétation de l'effet des engrais starter sur le rendement est plus délicate, avec une logique difficile à cerner : le SD avec du Terracalco seul aurait un effet positif sur le rendement, tandis que le SD DAP avec Terracalco semble justement avoir un effet négatif sur le rendement par rapport au SD DAP seul. Les résultats sont donc à prendre avec des pincettes, probablement du fait du faible nombre d'échantillons prélevés pour la mesure du rendement (3m).

On remarque quand même qu'il serait possible de faire du maïs en semis direct dans une prairie, à condition de mettre un engrais starter, avec des rendements assez satisfaisants comparés au témoin strip-till.

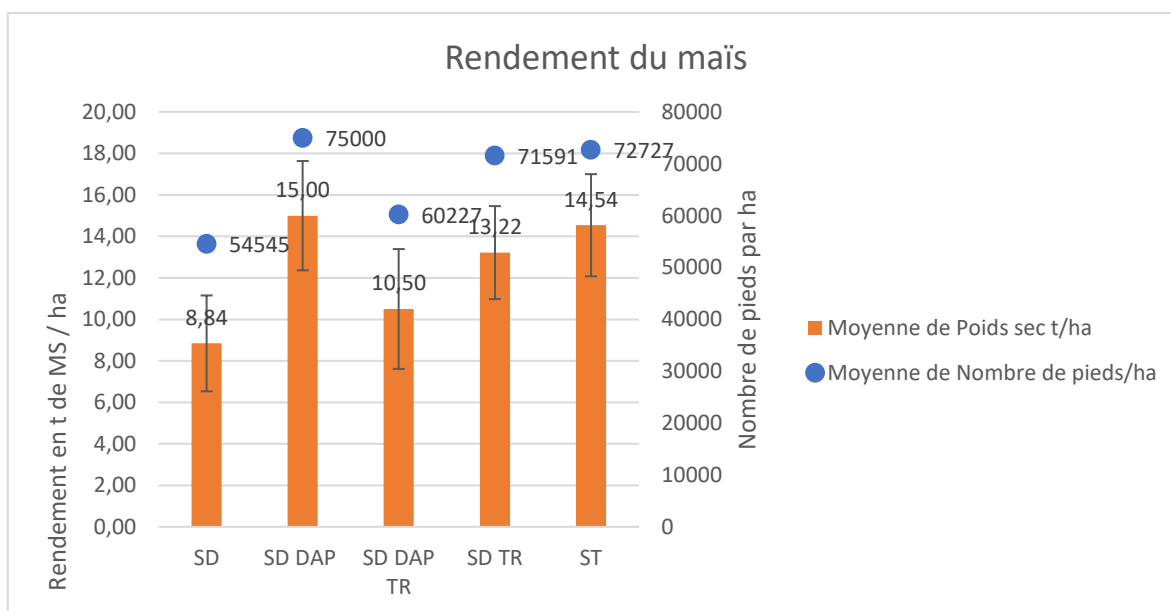


Figure 56. Rendement et nombre de pieds de maïs par hectare selon les modalités de semis et de fertilisation

Conclusions

Le gros problème du semis direct pouvant expliquer une baisse de rendement est le fait que la levée du maïs a été moins bonne en SD sans engrais starter. Le manque de minéralisation et de réchauffement de la terre dû au manque de travail du sol doit être pallié par un engrais booster (starter).

Le semis direct du maïs à l'aide du Zip-Drill et avec engrais starter n'offre pas un énorme gain de rendement. Cependant le faible coût de la mise en place et l'inter-rang non travaillé a sans aucun doute permis d'améliorer la marge économique de la parcelle et de limiter l'érosion du sol pendant le développement du maïs, et donc la quantité de produits phytopharmaceutiques lessivés vers les cours d'eau.

1.4.4. Semis direct de haricots

Objectifs

Une bande de semis direct de haricot a été testée pour évaluer l'impact de la réduction du travail du sol sur la levée, les dates de maturité à la récolte, le rendement final et la compaction du sol.

Dispositif expérimental et protocole

Localisation

L'essai a eu lieu dans une terre sablo-limoneuse à Brugelette (province du Hainaut). Le 09/06/2021, l'agriculteur a gardé une bande (largeur de semoir) non travaillée pour tester la technique du semis direct (Vaderstadt Tempo) de haricot, le reste étant mené en TCS (cultivateur Horsch Terrano + semoir Vaderstadt Tempo) (Figure 57).

Il est à noter que la structure de départ n'était pas la plus propice au semis direct. C'est la raison pour laquelle uniquement une largeur de semoir a été semée en direct.

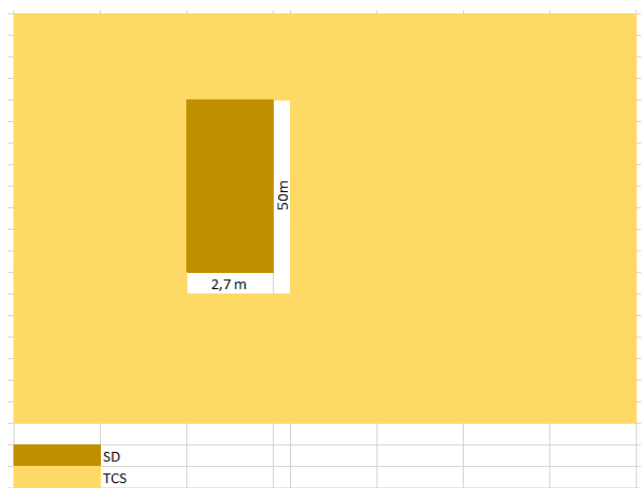


Figure 57. Plan de l'essai haricot en semis direct à Brugelette

Levée

La densité de levée a été relevé le 07 juillet en comptant le nombre de haricots sur 5m en 4 répétitions par modalité.

Compaction

La compaction a été mesurée en 4 répétitions par modalité le lendemain de la récolte, le 19 août, à l'aide d'une tige pénétrométrique manuelle. À chaque différence de résistance à la pénétration ressentie en enfonçant la tige dans le sol, une note de 0 à 5 a été donnée (0 étant une faible résistance soit un faible tassement et 5 une très grande résistance soit un tassement fort) en fonction de la profondeur.

Résultats et interprétation

Levée

Les mesures de densité de levée ont montré une moins bonne levée en semis direct, comparativement au semis en TCS (Figure 58). Cela pourrait impacter le rendement, le haricot étant assez exigeant en termes de conditions de semis.

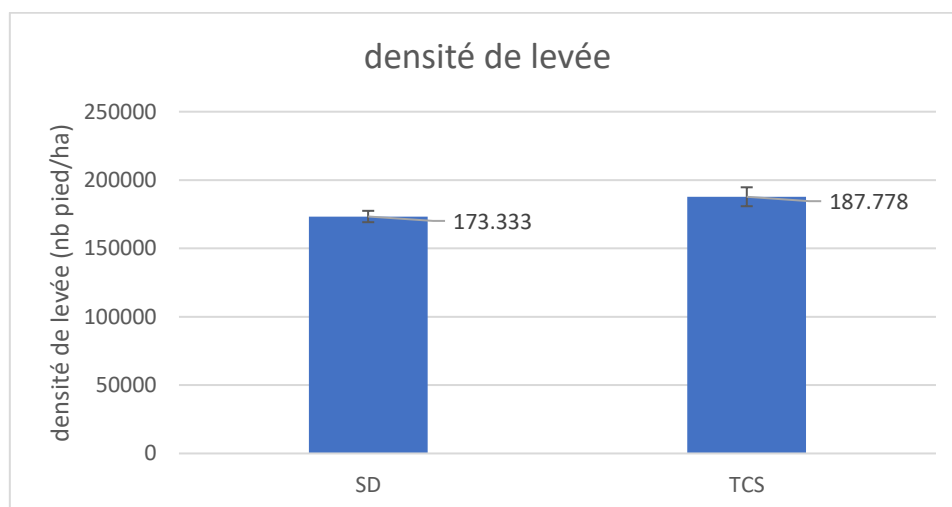


Figure 58. Densité de levée des haricots en fonction des modalités de travail du sol le 07/07/21 à Brugelette

Compaction

Pour mesurer les améliorations de portance et de structure du sol permises par le semis direct, nous avons obtenu des courbes pénétrométriques après récolte des haricots selon la modalité de semis (Figure 59).

En semis direct :

- Compaction assez marquée en surface jusqu'à 5cm de profondeur, créé par le passage de l'effeuilleuse ;
- Structure favorable avec un niveau de tassement acceptable de 5cm à 10cm de profondeur ;
- Tassement historique (récolte de betterave ou de pomme de terre ancienne) assez marqué et défavorable au développement des haricots de 10 à 20cm de profondeur (Figure 60);
- Compaction historique qui diminue avec la profondeur.

En TCS :

- Compaction assez marquée en surface jusqu'à 10 cm de profondeur causée par le passage de l'effeuilleuse ;
- Une structure favorable avec un niveau de tassement acceptable de 10 à 15 cm de profondeur, correspondant à la profondeur de travail du sol pour semer les haricots ;
- Un tassement historique (récolte de betterave ou de pomme de terre ancienne) assez marqué de 15 à 20 cm de profondeur ;
- Une compaction historique qui diminue avec la profondeur.

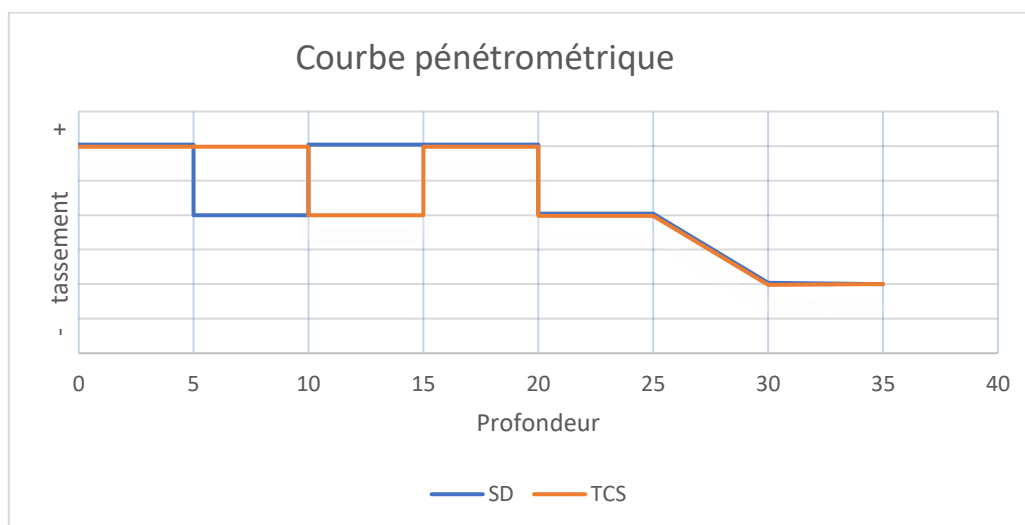


Figure 59. Courbe pénétrométrique après récolte des haricots le 19/08/21

En somme, la profondeur de compaction causée par la récolte des haricots a été plus faible en semis direct (5cm, contre 10cm en TCS). Les conséquences sur la culture suivante seraient donc diminuées. La modalité SD nécessiterait donc un travail du sol plus superficiel pour semer le couvert suivant que la modalité TCS, représentant donc une réduction du coût d'implantation et un plus faible impact sur le sol (Figure 62).

La compaction à 10 cm a probablement négativement impacté la réussite du semis direct (Figure 61), tandis qu'elle avait été reprise partiellement en TCS.



Figure 60. Structure du sol avec un test bêche après récolte du haricot en fonction de la modalité de semis (SD en haut et TCS en bas)



Figure 61. Exemple de motte de terre compacte dans la modalité SD. Les racines peinent à traverser le sol



Figure 62. Photo de la parcelle après arrachage des haricots le 19 août 2021 à Brugelette

Conclusions

Le rendement n'a pas pu être mesuré comme prévu. En effet, le calendrier de récolte a été avancé en dernière minute par l'usine, notamment grâce à la meilleure portance de la parcelle en TCS par rapport aux systèmes labour. Il est donc difficile de tirer des conclusions sur l'essai. Il serait néanmoins fort probable que la moins bonne levée combinée à la compaction historique à 10 cm de profondeur ait pénalisé le rendement en semis direct. En effet, des observations visuelles faites par l'agriculteur à la récolte semblent être en défaveur du semis direct. Un essai plus complet sera donc réalisé l'année prochaine.

L'impact sur le sol est dans tous les cas améliorés par le semis direct, la profondeur de compaction après récolte étant diminuée. La compaction du sol causée par la récolte des haricots (surtout en année humide comme celle-ci) est un problème déjà identifié qui pourrait donc être diminué par le semis direct de la culture.

Enseignements 2021 et perspectives 2022

Préservation de la structure et de la vie du sol

Cette thématique a fait l'objet de la majeure partie de nos essais 2021. En effet, réduire le travail du sol pour en préserver les fonctions biologiques, physiques et chimiques nécessite de revoir l'ensemble des pratiques au cours de la rotation : successions culturales, composition des couverts, fertilisation, gestion des bioagresseurs...

Dans ce chapitre, à travers une étude plurifactorielle dans un réseau de parcelles et une enquête auprès des agriculteurs, nous avons pu objectiver les pratiques favorables à une bonne structure du sol, en vue de réduire l'impact des phénomènes d'érosion printaniers. La conclusion est générale : le travail du sol appelle le travail du sol, la couverture du sol et l'apport de matière organique sont cruciaux pour en préserver la structure.

Forts de ces arguments, nous avons cherché à optimiser la pratique du semis direct et de l'association culturale pour plusieurs cultures sensibles à l'érosion (maïs, betterave et chicorée, notamment). Nos résultats fournissent donc des données pour démontrer l'intérêt environnemental et économique de telles pratiques.

Ces données devront néanmoins être validées par des essais futurs, dans des conditions climatiques et pédologiques différentes. Si les pratiques de l'ACS commencent à être bien éprouvées pour les cultures d'hiver, les cultures industrielles, méritent encore toute notre attention pour réduire leur impact environnemental, tout en garantissant des retombées économiques positives pour l'agriculteur.

2. Diminution des intrants chimiques

Contexte

La diminution des intrants (produits phytosanitaires, engrais, carburants...) est souvent considérée comme un 4^e pilier de l'ACS. Il existe de nombreuses pratiques agroécologiques permettant de réduire ces intrants. Au cours d'essais menés par Greenotec, ces pratiques sont donc évaluées en termes de faisabilité, d'efficacité par rapport aux objectifs suivis, toujours avec les impératifs de rentabilité de l'exploitation.

Ce chapitre se focalise sur :

- L'association culturale, avec pour objectif de réduire la dépendance aux insecticides ;
- L'optimisation de la fertilisation minérale dans les pratiques de réduction du travail du sol ;
- L'emploi de substances alternatives aux produits phytosanitaires.

2.1. Plantes compagnes

Hypothèses

Les plantes compagnes sont des plantes cultivées en association avec une culture de rente et généralement non récoltées. Les intérêts de les associer à la culture principale sont multiples :

- La lutte contre les adventices ;
- Le stockage de l'azote atmosphérique (effet engrais vert des légumineuses) ;
- La Lutte contre l'érosion ;
- La gestion des ravageurs (perturbation des ravageurs et attraction des auxiliaires).

Elles fournissent également des avantages connexes moins quantifiables, tels que l'amélioration de la structure du sol, le relais pour les mycorhizes, la production de pollen et de nectar, etc.

Ces services induisent en général une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, une réduction de la fertilisation minérale et potentiellement un gain de rendement, pouvant s'accompagner d'une amélioration de la marge économique.

Plus particulièrement dans le cadre de ce chapitre, lorsque la culture principale est mélangée à d'autres espèces, elle se rend moins attractive vis-à-vis des insectes ravageurs. Les odeurs de la culture-cible sont mêlées à celles des plantes compagnes et celles-ci peuvent constituer des freins physiques à la dissémination des ravageurs et maladies. Enfin, des plantes compagnes adéquatement choisies peuvent attirer les auxiliaires des cultures comme les ennemis naturels des ravageurs, précocement et durablement au cours de la saison.

2.1.1. Colza associé à un couvert gélif : FD

Objectifs

Depuis maintenant 10 ans, l'ASBL Greenotec teste la technique de culture du colza et couverts associés. On appelle « colza associé » l'implantation d'une ou plusieurs espèces végétales (en général de la famille des légumineuses) en association à une culture de colza d'hiver.

Les grands bénéfices recherchés de l'association de légumineuses gélives ou non (trèfle blanc) avec le colza sont multiples :

- La diminution des attaques d'insectes à l'automne (effet important de la féverole) ;
- Le contrôle des adventices ;
- Le piégeage de l'azote par la légumineuse ;
- L'efficacité accrue de la nutrition du colza, grâce à un meilleur enracinement ;
- L'amélioration de la structure du sol ;
- La lutte contre l'érosion ;
- Le stockage de carbone
- La favorisation de la biodiversité...
- Avec pour conséquence la stabilisation et augmentation des rendements.

L'objectif des essais est de donner la possibilité aux agriculteurs de mettre en place une culture innovante chez eux et de se l'approprier (dans leur propre exploitation avec leurs matériels) avec un conseil adapté pour maîtriser les aléas : coût supplémentaire des semences, opérations supplémentaires au semis, adaptation de l'itinéraire technique...

Dispositif expérimental et protocole

En 2020-2021, 4 parcelles d'essais ont été implantées et réparties dans différentes zones agricoles (Saint-Gérard, Mettet et Nivelles). Les descriptifs des différents des essais sont représentés dans le Tableau 4.

Tableau 4. Détails des différentes modalités de colza associé mises en place en 2020-2021 : localisation, densité de semis, espèces associées

Région agricole	Localisation et type de sol	Densité de semis du colza (kg/ha)	Modalité d'espèces associées (densité de semis en kg/ha)
Condroz	Saint-Gérard : Sol limoneux et complexe de sol limoneux et limono – caillouteux	3 kg de Memory CS + 1 dose de ES Alicia (100 000 graines/ha)	<ul style="list-style-type: none"> • Associé gélif Trèfle blanc et Lotier (TB et L) : Gesse (4) / lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65) / trèfle blanc (3) / lotier (6) • Associé gélif Trèfle blanc (TB) : Gesse (4) / lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65) / trèfle blanc (4)
Condroz	Mettet : Sol limoneux, sol limono – caillouteux et complexes de sol limoneux et limono – caillouteux	3 kg de Memory CS + 1 dose de ES Alicia	<ul style="list-style-type: none"> • Associé gélif Trèfle blanc : Gesse (4) / lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65) / trèfle blanc (4)
Condroz	Mettet 1 : Sol limoneux, sol limono – caillouteux et complexes de sol limoneux et limono – caillouteux	2,6 kg d'Harome + 1 dose de ES Alicia	<ul style="list-style-type: none"> • Associé gélif TB : Lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65) / trèfle blanc (4) • Associé gélif Trèfle blanc et Lotier : Gesse (4) / lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65) / trèfle blanc (4) / lotier (8)
Limoneuse	Nivelles : Sol limoneux	½ dose d'Architect et ½ dose de Dk Expectation + 1 dose de ES Alicia	<ul style="list-style-type: none"> • Associé gélif : Couvert 100 % gélif : lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65) • Associé Hiver 70 : Couvert avec 70 kg de féverole d'hiver / Lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65) • Associé Hiver 140 : Couvert avec 140 kg de féverole d'hiver / lentille (10) / trèfle d'Alexandrie (6) / féverole de printemps (65)

Les essais mis en place sont agencés dans des parcelles homogènes, en bandes de 100 à 200m de long pour les différentes modalités. La largeur, de minimum 12m pour éviter les effets de bord, est variable suivant le semoir utilisé et le pulvérisateur.

Remarques :

- Les parcelles de Saint Gérard et de Mettet appartiennent au même agriculteur.
- À la suite de problèmes avec le bailleur de la parcelle de Mettet 1, l'agriculteur ne l'a plus entretenue après le semis du colza (aucun désherbage n'a été effectué, pas d'apport d'engrais...). La décision a été prise fin mai 2021 d'arrêter le suivi de l'essai. Les relevés réalisés avant cette date seront quand même conservés dans un but informatif : biomasse du colza et des plantes compagnes en entrée et sortie d'hiver, mesure des attaques d'altises et comptage des méligèthes.
- À Saint-Gérard et Mettet, une pluie est tombée le 18 août, interrompant le semis qui a repris le 19 août. Nous avons observé que cette pluie a favorisé la levée du couvert et du colza de la partie semée le 18/08 par rapport à celle semée le 19/08, dans laquelle le travail du sol a asséché la terre, et ce avant une période de climat sec.

Mesures réalisées :

L'ensemble des mesures récoltées au cours de la saison du colza sont reprises dans le schéma ci-dessous (Figure 63). Elles couvrent les thématiques suivantes : gestion des adventives (biomasse des adventives), concurrence des plantes compagnes par rapport au colza (biomasses et rendements), restitution azotée par les légumineuses (biomasses et rendements), lutte contre les ravageurs (observations et comptages) et marge économique (enquête et rendements).

Les attaques d'altises ont été évaluées par des comptages de piqûres du colza et des tests berlèses. Celles de méligèthes ont été mesurées par comptage des adultes sur les plantes de colza. Les rendements sont estimés en pesant la récolte issue d'un passage de la moissonneuse sur une bande de plus de 100m de long et sur la largeur de la barre de coupe.

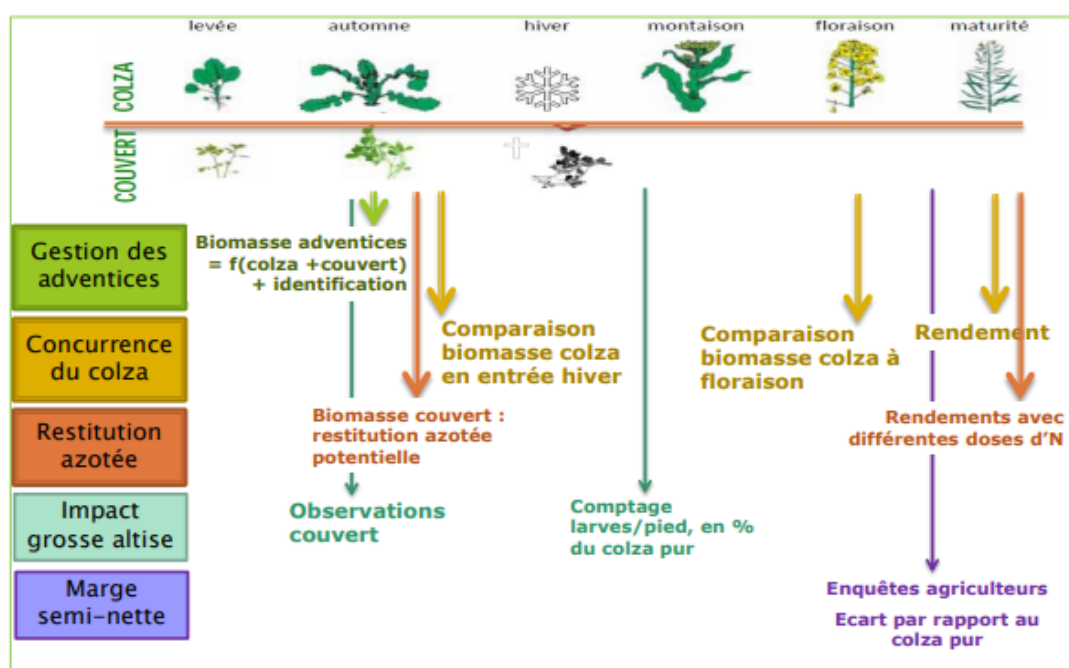


Figure 63. Schéma-type montrant le type d'interventions sur les parcelles d'essais en fonction de la croissance du colza

Résultats et interprétation

Pour les 3 parcelles, on observe une diminution de la biomasse des plantes compagnes du colza entre l'entrée d'hiver et la sortie d'hiver (Figure 64, Figure 65, Figure 66, Figure 67, Figure 68 et Figure 69). Ce qui démontre bien que toutes les légumineuses gélives ont bien gelé.



Figure 64. Colza associé en entrée d'hiver (24/11/20) à Saint-Gérard



Figure 65. Colza associé en sortie d'hiver (25/02/21) à Saint-Gérard



Figure 66. Colza associé en entrée d'hiver (24/11/20) à Mettet



Figure 67. Colza associé en sortie d'hiver (25/02/21) à Mettet



Figure 68. Colza associé en entrée d'hiver (24/11/20) à Nivelles



Figure 69. Colza associé en sortie d'hiver (25/02/21) à Nivelles

Lutte contre les ravageurs

On remarque une plus forte attaque du colza (piqûres) semé le 19 août à Saint-Gérard, par rapport au reste de la parcelle semé le 18/08 et à la parcelle de Mettet semée le 17/08 (Figure 70). Cela serait dû aux conditions pluvieuses du 18 août qui auraient favorisé les colzas et les couverts dans les parcelles déjà semées, rendant la culture plus résistante aux attaques d'altises par rapport à un colza lent au démarrage.

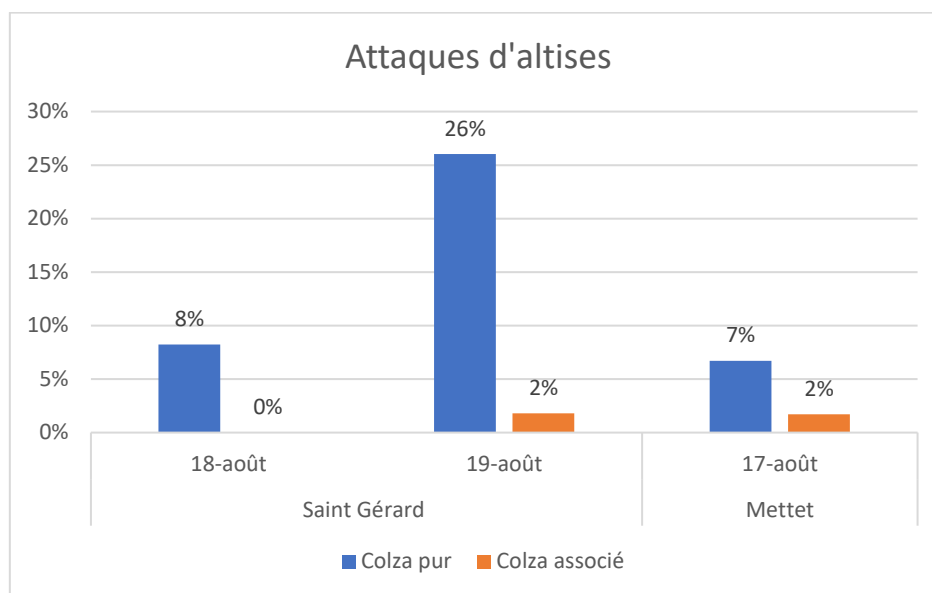


Figure 70. Pourcentage de colzas touchés par les altises en fonction de la date de semis

Suite aux tests berlèse, dans 2 parcelles sur 4, il y a une tendance à retrouver plus de larves d'altises dans le témoin que dans le colza associé, en l'absence d'insecticides (Figure 71). Dans les 2 autres, il ne semble pas il y a avoir de différence. Les légumineuses associées sembleraient contribuer à la réduction de l'attaque des altises sur le colza, toutefois sans la supprimer complètement et sans être une règle générale pour toutes les parcelles associées.

Au cours des années d'observation, nous avons remarqué que l'impact de l'effet du couvert associé à une grande importance sur les ravageurs lors de fortes pressions. Cette année, c'est le cas à Nivelles, où l'on observe une diminution de près de 40 % du nombre de larves par pied sur le colza associé par rapport au témoin. A l'échelle du paysage, une telle diminution peut avoir un réel impact sur les populations globales d'altises. Dans les autres cas, lorsque l'on a une faible pression, l'effet de l'association est peu ou pas marqué.

Nous ne remarquons pas de lien entre l'attaque des altises et le poids frais des pieds du colza : de gros pieds n'entraînent pas nécessairement davantage de larves (Mettet 1) et inversement, de petits pieds peuvent abriter une forte population (le témoin à Nivelles).

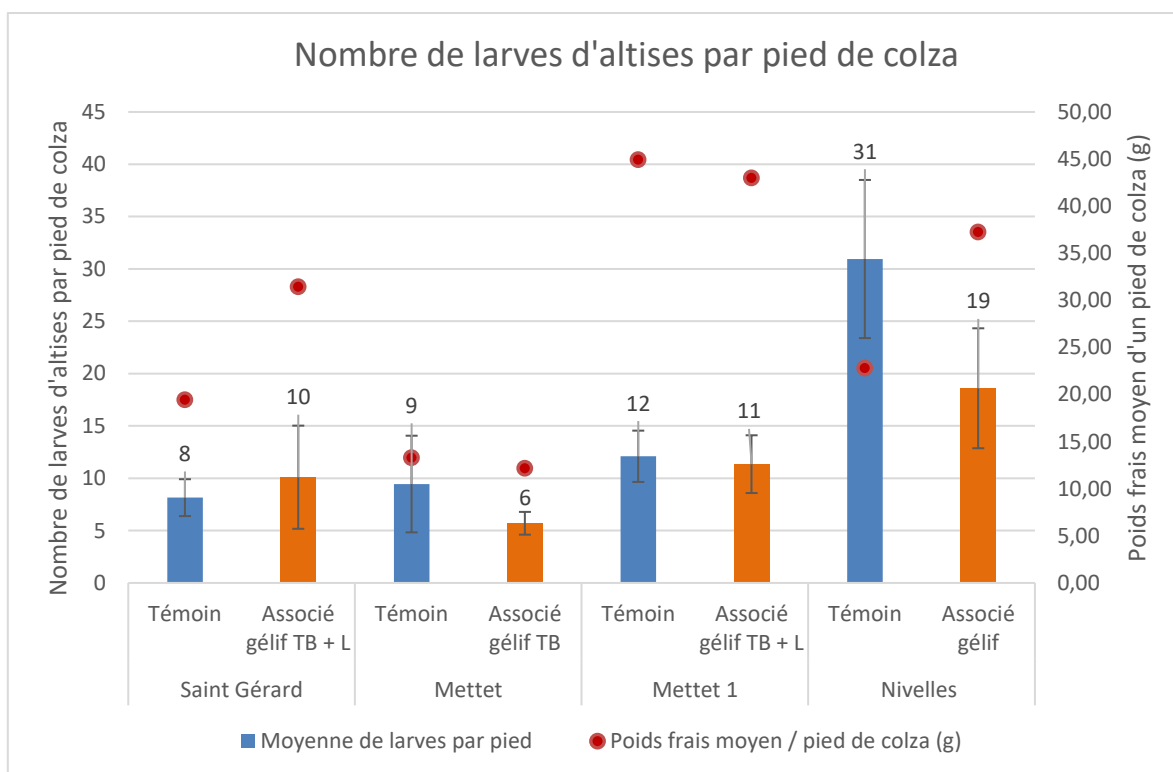


Figure 71. Nombre de larves d'altises en sortie d'hiver contenue dans les tiges de colza, selon différentes modalités d'association, en fonction de la biomasse fraîche

L'association avec des plantes compagnes dans la culture du colza n'a pas d'impact bénéfique sur les ravageurs de printemps, comme les méligèthes, car ces légumineuses ne sont plus présentes ou sont dissimulées sous les plantes de colza. C'est donc la variété très précoce ES Alicia qui, grâce à sa floraison précoce, attire un grand nombre de méligèthes sur ses fleurs (Figure 72), permettant de limiter l'impact du ravageur sur les boutons floraux de la variété principale (du moins lorsque la pression n'est pas trop élevée).

Pour la parcelle de Nivelles, le recours à un insecticide contre le ravageur de printemps a été testé sur une partie de l'essai car le seuil de nuisibilité était atteint. Après analyse, nous observons que l'insecticide n'a eu qu'un très faible impact (non significatif) sur le nombre de méligèthes.

Il serait intéressant d'associer plusieurs variétés (en plus d'Alicia ES) avec des maturités similaires mais avec des précocités de floraison différentes, pour échelonner cette floraison dans le temps, et en évaluer l'effet sur les attaques de méligèthes sur la variété d'intérêt.

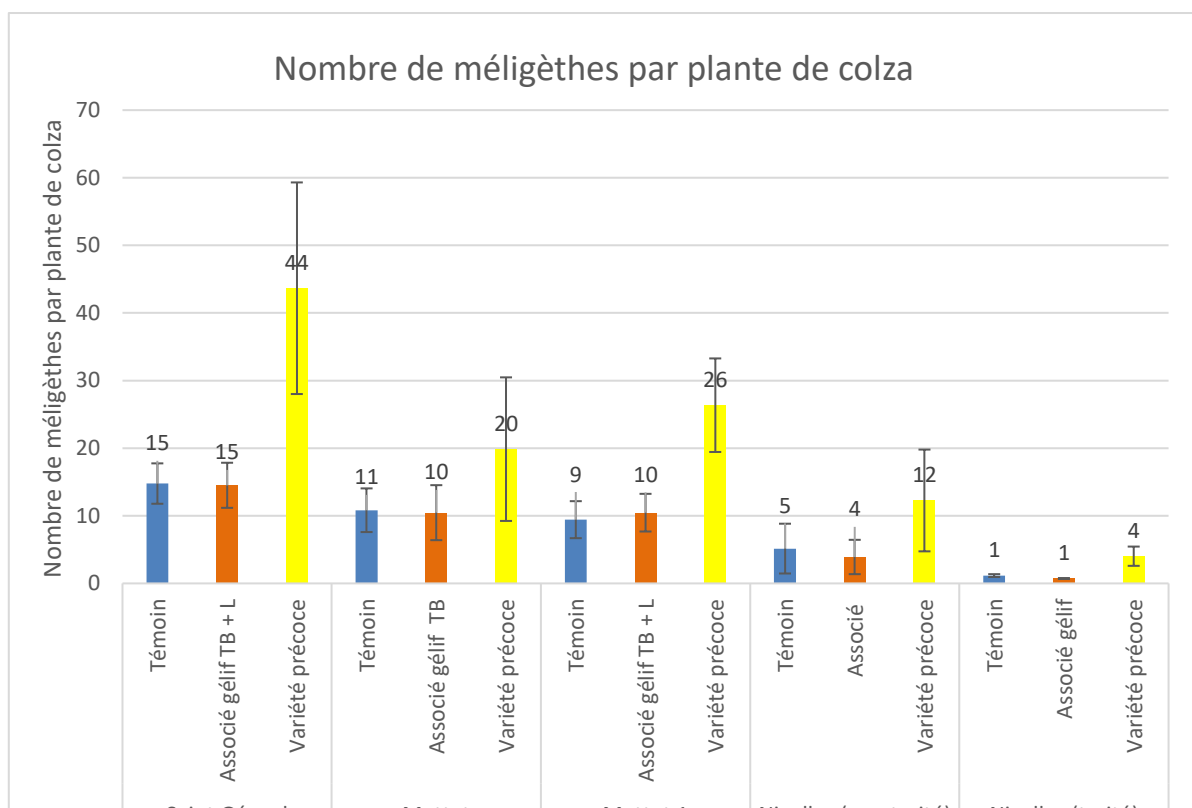


Figure 72. Nombre de méligèthes par plante de colza lors du début de la floraison

Concurrence des légumineuses sur le colza

Les variations de biomasse du colza et des légumineuses entre les différentes parcelles d'essai peuvent s'expliquer par la date et le mode de semis, mais aussi par le type de sol.

Le développement du colza a été légèrement concurrencé par les légumineuses dans la parcelle de Saint-Gérard, contrairement aux autres parcelles, dans lesquelles la tendance est inverse (Figure 73).

La biomasse totale (colza + légumineuses éventuelles) est toujours supérieure pour les modalités associées. Cela peut jouer notamment un grand rôle dans la concurrence vis-à-vis des adventices. Selon Terres Inovia⁴, il est préconisé d'obtenir 1,5kg/m² de biomasse fraîche en entrée d'hiver (soit environ 2400 kg de MS/ha) pour une couverture optimale, ce qui a été obtenu dans les parcelles de Mettet et de Nivelles, grâce aux légumineuses.

⁴ <https://www.terresinovia.fr/-/benefices-et-conduite-du-colza-associe-a-des-legumineuses>

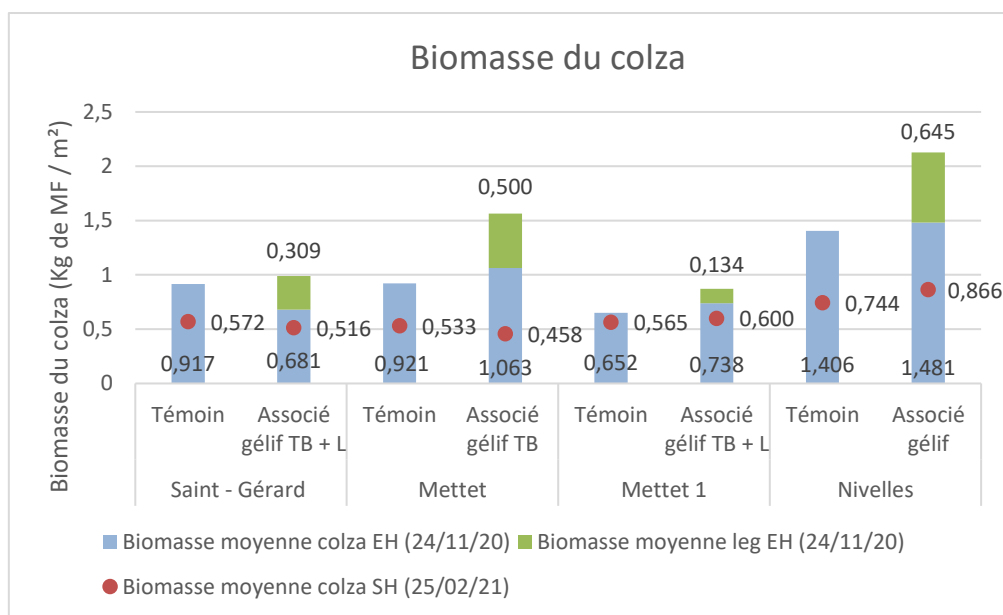


Figure 73. Comparaison de la biomasse du colza (et des légumineuses) en entrée et sortie d'hiver, avec ou sans légumineuses associées

Rendement du colza

Pour comparer les rendements des différentes parcelles, les résultats ont été uniformisés et ramenés à 9% d'humidité. Malgré une présence importante de méligèthes dans les parcelles de Saint-Gérard et de Mettet, on obtient un rendement tout de même satisfaisant, dû probablement au fait que le colza a compensé en formant de nouvelles siliques sur les boutons secondaires suite à ces attaques.

Les rendements des colzas associés sont comparés avec leur témoin colza pur, pour chaque parcelle (Tableau 5 et Figure 74). Tous les essais, sauf celui de Mettet (-3%) donnent un rendement supérieur au témoin (de 5 à 12%), ce qui confirme nos observations des années précédentes.

Pour la parcelle de Mettet, cette perte est difficile à justifier par les différents relevés effectués au cours de la saison culturale (attaques d'insectes, biomasses...). Outre cette perte de rendement, le trèfle blanc était bien développé et a couvert correctement le sol après la récolte, ce qui pourra apporter un gain de rendement sur le froment qui suivra.

Pour la parcelle de Saint-Gérard, l'association gélive trèfle blanc et lotier donne le meilleur résultat avec 12 % de rendement en plus. Ce serait grâce à la destruction complète par le gel des légumineuses gélives, ce qui a permis une bonne restitution d'azote lors de leur minéralisation. Ces 2 légumineuses (trèfle blanc et lotier), qui n'ont pas concurrencé le colza dans son développement au printemps grâce à une météo assez humide, ont également contribué à un apport d'azote supplémentaire au printemps, ce qui a été bénéfique pour le développement des siliques et, par la suite, des graines. Un bon développement des couverts (trèfle blanc seul et trèfle blanc + lotier) a été remarqué lors de la récolte dans les 2 modalités présentes sur le site.

Pour la parcelle de Nivelles, on observe un rendement très satisfaisant pour toutes les modalités testées. On constate un gain variant de 8 à 10% pour les colzas associés par rapport au témoin. Le rendement des modalités incluant des féveroles d'hiver est légèrement plus faible, probablement dû à la concurrence de celles-ci sur le colza. Pour le rendement des féveroles d'hiver, on remarque une faible différence entre les 2 modalités (Hiver 70 : 137 kg/ha et Hiver 140 : 158 kg/ha). Une densité double de semences n'a donc apporté qu'une augmentation de 15 % de féveroles récoltées. Avec un

fort développement avant l'hiver, les féveroles d'hiver ont été en effet assez sensibles au gel et beaucoup ont été détruites. De plus, la maturité des féveroles n'était pas atteinte lors de la récolte probablement à cause de la météo humide du mois de juillet. Enfin, le rendement obtenu en féveroles dans les 2 situations est négligeable car il ne compense pas le coût des graines et le triage pour les séparer après la récolte. Pour rappel, les autres essais étaient semés avec des féveroles de printemps qui sont gélives.

Tableau 5. Gain ou perte de rendement du colza associé par rapport au témoin colza seul

Localité	Modalité	Rendement du colza (et de la féverole) (kg/ha)	Gain (vert) ou perte (rouge) de rendement du colza associé par rapport à son témoin (kg/ha)	Gain ou perte de rendement du colza associé par rapport au témoin (% du témoin)
Saint Gérard	Témoin	3439,73		
	Associé gélif TB et Lotier	3827,24	387,51	12,30%
	Associé gélif TB	3676,37	236,64	5,40%
Mettet	Témoin	3732,02		
	Associé gélif TB	3632,23	-99,79	-2,70%
Nivelles (pour les féveroles en kg/ha)	Témoin	4712,57		
	Associé gélif	5202,69	490,12	10,40%
	Hiver 70	5100,24 (137,13)	387,67	8,20%
	Hiver 140	5172,68 (158,40)	460,11	9,80%

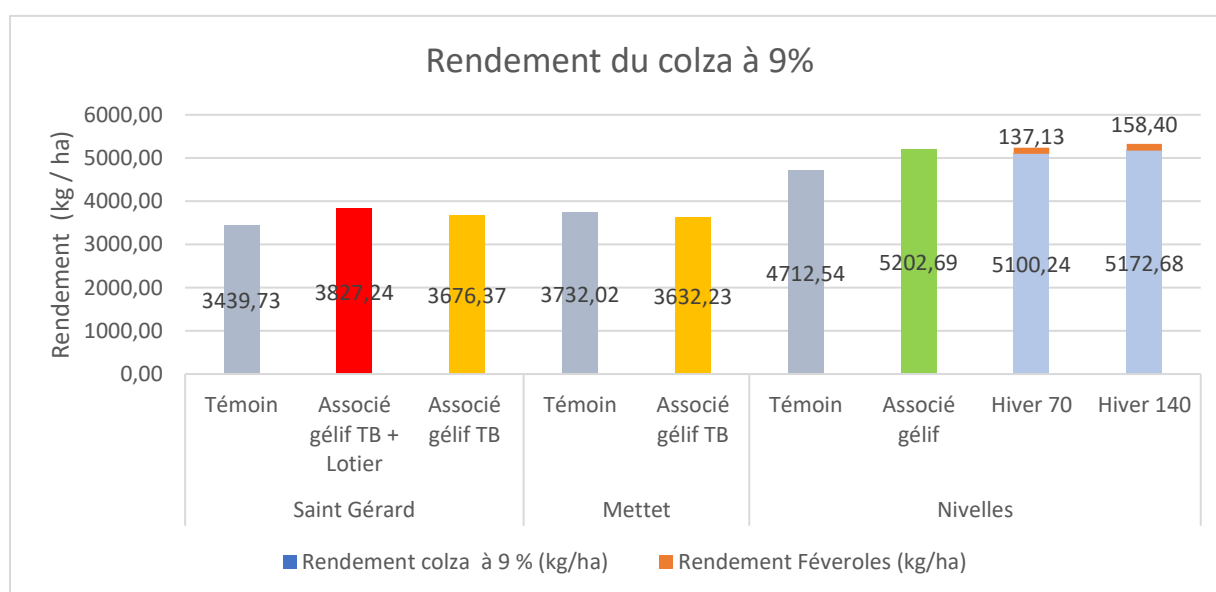


Figure 74. Rendement du colza (et des féveroles) pour selon les modalités d'association, pour les différentes parcelles d'essai

Rendement du colza et de la biomasse totale en entrée d'hiver

La Figure 75 montre le lien entre le rendement du colza à la récolte et la biomasse sèche totale (colza + couvert) en entrée d'hiver. Plus la biomasse totale en entrée d'hiver est importante, plus le rendement en colza semble élevé. Ces observations mériteraient d'être confirmées par la prise en compte de davantage de données, de parcelles et d'années d'essai.

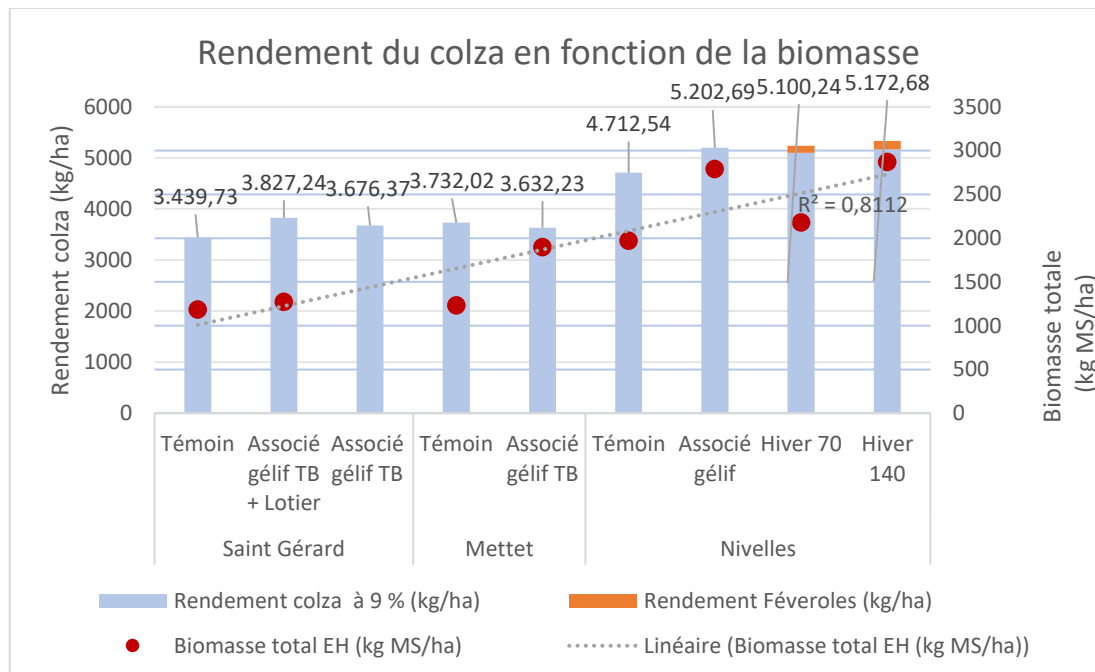


Figure 75. Relation entre la biomasse du colza et des légumineuses en entrée d'hiver et le rendement du colza pour les différentes modalités et parcelles d'essai

Marge économique

À Saint-Gérard, l'association du colza avec des plantes compagnes permet d'améliorer le bilan économique de la parcelle (Tableau 6). Un gain supplémentaire peut être réalisé si l'agriculteur valorise comme fourrage le trèfle blanc et/ou le lotier, à raison de 150 euros à l'hectare.

Tableau 6. Bilan économique de la parcelle située à Saint-Gérard, en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin non associé

	Associé gélif + TB (€/ha)	Associé gélif TB + L (€/ha)
Préparation de sol	0	0
Semis colza + association	0	0
Semence couvert	-88,9	-136,9
Passage pulvérisateur	0	0
Herbicide 1	0	0
Azote	0	0
Récolte	0	0
Rendement	123,05	201,51
Rendement froment qui suit	0	0
Bilan par rapport au témoin	34,15	64,61

À Mettet, un rendement plus faible pour la modalité testée entraîne une perte financière, accentuée par le coût des semences qui ont été engagées pour le couvert (Tableau 7). En valorisant sa coupe de trèfle comme fourrage (150 euros/ha), le bilan de la parcelle pourrait repasser dans le positif par rapport au témoin. De plus, grâce aux plantes compagnes non gélives, l'agriculteur va planter son froment suivant en semis direct (travail du sol moins onéreux) et, peut-être, obtenir un rendement en froment plus élevé grâce à l'arrière-effet des légumineuses associées et du trèfle blanc en interculture.

Tableau 7. Bilan économique de la parcelle située à Mettet, en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin non associé

	Associé gélif TB (€/ha)
Préparation de sol	0
Semis colza + association	0
Semence couvert	-88,9
Passage pulvérisateur	0
Herbicide 1	0
Azote	0
Récolte	0
Rendement	-51,89
Rendement froment qui suit	0
Bilan par rapport au témoin	-140,79

À Nivelles, toutes les modalités d'association du colza permettent de dégager un gain par rapport au témoin (Tableau 8). L'association avec des féveroles d'hiver n'est pas des plus intéressantes car elle occasionne un coût supplémentaire pour les semences et peut se traduire par une diminution du rendement du colza. Dans ce calcul, on n'a pas tenu compte du prix de revient de la valorisation des féveroles (50 à 60€/ha), auquel il faut encore retirer le coût du triage, ce qui ne permettrait pas d'atteindre le rendement financier de 185,66€/ha obtenu avec un couvert gélif seul.

Tableau 8. Bilan économique de la parcelle située à Nivelles, en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin non associé

	Associé gélif (€/ha)	Associé + Féverole 70 (€/ha)	Associé + Féverole 140 (€/ha)
Préparation de sol	0	0	0
Semence féveroles	0	-28	-56
Semis colza + association	0	0	0
Semence couvert	-69,2	-69,2	-69,2
Passage pulvérisateur	0	0	0
Herbicide 1	0	0	0
Azote	0	0	0
Récolte	0	0	0
Rendement	254,86	201,51	239,26
Rendement froment qui suit	0	0	0
Bilan par rapport au témoin	185,66	104,31	114,06

Conclusions

Le fait que les agriculteurs mettent en place régulièrement des essais sur leurs propres parcelles leur permet de progresser et d'améliorer leurs techniques de culture pour trouver le meilleur itinéraire cultural adapté à leur situation.

D'un point de vue environnemental, on a pu remarquer un impact intéressant des plantes compagnes sur les ravageurs, tels que la petite et la grosse altise, et particulièrement en contexte de forte infestation. Concernant les méligèthes, le fait de travailler avec une variété à floraison précoce (6%) dans le mélange de semences permet de réduire les dégâts engendrés sur la variété principale. Cette association permet, lors de faibles pressions de ce ravageur, d'éviter d'avoir recours à un traitement insecticide.

D'un point de vue agronomique, la biomasse totale est supérieure dans la parcelle de colza associé, ce qui va jouer un rôle positif dans la gestion des adventices. Plus la biomasse totale est élevée, plus la concurrence sur les adventices est forte. Enfin, une augmentation de rendement de 5 à 10 % a été observée dans une majorité de situations par rapport au témoin, soulignant une fois de plus l'intérêt agronomique de cette pratique.

D'un point de vue économique, l'association du colza avec des plantes compagnes permet, dans la majorité des cas, de dégager un bénéfice par rapport à un colza pur, ce qui est intéressant pour l'agriculteur. Ce bénéfice peut encore être amélioré par la valorisation du couvert (trèfle blanc et lotier) en fourrage et/ou par la restitution d'azote pour la culture de froment qui suit.

2.1.2. Arrière-effet de l'association colza-légumineuses sur le froment suivant

Objectifs

Lors de la campagne 2019-2020 sur une parcelle à Saint-Gérard, un essai en bandes avait été réalisé sur la technique du colza associé avec un trèfle blanc, comparée à un témoin colza pur. Pour la saison 2020-2021, un froment a été implanté sur cette parcelle pour analyser une éventuelle différence de rendement par rapport aux précédents (colza associé ou non).

Dispositif expérimental et protocole

Trois modalités de blé semé en direct (dans le trèfle et/ou les repousses de colza) ont été mises en place. Dans la modalité du colza associé avec le trèfle blanc, 2 désherbages différents ont été réalisés.

- Modalité froment + trèfle (glyphosate) : sur la première largeur, pulvérisation de glyphosate (1,5L/ha) juste avant le semis, pour garder le trèfle et suivre son développement ;
- Modalité froment + trèfle (glyphosate + 10g Allié) : sur la deuxième largeur, pulvérisation de glyphosate (1,5L/ha) et 10 g d'allié juste avant le semis, pour supprimer le trèfle ;
- Modalité témoin : précédent colza pur, traité au glyphosate (1,5L/ha) juste avant le semis du froment.

Résultats et interprétation

Gestion des adventices

Nous avons remarqué une présence de vulpin plus importante dans la modalité témoin par rapport aux deux autres (Figure 76). Cela peut notamment s'expliquer par le fait que la présence du trèfle, couvrant le sol en interculture et permettant le semis direct, aurait concurrencé et freiné la levée du vulpin (Figure 77 et Figure 78).

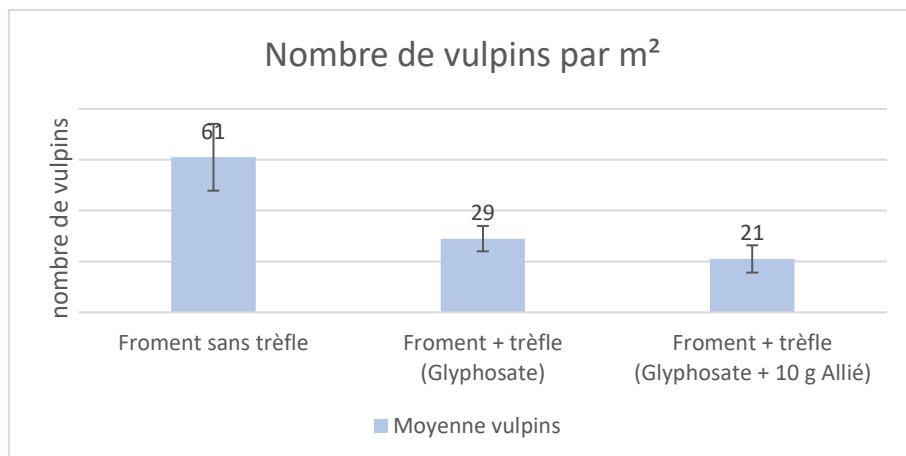


Figure 76. Nombre de vulpins par m² dans les modalités de froment de colza associé ou non associé



Figure 77. Observation des vulpins dans la modalité témoin



Figure 78. Observation des vulpins dans la modalité froment de colza associé (trèfle blanc et traitement glyphosate)

Rendements du froment

Lors du comptage du nombre d'épis du froment selon les différentes modalités, nous avons remarqué une destruction totale du trèfle dans le blé, quel que soit le traitement utilisé. Il y a une tendance à obtenir plus d'épis dans les modalités avec trèfle blanc (Figure 79). Le trèfle fournirait en effet un apport d'azote au blé, favorisant ainsi le tallage et par conséquent le nombre total d'épis. Une destruction du trèfle (lors de l'application de l'Allié) aurait un effet positif sur le nombre d'épis, via la restitution plus rapide de l'azote au froment.

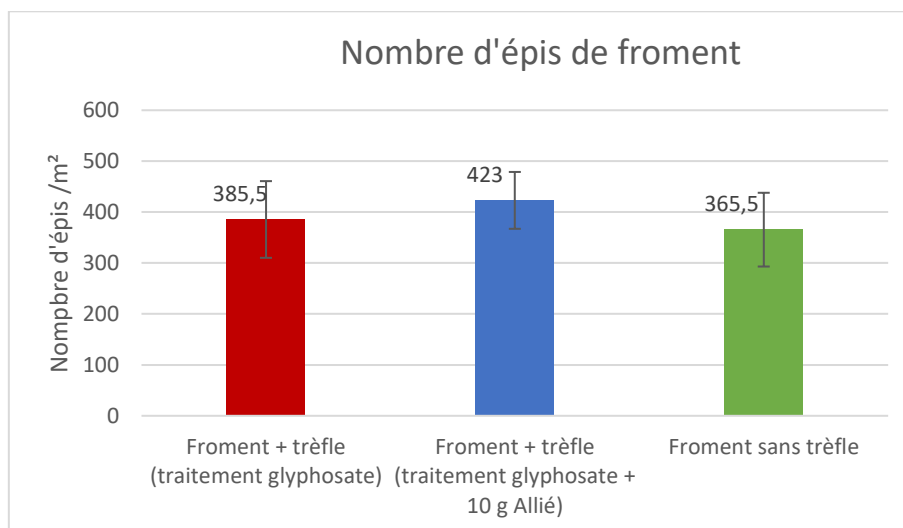


Figure 79. Comptage du nombre d'épis de froment par m² selon les modalités, juste avant la moisson

Le rendement est assez bas en général, dû au fait que l'agriculteur a fait l'impasse sur un fongicide au printemps alors que l'année a été des plus humides. Le froment a dès lors un très mauvais remplissage des grains.

Une légère augmentation du rendement dans les modalités où le froment était implanté dans un trèfle blanc est observée, variant de 2% pour la modalité dans laquelle on a freiné le couvert uniquement avec du glyphosate à plus de 6% pour la modalité où l'on a utilisé de l'Allié en plus pour détruire complètement le trèfle, par rapport au témoin (Figure 80). Pour éviter la concurrence du trèfle sur le froment, il semble donc préférable de le détruire complètement avant le semis. Notons que le froment sans trèfle a également reçu 1.5L de glyphosate pour éliminer les repousses de colza et les adventives.

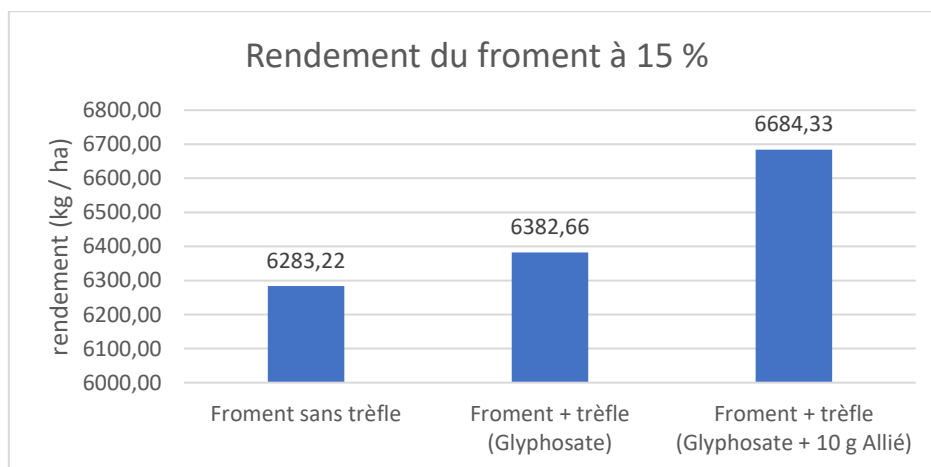


Figure 80. Rendement du froment selon les modalités de précédent

Marge économique

Le bilan économique de la parcelle a été évalué sur 2 ans, pour mieux tenir compte du caractère pérenne de la couverture du sol par le trèfle blanc, à cheval sur plusieurs saisons culturales.

A partir du Tableau 9, on peut évaluer le gain ou la perte économique du suivi d'un froment après une culture de colza associé. Lorsque le couvert est complètement détruit lors du semis du froment, le gain est pénalisé par la perte due au rendement obtenu l'année précédente sur le colza associé (3,26 tonnes contre 3,34 tonnes pour le colza pur). Mais le gain réalisé par la coupe de trèfle et le gain de rendement en froment donne un avantage économique sur 2 ans assez intéressant. Pour la modalité où l'on a simplement utilisé du glyphosate, le gain en froment et la coupe de trèfle compense le déficit occasionné par le colza de l'année précédente.

Tableau 9. Bilan économique de la parcelle située à Saint-Gérard sur 2 ans (colza associé + froment), en termes de différences de coûts des différents postes par rapport au témoin

		Froment (Glyphosate) (€/ha)	Froment (Glyphosate + Allié) (€/ha)
Colza	Préparation de sol	0	0
	Semis féverole	0	0
	Semis colza + association	0	0
	Semence couvert	-104,8	-104,8
	Passage pulvérisateur	0	0
	Herbicide 1	0	0
	Azote	0	0
	Récolte	0	0
	Rendement du colza 2020	-29,6	-29,6
	Trèfle Blanc sur pied vendu	150	150
Froment	Herbicide Allié avant froment	0	-6,87
	Rendement froment 2021	19,89	80,22
Bilan sur 2 ans par rapport au témoin		35,49	88,95

Conclusions

Cette année, le froment suivant un colza associé a montré une légère augmentation en termes de rendement et de marge économique, ce qui confirme les résultats des années antérieures. Il serait intéressant de veiller à préserver le trèfle blanc dans le froment, pour maximiser les bienfaits environnementaux d'une telle pratique, tout en analysant l'impact concurrentiel ou nutritif de la légumineuse sur la céréale.

2.1.3. Betterave associée à la féverole

Objectifs

Depuis l'interdiction des néonicotinoïdes, la betterave est confrontée à une recrudescence de la maladie de la jaunisse de la betterave, causée par des virus transmis par les pucerons. Le seuil d'intervention étant rapidement atteint (2 pucerons verts du pêcher, *Myzus persicae*, pour 10 plantes), des méthodes agroécologiques doivent être étudiées pour épargner aux planteurs un ou plusieurs traitements insecticides au cours du printemps.

Sur base des expériences menées par Greenotec depuis 2018, la féverole s'est distinguée comme candidate intéressante en termes d'attraction très précoce des auxiliaires (quasiment dès la levée) et d'hébergement de colonies de pucerons comme proies alternatives pour ces auxiliaires tout au long de la saison.

Quatre parcelles ont été suivies en 2021, avec pour objectif d'évaluer si les féveroles ont permis d'attirer davantage d'ennemis naturels et de diminuer l'infestation de pucerons sur la betterave associée.

Dispositif expérimental et protocole

Association en mélange

À Bury, la parcelle de 2,2 ha a été divisée en deux : 2 largeurs de pulvérisateurs correspondent à la modalité « association » et le reste à la modalité témoin. En voici l'itinéraire technique :

- Le 24/02 : Destruction du couvert avec 1,6 L/ha de glyphosate ;
- Le 08/03 : Epannage de 300 kg/ha de potasse à 60 %, soit 180 unités de potassium à l'ha, et 400 kg/ha de chaux ;
- Le 24/03 : Pulvérisation de 300 L/ha d'azote liquide, soit 112 unités d'azote à l'ha ;
- Le 07/04 : Travail du sol avec un chisel. Epannage, sur la zone dédiée, de 50 kg/ha de semences de féverole. Déchaumeur à disques à 5 cm de profondeur pour enfouir les semences de féverole. Semis des betteraves à une densité de 110 000 graines par hectare et un écartement inter-rang de 45 cm ;
- Les 17/04, 01/05, 11/05, 20/05 et 11/06 : Désherbage FAR.
- Les 04/08 et 30/08 : Pulvérisations de fongicides.

À Mont-de-Péruwez, la parcelle de 7,2 ha est également divisée en deux, la modalité « association » représentant environ 1/3 de la surface. En voici l'itinéraire technique :

- Le 05/04 : Epannage de 30 m³/ha de lisier ;
- Le 16/04 : Labour ;
- Le 19/04 : Epannage de 800 kg/ha d'engrais minéral solide de composition 13-6-13 en NPK, mélangé à 50 kg/ha de semences de féveroles de printemps pour la modalité « association » ;
- Le 20/04 : Semis des betteraves de variété Tucson à une densité de 110 000 graines par hectare et un écartement inter-rang de 45 cm ;
- Les 09/05, 20/05, 30/05 et 12/06 : Désherbage FAR.
- Le 15/06 : Après avoir dénombré 6,5 pucerons/10 betteraves, pulvérisation d'un insecticide ;

- Le 03/08 : Pulvérisation d'un fongicide ;
- L'arrachage des betteraves a eu lieu le 7 octobre.

Les 19/05, 28/05, 02/06, 08/06 et 15/06 : Pour les deux parcelles, les pucerons (ailes et aptères) et auxiliaires (œufs, larves et adultes) ont été comptés et identifiés (à l'espèce pour les pucerons et à la famille pour les auxiliaires) sur 4 fois 10 plantes de betteraves dans chaque modalité et sur 4 fois 10 plantes de féveroles dans la modalité associée.

Association en lignes

À Ophain, les féveroles ont remplacé l'azote et le phosphore (DAP) dans la trémie secondaire du semoir, implantées ainsi en ligne, en semis direct, à 5cm du rang de betterave (Figure 81). En voici l'itinéraire technique :

- Le 29/03 : Epannage d'engrais
- Le 31/03 : Destruction du couvert avec 4 L/ha de glyphosate
- Le 02/04 : Semis direct des betteraves « Portal » (110.000 graines/ha) et féveroles « Tiffany » (50 kg/ha) au Horsh Maestro
- Les 05/04, 07/05, 14/05 et 23/05 : Traitements herbicides + urée foliaire
- Le 17/06 : Epannage d'engrais
- Les 03/08 et 11/09 : Traitements fongicides + urée foliaire

Les rendements ont été évalués le 13/10 en prélevant et pesant les betteraves de 4 fois 2 lignes adjacentes de 6m. Leur taux de sucre a également été déterminé grâce à la collaboration de la Raffinerie Tirlemontoise.

Dans un essai annexe, le DAP a été mélangé aux féveroles dans la trémie pour évaluer son effet délétère sur les levées de la féverole. Cette pratique est à éviter car l'engrais a brûlé les germes de féverole, amenant à une perte de plus de 50% de féveroles levées.



Figure 81. Association en lignes à Ophain : betteraves et féveroles en semis direct

Association en bandes

À Héron, les féveroles de printemps sont semées en deux bandes de 12m et destinées à être récoltées, alternées à deux bandes de betteraves de 54m (Figure 82). Des comptages d'insectes ravageurs et auxiliaires ont été réalisés dans chaque culture les 21/05, 28/05, 02/06, 08/06 et 15/06. En l'absence de parcelle de betterave témoin, non associée, aucune conclusion sur l'efficacité de la bande de féverole sur la régulation des ravageurs de la betterave ne pourra être tirée.



Figure 82. Association betteraves-féveroles en bandes à Héron

Résultats et interprétation

Au cours des comptages, il s'est avéré que les féveroles hébergeaient d'autres pucerons verts que *M. persicae* : *Acyrtosiphon pisum*, le puceron vert du pois (Figure 83). Ce dernier peut ponctuellement se retrouver sur les betteraves dans sa phase de dissémination et doit donc impérativement être écarté des comptages, sous peine de fausser le calcul du seuil d'intervention. Nous avons estimé sa présence fortuite sur betterave à 10% des pucerons verts dénombrés. Mais ce pourcentage serait bien plus faible en années de forte pression de *M. persicae*, car *A. pisum* ne peut se reproduire sur la betterave.

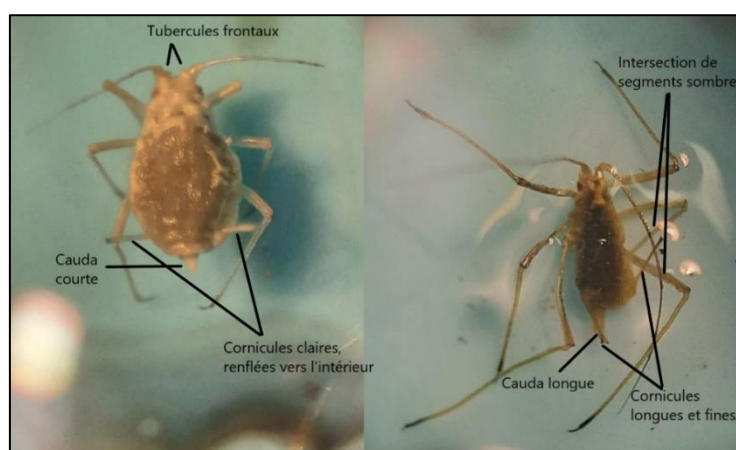


Figure 83. Différences morphologiques entre le *M. persicae*, à gauche, et *A. pisum*, à droite (échelles différentes : *A. pisum* est environ 2 fois plus grand que *M. persicae*)

Association en mélange

À Bury, le seuil n'a été dépassé que mi-juin dans les deux modalités, en fin de sensibilité de la culture à la jaunisse (Figure 84). L'agriculteur a donc fait l'impasse sur l'insecticide. Fin-mai, la population d'auxiliaires a augmenté dans la partie associée, probablement en raison de l'hébergement de

puçerons verts du pois sur la féverole et à la sécrétion par cette dernière de nectar extra-floral. Cette plus grande abondance d'auxiliaires n'a cependant pas pu se maintenir, par manque de ressources nutritives.

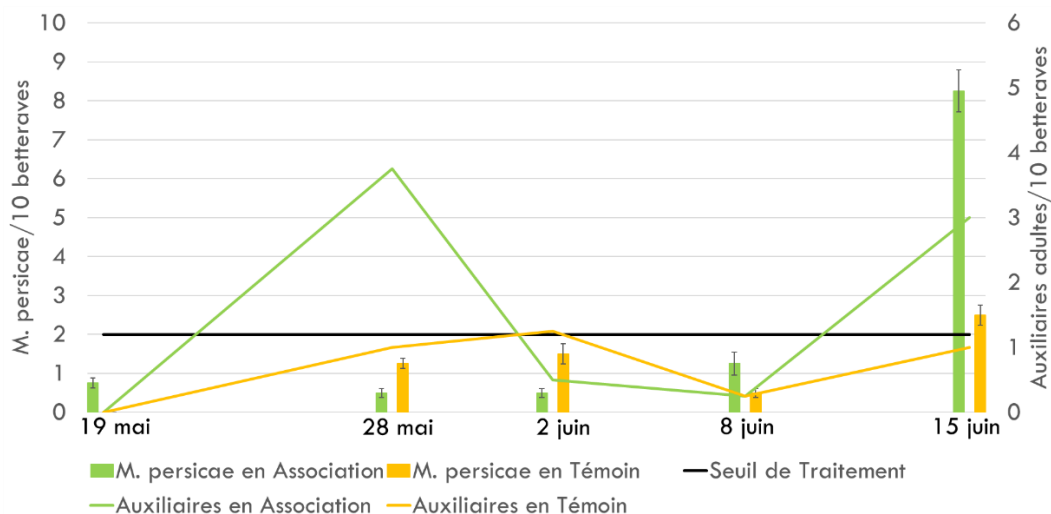


Figure 84. Nombre de pucerons et d'auxiliaires sur les betteraves selon la modalité "association en mélange" ou "témoin" à Bury

À Mont-de-Péruwez, le seuil a également été dépassé le 15 juin, tandis que le nombre d'auxiliaires était très bas (Figure 85). L'agriculteur a donc pulvérisé un insecticide. Pour la période précédant mi-juin, nous ne pouvons tirer de conclusion, vu le très faible nombre d'insectes dans la parcelle.

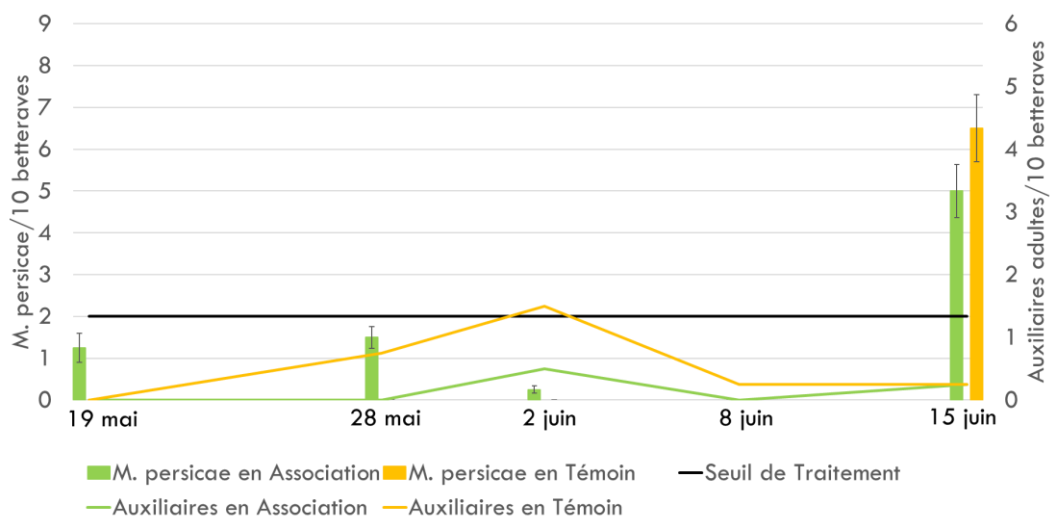


Figure 85. Nombre de pucerons et d'auxiliaires sur les betteraves selon la modalité "association en mélange" ou "témoin" à Mont-de-Péruwez

Association en lignes

À Ophain, le nombre de pucerons est resté très bas au cours de la saison de comptage (Figure 86). Les variations du nombre d'auxiliaires sont donc difficiles à interpréter quant à leur rôle de régulation des ravageurs.

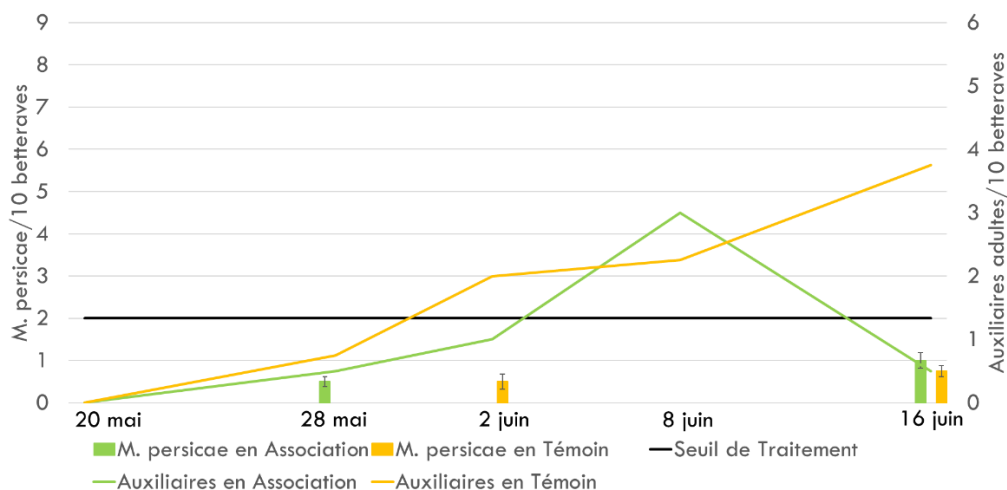


Figure 86. Nombre de pucerons et d'auxiliaires sur les betteraves selon la modalité "association en lignes" ou "témoin" à Ophain

Les rendements entre les modalités ne sont pas significativement différents, suggérant que l'association a joué un rôle plutôt neutre en cette année 2021 (Figure 87). Le surcoût de l'association correspond donc environ aux frais d'implantation de la féverole : prix des semences et passage de l'épandeur.

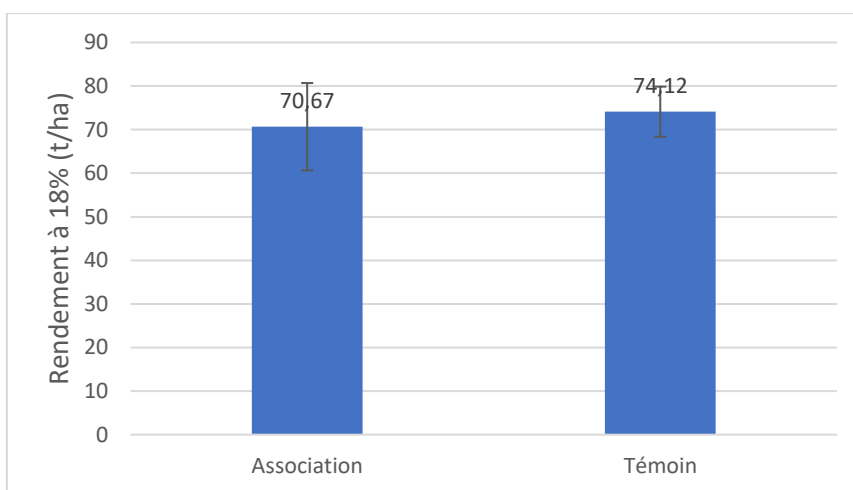


Figure 87. Rendements des betteraves selon la modalité "association en lignes" ou "témoin" à Ophain

Association en bandes

À Héron, il n'y avait pas de parcelle témoin (betteraves non associées). Seul un suivi descriptif des populations d'insectes a donc été réalisé. A l'instar des autres essais, très peu de pucerons étaient présents dans la parcelle. Les bandes de féveroles ont accueilli un plus grand nombre d'auxiliaires que les betteraves, probablement en raison de l'attractivité de leurs nectaires extra-floraux (Figure 88). On peut aisément imaginer qu'en période d'infestation forte de pucerons (sur féveroles et sur betteraves), un développement fort de ces auxiliaires serait permis dans la bande de féverole, à partir de laquelle ils pourraient se déplacer vers les betteraves dès le début de l'infestation du puceron vecteur de la jaunisse. Plus tard dans la saison, les bandes de féveroles accueilleraient une multitude d'insectes pollinisateurs (abeilles et syrphes notamment).

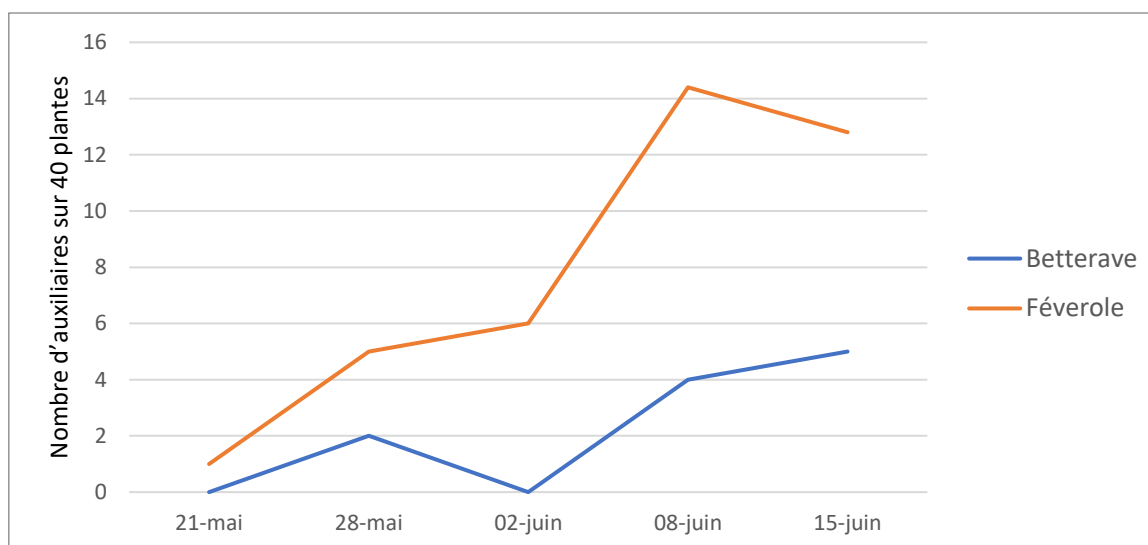


Figure 88. Nombre d'auxiliaires dans les bandes de féveroles ou de betteraves à Héron

Conclusions

Cette année 2021, la pression du puceron vert du pêcher (*M. persicae*) était beaucoup plus faible que les deux années précédentes, probablement grâce aux épisodes de gel l'hiver 2020-2021 et aux faibles températures printanières accompagnées de précipitations régulières et parfois abondantes. Le plus souvent, les populations de pucerons sont restées sous le seuil d'intervention dans les parcelles suivies. Dès lors, les auxiliaires n'ont pas pu établir de population durable, par manque de proies. Les conclusions des expériences sont donc peu robustes : **pour l'année 2021, nous ne pouvons pas déduire de réelle efficacité des plantes compagnes quant à l'attraction et au maintien des auxiliaires au sein des parcelles.** Cependant, l'effet positif des féveroles en association en mélange ou en ligne sur la biodiversité intra-parcellaire est indéniable, et ce à faible coût pour l'agriculteur, avec un effet au minimum neutre sur la marge économique en années de faible infestation. Il serait donc pertinent de répéter ces expériences en 2022.

En année de forte pression, cependant, il est fort probable que l'association avec la féverole ne suffise pas à maintenir les ravageurs sous le seuil d'intervention (à même contexte de coût de revient). Des études à plus grande échelle devraient donc se pencher sur les effets synergiques d'une telle pratique avec d'autres aménagements pour la préservation des auxiliaires, dans et autour des parcelles : bandes fleuries, bandes de couvert non détruites, diminution de la taille des parcelles, haies...

Il est important de noter que les féveroles ont été endommagées par les programmes de désherbages de la betterave, réduisant leur attractivité pour les pucerons et les auxiliaires, et ce au moment le plus critique : lors de l'arrivée de *M. persicae* dans la parcelle et à un stade sensible de la betterave. Avant de pouvoir diffuser cette association culturale à un plus grand nombre de fermes, il serait indispensable, en 2022, d'étudier l'impact du retrait de certaines molécules (par exemple : lénacile, triflusaluron, clomazone) sur la survie de la féverole, le développement des adventices et *in fine* les rendements de la betterave.

Enfin, l'association en bandes est prometteuse si l'agriculteur bénéficie d'un débouché pour sa récolte de féveroles. En 2022, il serait donc intéressant d'ajouter une parcelle de betterave non associée dans le dispositif expérimental.

2.2. Diminution du travail de sol

Hypothèses

La diminution du travail du sol permettrait de réduire les intrants suivants :

- Carburants : moins de passages de machines et travaux moins gourmands en énergie (non-labour) ;
- Engrais de synthèse : avec la pratique du semis direct, préservation des mycorhizes qui améliorent la capacité d'absorption des nutriments par les plantes ;
- Insecticides : la diminution du travail du sol préserve les insectes auxiliaires dont le cycle ou une partie du cycle a lieu dans le sol (ex : carabes, parasitoïdes...) ;
- Fongicides : par la préservation et l'augmentation de la diversité microbienne du sol, les champignons pathogènes peuvent être concurrencés.

Actuellement, la diminution du travail du sol, à elle seule, ne permet pas de réduire l'usage des herbicides. Souvent, l'absence de labour est compensée par l'usage d'un herbicide total.

Enfin, c'est la combinaison du travail du sol réduit avec d'autres pratiques agroécologiques (couverture permanente du sol, diversification des plantes cultivées, maillage écologique, etc.) qui permettrait de réduire drastiquement les différents intrants, dont les engrais grâce à l'amélioration de la fertilité biologique, chimique et physique du sol. Dans le cadre de nos essais 2021, nous avons visé à optimiser l'implantation de la chicorée en semis direct, par rapport à la stratégie de désherbage.

2.2.1. Semis direct de chicorées

Objectifs

L'objectif de l'essai est d'évaluer la réussite du semis direct de chicorée en mesurant son rendement et le gain de temps lié au travail du sol. Une telle technique permettrait notamment de diminuer les intrants, comme les herbicides : le passage de glyphosate supplémentaire pour détruire le couvert serait compensé par une diminution des herbicides post-semis.

Dispositif expérimental et protocole

Dispositif

L'essai a eu lieu à Mellet (province du Hainaut) sur une terre limoneuse (Abp(c)), en découpant la parcelle en deux : modalité semis direct et modalité TCS (Figure 89). La parcelle a été conduite différemment selon les modalités pour les désherbages (Tableau 10).

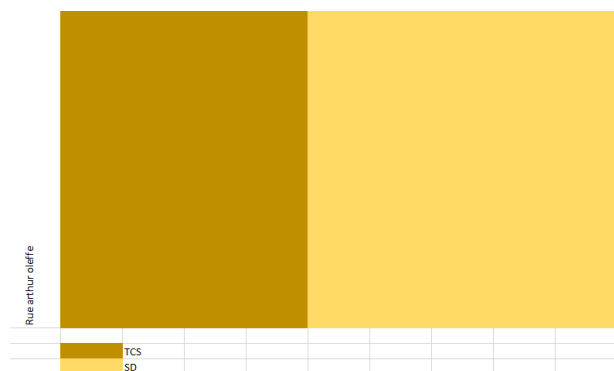


Figure 89. Plan de l'essai de semis direct de chicorée à Mellet

Tableau 10. Herbicides utilisés et leurs doses sur les différentes modalités

Traitement	Modalité TCS	Modalité SD
Avant préparation et en prélevée	Bonalan 7,8L/ha, Kerb 1L/ha, Legurame 2L/ha	/
Semis		
Pré levée	/	Lerb 1L/ha, Legurame 2L/ha, Glyphosate 4L/ha
Post levée 1	Kerb 0,3L/ha, Legurame 0,5L/ha, Safari 6g/ha,	AZ 75mL/ha
Post levée 2	AZ 75 ml/ha, Kerb 0,3 L/ha, Legurame 0,5L/ha, Boa 0,01L/ha	Kerb 0,3L/ha, Safari 10g/ha, Dual Gold 0,2L/ha, Frontier 0,2L/ha
Post levée 3	Kerb 0,3L/ha, Safari 10g/ha, Dual Gold 0,2l/ha, Frontier 0,2 L/ha	/

Comptage de levée

La densité de levée a été mesurée le 05 mai 2021 et le 20 mai 2021 en comptant le nombre de pieds de chicorée sur 5m en 4 répétitions par modalité.

Rendement

Le rendement a été mesuré le 11 octobre 2021 en prélevant deux lignes adjacentes de 6m de chicorées en 4 répétitions par modalité. Ensuite, chaque échantillon a été pesé.

Pour évaluer l'effet du travail du sol sur la morphologie de la chicorée, 10 racines ont été prélevées aléatoirement dans chaque modalité.

Marge économique

Les marges économiques des différentes modalités ont été comparées en tenant compte du prix de vente de la culture, du rendement et des différentes charges (travaux de sol et traitements herbicides).

Résultats et interprétation

Rendements et levées

Les résultats de l'essai sont encourageants. Une tendance à l'augmentation de rendements a été observée en SD par rapport au TCS (Figure 90), alors que les comptages de levée réalisés en mai avaient montré une légère baisse en SD (une betterave en moins sur 5m, en moyenne). Cela pourrait être expliqué par une minéralisation plus tardive en SD, qui aurait mieux profité à la chicorée. Cette différence n'est pas significative, toutefois. Nous pouvons dès lors déduire que la conduite de la chicorée en SD a aussi bien réussi que celle en TCS. La chicorée est donc une culture qui semble bien répondre au semis direct, alors qu'elle est connue comme étant exigeante sur les conditions de levée (la graine ne doit pas être semée trop profonde et avoir un bon lit de semence).

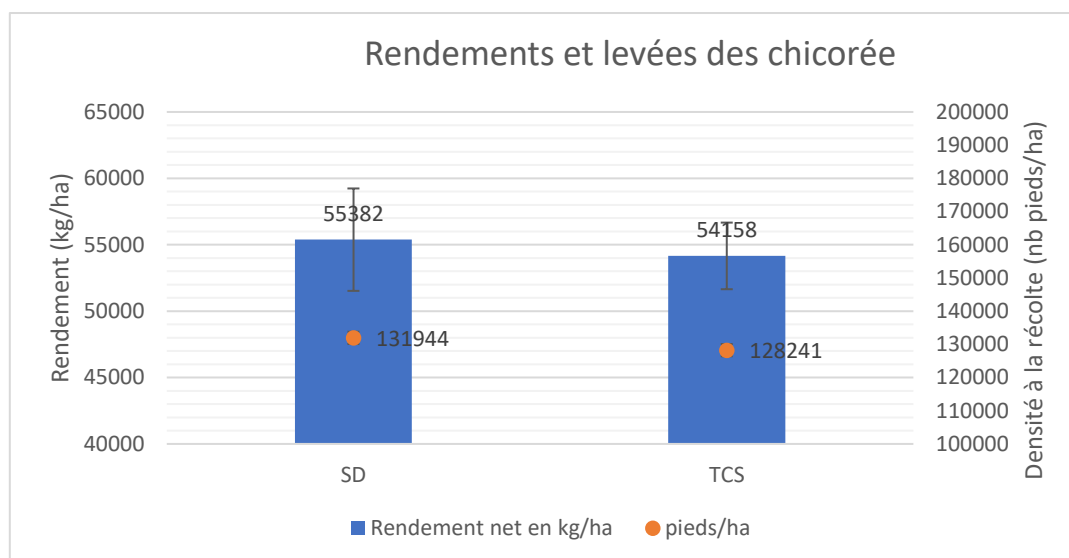


Figure 90. Rendement des chicorées et nombre de racines de chicorée/ha selon les modalités de travail du sol le 11/10/21 à Mellet

Dans la partie SD, nous avons cependant remarqué davantage de chicorées montées en graine à cause du froid qu'en TCS (Figure 91). Le sol se réchauffant moins vite en SD, la petite période de froid que nous avons connue a probablement contribué à cette montaison.

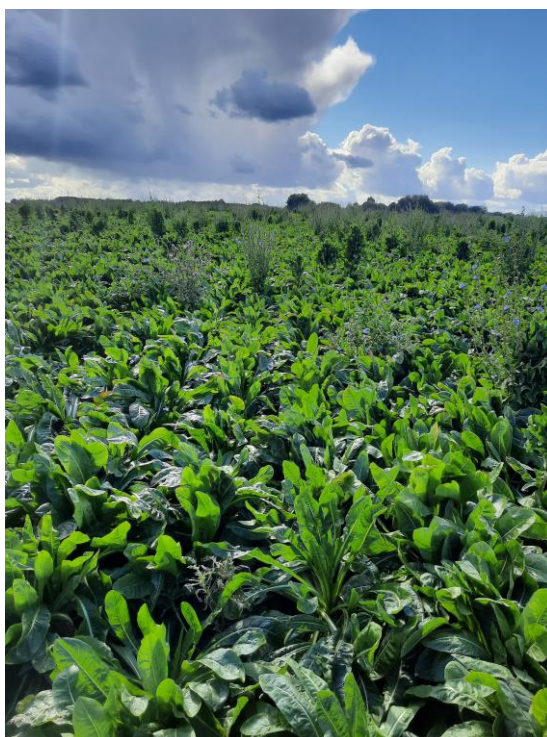


Figure 91. Chicorées montées en graines en semis direct à Mellet

Une des craintes du semis direct est le tassement. Les zones de tassements ne sont pas reprises par un travail du sol, ce qui peut entraîner des malformations des racines de chicorées pénalisant le rendement et augmentant la tare-terre. En effet, sur base de nos observations, plus de chicorées fourchues ont été observées dans la partie en semis direct (Figure 92). Pour la suite, il serait pertinent d'évaluer si ces malformations font réellement baisser le rendement final payé à l'agriculteur.



Figure 92. Comparaison des racines de chicorée à la récolte en fonction des modalités de travail du sol à Mellet

Marge économique

Nous n'avons pas pu calculer la marge des deux modalités car l'agriculteur ne nous a pas encore fourni les prix des produits utilisés, mais elle sera favorable au semis direct, avec notamment :

- Des charges de mécanisation plus faibles d'environ 90 €/ha pour les travaux de sol et 40€ pour les passages du pulvérisateur (hors prix des produits utilisés) ;
- Pas d'utilisation de Bonalan (herbicide pré-semis)
- Un passage d'herbicide post-levée en moins
- Des doses de produits plus faibles ou supprimées en pré-levée et post-levée 1 ;
- Mais un passage de glyphosate en plus.

L'utilisation d'herbicides est ici largement en faveur du semis direct. Cette technique a donc permis une réduction de leurs usages avec les bienfaits environnementaux qui en découlent. Il est important de noter que cette diminution en SD a été possible sans diminuer le rendement de la chicorée. Le travail du sol en TCS a en effet remis en germination les adventices de la parcelle, ce qui n'a pas été le cas en SD.

Conclusions

Nous n'avons pas observé de différences significatives de rendement entre les deux modalités de travail du sol pour l'implantation de la chicorée qui a donc bien répondu à la réduction du travail du sol.

Un peu plus de racines fourchues ont été néanmoins observées en semis direct, mais qui ne semble pas avoir pénalisé le rendement. Ce paramètre pourra être amélioré avec une meilleure structure du sol et méritera donc d'être étudié dans de futurs essais.

En revanche les retombées environnementales positives seraient en faveur du SD, avec notamment :

- Une diminution de l'érosion (pas de travail du sol) ;
- Une diminution des passages d'herbicides et des doses utilisées, pouvant contribuer à la préservation de la qualité des eaux).

2.3. Intrants alternatifs

Pour diminuer l'usage des engrais et pesticides, de plus en plus de produits alternatifs d'origine biologique sont employés dans nos réseaux d'agriculteurs et d'expérimentateurs. Les objectifs poursuivis peuvent être de différents ordres : promouvoir la biodiversité microbienne du sol, optimiser l'état nutritif de la plante, booster ses défenses, ou encore la rendre moins appétente pour les ravageurs.

2.3.1. Biostimulants en betterave : QM

Objectifs

L'objectif de l'essai est d'évaluer l'effet de biostimulants appliqués au semis sur le rendement de la betterave et in fine sur la marge économique pour l'agriculteur.

C'est un essai réalisé en collaboration avec Sanitas (David Verstraete) qui a fourni l'extrait de compost à l'agriculteur et a participé à la récolte des betteraves.



Dispositif expérimental et protocole

L'essai a eu lieu à Forville (province de Namur) dans une terre limoneuse avec un précédent haricot. Toute la parcelle a été semée avec un strip-till le 07/04 (travail du sol uniquement au niveau des rangs de betteraves) avec incorporation de différents produits sur le rang (Figure 93) :

- Fertiactyl : biostimulant racinaire de la firme Timac Agro qui permet un meilleur démarrage des cultures grâce à la Zéatine ;
- Extrait de compost : mélange de compost dans un volume d'eau afin de multiplier les micro-organismes et améliorer les conditions de germination de la plante ;
- N10 : ajout de 10 unités d'azote liquide pour booster la germination en situation de minéralisation plus lente à cause du travail du sol réduit ;
- Témoin : aucun biostimulant.



Figure 93. Plan de l'essai biostimulants en betteraves à Forville

Levée

La densité de levée a été mesurée en comptant le nombre de betteraves sur 5m, et ce en 4 répétitions par modalités. Les comptages ont eu lieu à 3 dates différentes : 22 avril, le 26 avril et le 30 avril 2021.

Rendement

Le rendement a été mesuré en prélevant deux rangées de betteraves sur 6m en 4 répétitions par modalité. Les échantillons ont ensuite été pesés et apportés à la raffinerie de Longchamp afin d'avoir le taux de sucre et la tare-terre. Le rendement final est donc ramené à 18%, tare-terre déduite (rendement payé par la sucrerie).

Résultats et interprétation

Levée

On observe une meilleure levée dans la modalité « extrait de compost » (Figure 94). Ce dernier semble booster la levée à toutes les dates, cependant rien n'est significatif et l'écart entre les modalités est minime (15 000 pieds/ha entre les extrêmes sur une densité de 100 000 pieds/hectare pour la plus faible modalité). Toutes les modalités présentes ici montrent une bonne levée pour assurer un rendement final convenable.

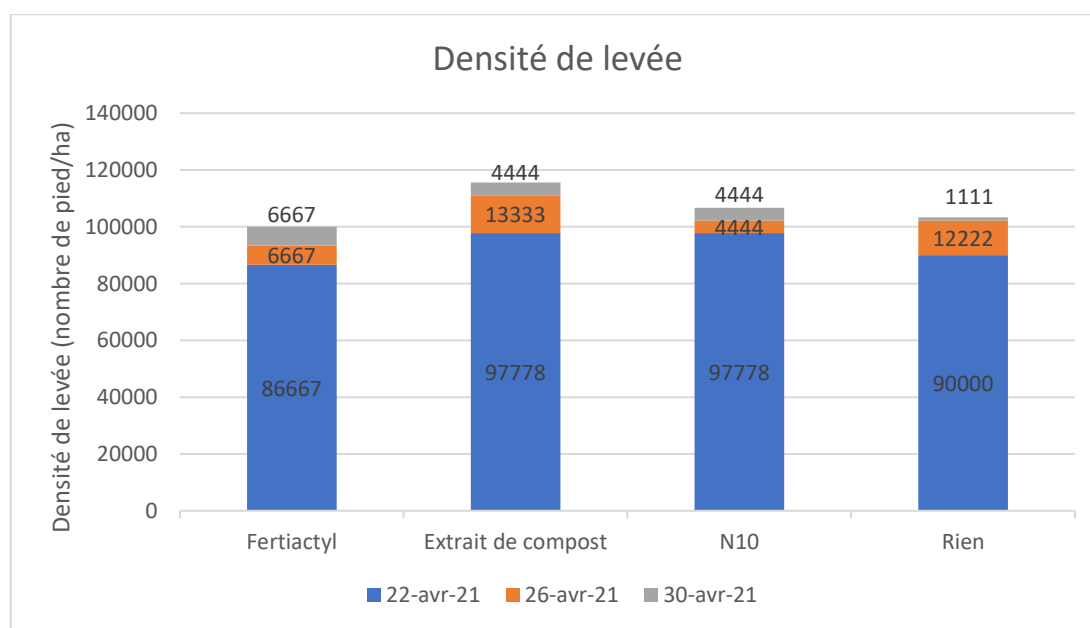


Figure 94. Densités de levée des betteraves selon les modalités de biostimulants au semis à Forville

Concernant le rendement ramené à 18%, aucune modalité n'est significativement différente des autres : les biostimulants n'ont pas permis d'augmentation de rendement sur cet essai (Figure 95). Sur l'année culturale 2021 de la betterave et dans les conditions de l'essai, l'usage de biostimulants a donc diminué la marge économique de l'agriculteur (frais supplémentaire sans effet sur le rendement).

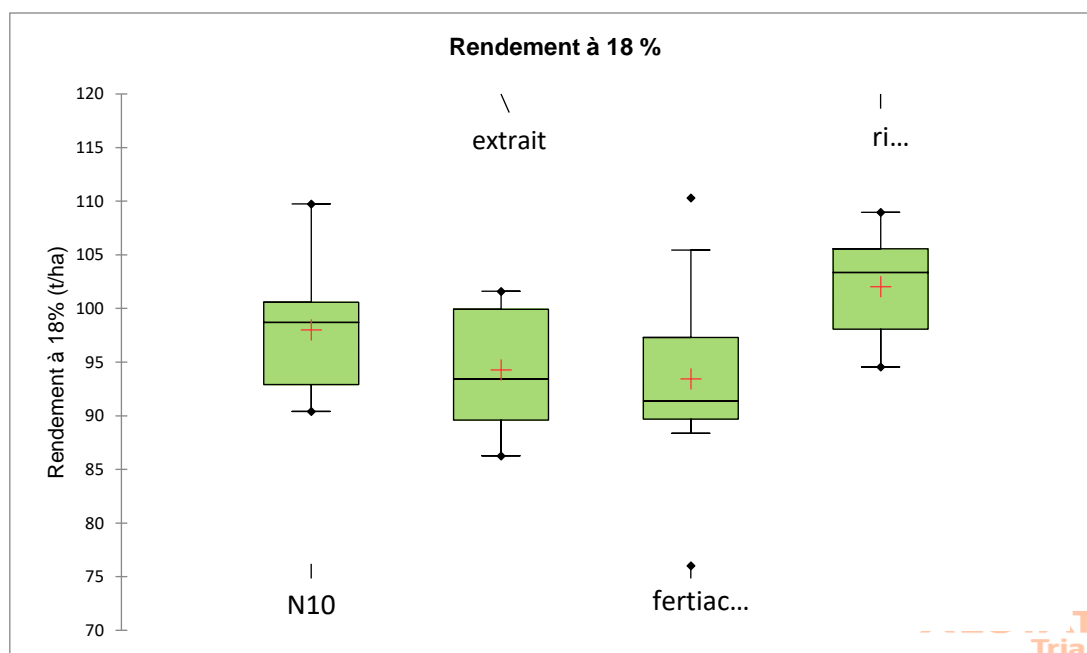


Figure 95. Rendements des betteraves selon l'application de biostimulants au semis, à Forville en 2021

Conclusions

Il est à noter que les biostimulants sont plus efficaces en conditions de stress (hydrique, azoté ou autre) de la betterave, ce qui n'a pas été le cas en cette année humide et avec le précédent haricot (azote présent dans le sol au semis). Nous n'avons en effet pas observé de différence de rendement, la meilleure modalité en termes de marge économique pour l'agriculteur est celle où rien n'a été ajouté au semis.

C'est un essai qui sera donc renouvelé pour mesurer l'effet des biostimulants en fonctions des conditions climatiques et selon différentes modalités d'application. Une piste serait notamment de moduler la fertilisation et/ou la gestion des maladies pour évaluer l'intérêt de ces biostimulants en plus de la simple considération des rendements : applications foliaires d'extrait de compost pour lutter contre les champignons pathogènes, par exemple.

2.3.2. Solution sucrée en céréale

Des solutions sucrées sont employées pour lutter contre les ravageurs piqueurs-suceurs, comme les pucerons. Elles permettraient de modifier le profil en acides aminés libres dans la plante, impactant alors le ravageur. Les arguments scientifiques derrière cette méthode étant peu nombreux, il serait intéressant de réaliser une analyse bibliographique pour pouvoir la tester de manière objective.

A Grez-Doiceau et Enghien, des solutions de mélasse, bore et acides fulviques ou de dextrose et vitamines c ont été pulvérisées. En guise d'étude préliminaire, les pucerons ont été comptés quelques jours après les traitements : aucune différence ne ressort entre les bandes témoins et les bandes traitées.

Pour répondre à la demande des agriculteurs, il serait néanmoins intéressant d'évaluer de manière robuste l'efficacité de cette méthode : comptages sur plusieurs semaines, test de différentes concentrations de produit, analyses au niveau de la plante, évaluation des rendements et de la prévalence du virus...

Enseignements 2021 et perspectives 2022

Diminution des intrants chimiques

La diminution des intrants est un enjeu majeur dans nos systèmes ACS. Nous avons étudié des pratiques permettant de réduire les herbicides (semis direct de chicorées), les insecticides (colza associé et betterave associée) et les engrais azotés (colza associé). Si ces pratiques ne permettent pas encore de se passer complètement de produits phyto, les conclusions sont tout de même encourageantes. A l'échelle d'une rotation, le colza associé (pour lequel nous avons 10 ans de retours d'expérience) peut donc avoir un effet bénéfique sur la culture suivante en termes de restitution d'azote, mais aussi de préservation de la structure du sol pour favoriser le semis direct. Ainsi, ce dernier aura davantage de chances de réussir pour les cultures de printemps sensibles à l'érosion.

L'intérêt pour les produits alternatifs aux produits phyto et engrais, comme les solutions sucrées et les biostimulants, est croissant chez les agriculteurs en ACS. Cependant, il reste encore beaucoup à découvrir et objectiver dans ces domaines pour pouvoir prétendre offrir un conseil à ce niveau. Les options de produits alternatifs sont en effet nombreuses et peuvent se décliner en modes d'action et d'application très variés.

Pour diminuer drastiquement l'usage des intrants chimiques, il sera nécessaire d'intégrer diverses méthodes : association culturale, aménagements pour la biodiversité, réduction du travail du sol, produits alternatifs... De telles recherches holistiques sont complexes à mener, d'où l'importance de considérer l'ensemble des pratiques et du contexte cultural dans l'interprétation de nos données passées et futures.

3. Amélioration de la fertilité des sols par l'optimisation des couverts végétaux

Contexte

L'objectif principal de l'ACS est de conserver et d'augmenter la fertilité naturelle des sols. Cette fertilité se traduit par des services (bon enracinement, nutrition minérale, nutrition hydrique, protection naturelle contre les ravageurs et maladies, etc.) que le sol rend aux cultures et donc à l'agriculture/agriculteur.

Tous ces services que le sol rend à la plante remplacent gratuitement les intrants (mécanisation, engrais, PPP) généralement utilisés. Cependant, ces services ne peuvent avoir lieu que dans un sol en bon état structural, possédant une activité microbienne (vie du sol) importante. Cette activité microbienne ne peut être importante que si elle dispose d'énergie en suffisance pour se développer. Cette source d'énergie, c'est la matière organique, synthétisée par les végétaux via la photosynthèse. C'est donc la photosynthèse (et l'énergie solaire) qui est le pilier central de toute la vie sur et dans le sol.

Notre travail consiste donc, à l'aide des couverts végétaux, à maximiser cette photosynthèse pour augmenter la production de matière organique et donc la production d'énergie pour les microorganismes. Ils pourront dès lors se développer et enclencher le cercle vertueux de l'auto-fertilité des sols.

Malheureusement, les événements climatiques extrêmes amènent des problèmes dans l'implantation et la gestion des couverts d'interculture. Nous avons donc voulu trouver des solutions pour sécuriser et optimiser le développement des couverts végétaux, à travers 3 thématiques :

- Optimisation des semis à la volée des couverts avant la moisson de la céréale ;
- Démonstration et objectivation de l'intérêt de diversifier les espèces du couvert ;
- Evaluation des intérêts de la fertilisation azotée du couvert.

Ce contexte a donné lieu à la mise en place de deux plateformes de couverts : l'une à Ramillies, en zone IIa de la zone de captage de Ramillies (Brabant Wallon) ; l'autre à Forville, dans une parcelle d'un membre de Greenotec. Nous avons également suivi plusieurs parcelles dans la région de Thuin, dans le cadre d'un projet Agriculture et Faune, mené en collaboration avec l'ASBL Faunes et Biotopes.

3.1. Diversification des espèces du couvert

Situation

La plateforme de Ramillies est située sur une parcelle limoneuse (Aba1), dans la zone IIa de la zone de captage de Mont Saint-André (Ramillies - Brabant Wallon). Elle a été mise en place avec le soutien de la SPGE (financement des analyses et dédommagement de l'agriculteur) et de la SCAM SC (fourniture des semences).



Dans le cadre de la collaboration avec la SPGE, la plateforme devait obligatoirement se trouver dans une zone de contrat de captage (ZCC) problématique. La ZCC de Ramillies a été choisie car elle remplissait cette condition, tandis qu'une parcelle (C.P., agriculteur à Ramillies, au Nord de la ZCC) remplissait d'autres critères précis :

(1) avoir une situation centrale en Wallonie ; (2) bonne accessibilité ; (3) sol et topographie homogènes ; (4) après une culture de céréale et avant une culture de printemps ; (5) accord et collaboration de l'agriculteur pour installer une plateforme chez lui.

La plateforme a été imaginée pour répondre aux attentes d'un public peu sensibilisé à l'intérêt des couverts. Elle est construite autour d'une succession de couverts de plus en plus complexes (de 1 à 10 espèces), incluant des espèces fourragères et/ou non gélives. La plateforme a également fait l'objet d'un essai sur la fertilisation des couverts. La plateforme a fait l'objet d'une visite en novembre 2021 et va être suivi en 2022, pour observer les arrières-effets de différents travaux de sol (labour – TCS) et des couverts.



Figure 96. Photo aérienne de la plateforme à Ramillies en 2021. Crédit : F. Hupin

Objectifs

Les objectifs principaux de cette plateforme sont :

- Sensibiliser les agriculteurs sur l'intérêt des couverts diversifiés ;
- Mesurer l'effet de la composition des couverts sur : les reliquats azotés (APL), la production de biomasse/fourrage et la structuration du sol ;
- Identifier les mélanges les plus adaptés aux conditions climatiques ;
- Mesurer la dynamique de l'azote dans le cas de couverts composés de plus de 50% de légumineuses (hors PGDA).

Si les conditions le permettent, les objectifs secondaires sont :

- Identifier des techniques de destructions les plus adaptées, en fonction de la composition des couverts ;
- Sensibiliser des agriculteurs à la rémanence des sulfonilurées (herbicides anti-dicotylédones) et son impact sur le développement des couverts.

Dispositif expérimental et protocole

La plateforme est implantée dans un contexte d'interculture de longue durée avec anté-précédent chicorées, précédent céréale d'été, suivie par une culture de betteraves sucrières. La parcelle est historiquement labourée tous les ans. L'itinéraire technique de la plateforme est détaillé dans le Tableau 11.

Tableau 11. Itinéraire technique de la plateforme Ramillies 2021

15 août	Moisson du froment
Fin août	Export des pailles
Fin août et 10 septembre	2 passages de déchaumeur à dents
Début septembre	Epannage d'écume de sucrerie
13 septembre	Semis des couverts (rotative- semoir)
15 septembre	Epannage de 100L de N39 sur une partie de la plateforme (voir 3.3)

La plateforme mise en place est une succession de 11 mélanges de couverts différents, semé de bandes parallèles de 6m de large sur 70m de long (Figure 96 et Figure 97).

	6m	6m	6m	6m	6m	6m	6m	6m	6m	6m	6m	6m	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1'	24m
	Chemin pour observations												3m
Ferti du couvert 39 uN	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1'	24m
	Chemin pour observations - trace de pulvé												3m
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1'	24m
	Chemin pour observations												3m
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1'	24m

Figure 97. Dispositif expérimental de la plateforme Ramillies 2021

Les couverts ont été construits sur base de l'expérience de Greenotec, avec la méthode de calcul suivante :

$$\text{Densité de semis totale} = \sum_{i=1}^N \frac{\text{Densité semis espèce pure}_i}{N}$$

N = nombre d'espèces différentes dans le couvert

Le Tableau 12 reprend toutes les informations concernant la composition, les densités et les intérêts de chaque mélange.

Tableau 12. Description des couverts de la plateforme de Ramillies 2021

N°	Composition	Densités (kg/ha)	Coût	Remarques
0	Sol nu	/	/	Témoin
1	Moutarde d'Abyssinie	8	44€	À semer tôt
1'	Phacélie	10	65€	Espèce passe-partout
2	Moutarde / phacélie	4/5 = 9	40€	Mélange SIE de base
3	Radis chinois/ phacélie / vesce	3/3/17 = 23	55€	Mélange plus structuré. Adapté pour les intercultures courtes et longues. /!\ > 50% de légumineuses
4	Radis chinois / phacélie / vesce / tournesol	3/3/13/13 = 32	89€	Mélange bien charpenté, avec une bonne complémentarité des espèces. Adapté pour les intercultures courtes et longues
5	Radis chinois / phacélie / vesce / avoine rude / tournesol	3/1,6/3/9/3,4 = 20	56€	Mélange Selfie (Scam)
6	RG West / avoine rude / pois fourrager / Trèfle d'Alexandrie / Trèfle incarnat / vesce précoce	3/6/17/3/2,5/8 = 39,5	70€	Mélange fourrager et non gélif : pâturage ou fauche /!\ > 50% de légumineuses
7	Radis chinois / radis fourrager / avoine rude/ trèfle d'Alexandrie / Moutarde / phacélie / lin	0,5/1,5/6,5/3,5/0,6/4/3,5 = 20,1	67€	Mélange Access Maxi (Scam)
8	Phacélie / moutarde d'Aby / pois fourrager / avoine rude / moutarde brune / vesce / trèfle d'Alexandrie/ gesse	2/0,8/12,5/4,5/0,4/7/2/6 = 35,2	66€	Mélange pour culture de printemps précoce (céréale, lin) /!\ > 50% de légumineuses
9	Sorgho / radis fourrager / avoine rude / pois fourrager / vesce / trèfle d'Alexandrie / féverole / seigle / trèfle incarnat	2/1,5/4/12/6/2/20/7/3 = 57,5	97€	Mélange 4 saisons, à semer tôt (max début août), composé d'espèces estivales, automnales et hivernales. Non gélif, adapté avant culture de printemps tardives (maïs, légumes) /!\ > 50% de légumineuses
10	Féverole / radis fourrager / tournesol / pois fourrager / avoine rude / phacélie / niger / vesce / lin / trèfle incarnat	20/1/5/10/4/1/1/5/4/3 = 54	114€	Mélange bien adapté aux cultures de printemps racines (betteraves et pommes de terre) /!\ > 50% de légumineuses

Résultats et interprétation

À la suite du faible développement des couverts et afin de limiter les coûts et le temps de travail, il a été décidé de n'échantillonner que les couverts 1', 2, 3, 4, 5, 7 et 9, ainsi que le témoin. Le suivi des couverts 1, 6, 8 et 10 a été abandonné car la majorité des plantes qui les composaient n'ont pas poussé en raison du manque de chaleur. Ils ont seulement été utilisés à des fins de vulgarisation (visite).

Biomasses

Le développement des couverts a été mesuré le 23/11 (70 jours après le semis). Chaque modalité a été échantillonnée deux fois (1m² par échantillon). Un des échantillons a été trié pour déterminer les proportions de chaque espèce au sein du couvert. Les échantillons ont ensuite été séchés pendant 72h à 60°C dans un étuve pour déterminer leur masse de matière sèche (Figure 98). Plusieurs observations peuvent être réalisées sur base de ces résultats :

- Les biomasses sont globalement assez faibles, comprises entre 570kg et 1075kgMS/ha ;
- Plusieurs espèces ne sont pas ou peu développées. On retrouve, parmi ces espèces, la majorité des légumineuses (trèfle d'Alexandrie, féverole, pois fourrager) ainsi que les astéracées (nyger et tournesol) et les graminées estivales (sorgho) ;
- La phacélie et les brassicacées sont les espèces qui ont produit le plus de biomasse ;
- La biomasse produite augmente globalement avec l'augmentation de la complexité du couvert.

Il semble que la date de semis tardive serait le principal facteur qui explique ces résultats. Les couverts n'ont pas pu profiter de l'ensoleillement et de la chaleur estivale. Ce sont les espèces avec les degrés de végétation les plus bas (phacélie, brassicacées, vesce et graminées indigènes) qui ont donc pris l'ascendant sur les autres espèces. Ces espèces s'équilibrent globalement assez bien mais peuvent vite prendre le dessus sur d'autres lorsque les densités de semis sont insuffisantes ou déséquilibrées. C'est le cas du mélange 5 (3kg de radis pour seulement 1,6kg de phacélie). En comparaison avec le mélange 7, le mélange composé de 9 espèces (mélange 9) est moins productif car il ne présente pas de phacélie dans sa composition.

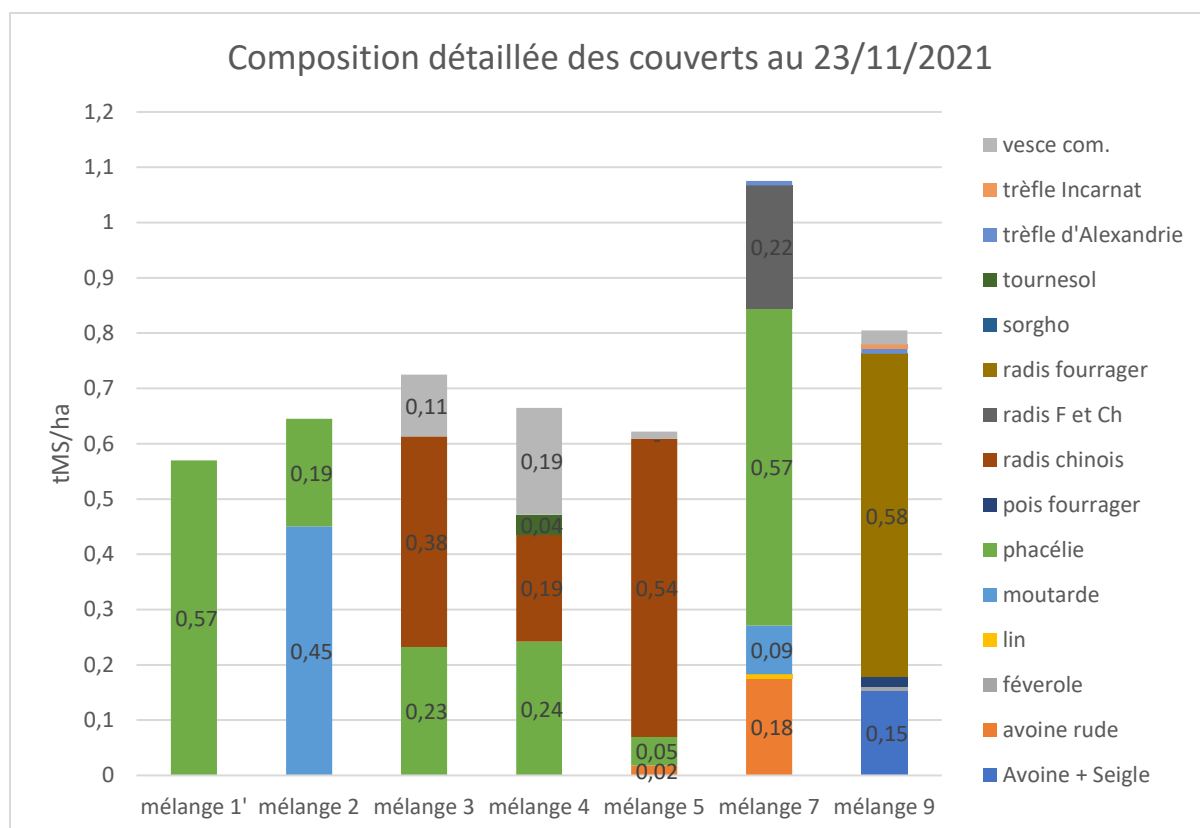


Figure 98. Composition détaillée des couverts au 23/11/2021.

Effet Piège à Nitrate

Une analyse des reliquats azotés globaux a été faite le 25/08 sur la parcelle, au moment de l'export des pailles et avant le 1^{er} déchaumage (Tableau 13 Tableau 13. Reliquats post-moisson au 25/08).

Tableau 13. Reliquats post-moisson au 25/08

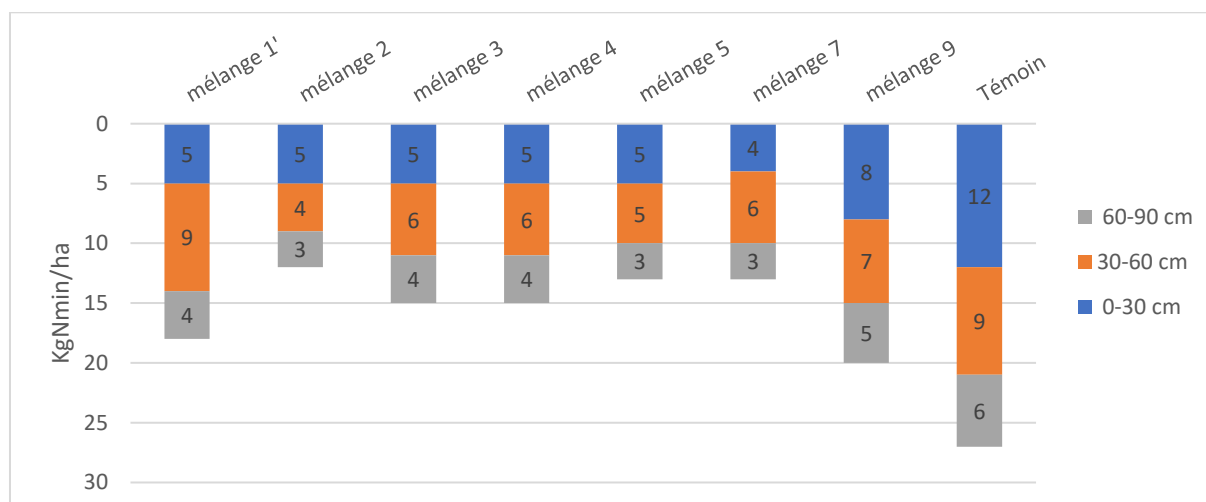
Profondeur	0-30cm	30-60cm	60-90cm	Total 0-90cm
kg-N-NO3/ha	10	5	2	17

N'ayant fait qu'une seule analyse pour toute la parcelle, nous ne pouvons pas identifier les potentielles hétérogénéités de celle-ci. Nous hypothétisons donc qu'elle est homogène, même si cela implique des approximations.

Les reliquats APL ont été analysés le 30/11 dans les 7 mélanges que nous avons conservés (voir explications plus haut), ainsi que dans le témoin sol nu. Ce dernier révèle les APL les plus élevés (27kNmin/ha), bien que tout de même très modérés dans l'absolu⁵. Tous les couverts ont permis de réduire les reliquats, qui vont de 12 à 20kNmin/ha lorsque que le sol était couvert (Tableau 14).

⁵ Selon les données de Protect'eau, les APL se situent en général entre 35 et 60kNmin/ha à cette période

Tableau 14. Reliquats APL au 30/11/2021 sur la plateforme Ramillies 2021. Le témoin correspond à une placette non semée, couverte uniquement par quelques repousses de céréales.



Ces valeurs et différences de valeurs très faibles nous amènent à plusieurs constats :

- La minéralisation de la matière organique a été très faible durant l'automne, ce qui explique également le faible développement des couverts ;
- Les différences de reliquats entre couverts sont trop faibles que pour pouvoir les classer entre eux ;
- Les couverts composés en majorité de légumineuses ne laissent pas plus d'APL que ceux respectant le PGDA III ;
- Nous n'avons pas pu mettre en évidence un lien entre la production de biomasse et l'APL.

Un apport d'engrais azoté aurait pu améliorer la nutrition et donc le développement des couverts. Vu leur faible développement, les différences inter-mélanges n'ont pas pu être mises en évidence. Si les couverts s'étaient plus développés, il en aurait sûrement été tout autre. Lorsqu'elles sont associées à des non-légumineuses, les légumineuses ne limitent peu voire pas l'effet piège à nitrate des couverts et ce, même lorsqu'elles sont largement majoritaires (le couvert 3 est composé à 74% de légumineuses).

Structuration du sol

Pour estimer l'effet des couverts sur la structuration du sol, nous avons réalisé des tests VESS⁶ sur trois zones : le témoin (uniquement repousses de céréales) et deux couverts.

L'ensemble des bêchées livrent le même constat général : l'horizon est divisé en deux zones, une superficielle (0-15cm), correspondant à la profondeur de déchaumage et une zone plus profonde (15-30cm) beaucoup plus compacte. La lecture de ces profils nous offre beaucoup d'informations, validées par le cahier de champs de l'agriculteur.

La Figure 99 illustre une bêchée moyenne prélevée dans le mélange 4. On observe distinctement les deux horizons (0-15cm et 15-30cm). La structure très friable de l'horizon 1 est essentiellement due aux deux déchaumages estivaux qui ont fragmenté le sol. Les racines et l'activité microbienne ont seulement « fini le travail », grandement facilité par la bonne aération du sol. L'horizon 2, plus

⁶ <http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2018/08/Guide-m%C3%A9thode-beche-web.pdf>

compact, est lié à l'historique de la parcelle (anté-précédent chicorée + labour). Le sol a été fragilisé par l'arrachage et par le travail du sol. Le blé d'hiver a légèrement restructuré cet horizon (quelques racines grises visibles) mais moins efficacement qu'un travail du sol. Le couvert en place continue de restructurer le sol (racines blanches), aidé par la microfaune du sol mais il faudra encore 1 an ou 2 avant de retrouver un sol bien structuré. On peut également déceler une faible semelle de labour sous l'horizon 2 (flèches jaunes).

Au final, nous n'observons pas de différences notables entre les 3 modalités (témoin et couverts), vu que les principaux facteurs expliquant l'état du profil sont : (1) Les anciennes compactations et déstructurations du sol ; (2) Les deux déchaumages estivaux. Nous observons tout de même une légère différence entre les profils « couverts » et le témoin. Les deux profils de sol sur lequel des plantes se sont développées sont plus grumeleux et révèlent plus de traces d'activités biologiques (turricules, racines, micro-porosité, etc.).

Scores finaux :

- Témoin : Sq3, bioturbation peu présente ;
- Mélange 2 (Phacélie/moutarde) : Sq 2, bioturbation majoritaire ;
- Mélange 4 (Phacélie/Radis chinois/Tournesol/Vesce commune) (Figure 99) : Sq 2, bioturbation majoritaire.



Figure 99: Bêchée prélevée dans la zone "Mélange 4". Crédit : B. Henry

Conclusions

Les conditions météorologiques extrêmes ont fortement compliqué la mise en place des couverts (en témoigne l'annulation du concours CIPAN 2021 de Protect'eau qui avait été un succès en 2020).

Au vu de la date de semis avancée (mi-septembre), il aurait été judicieux de modifier la composition des différents mélanges et de choisir des espèces plus automnales. Les semences et les mélanges étant déjà prêts dès la fin août, nous avons décidé de maintenir le plan initial, afin d'observer le comportement des plantes en conditions extrêmes. La plateforme n'a donc pas pu remplir l'objectif initial d'identifier les espèces et les couverts les plus performants dans ces conditions climatiques. Mais plusieurs enseignements ont tout de même pu être dégagés et pourront nous servir pour les années futures :

- Les couverts basés sur de la phacélie, des brassicacées et des céréales sont ceux qui s'en sortent le mieux en semis tardif ;
- Les mélanges (minimum 3 sp.) sécurisent le bon développement des couverts, à condition de choisir des espèces adaptées aux conditions et à bien les équilibrer ;
- Après le 10/09 et vu leur coût, les légumineuses estivales n'ont plus d'intérêt ou du moins, leur utilisation n'est plus rentable (effet engrais vert proche de zéro) ;
- En cas d'été-automne peu propice à la minéralisation, une légère fumure azotée pourrait être bénéfique pour le développement du couvert.

Ces constats/réflexions nous amènent également à penser que pour maximiser le potentiel des couverts et pour avoir le meilleur retour sur investissement possible, il pourrait être intéressant d'éviter de les détruire en entrée d'hiver et de continuer à les laisser se développer jusqu'au printemps. Dans ce cadre, seulement une partie de l'essai a été labouré par l'agriculteur (itinéraire classique). L'autre partie sera conduite en TCS.

3.2. Couverts semés à la volée avant la moisson de la céréale avec enrobage des semences

Hypothèses

Un des facteurs déjà identifiés pour la réussite des couverts est la date de semis : plus un couvert est semé tôt, plus la production de biomasse est élevée en entrée d'hiver (moyennant l'adaptation du mélange). Ainsi, les techniques de semis à la volée d'un couvert d'interculture permettraient de profiter de l'humidité du sol avant moisson, de maximiser la biomasse produite, de couvrir le sol dès la moisson, de réduire les coûts d'implantation...

Le semis à la volée avant moisson a été inspiré des recherches et des essais d'AgroTransfert RT et du GIEE Magellan en France. La technique vise à homogénéiser les épandages de semences sur toute la largeur de l'épandeur car chaque semence a des formes et des densités différentes, partant des principes que :

- Certaines semences ont une distance d'épandage naturellement bonne (la vesce par exemple) ;
- Les épandeurs sont calibrés pour épandre de façon homogène des produits comme les engrais solides.

Ces organismes ont alors testé de coller des graines plus petites ou trop peu denses pour permettre un épandage homogène sur toute la largeur. La mélasse joue le rôle de colle entre les différentes

semences et l'argile joue le rôle d'asséchant pour former de belles billes pour un épandage homogène⁷ (Figure 100). Il est à noter que les doses d'argile et de mélasse sont un peu sous-estimé et que lorsque l'on a de grosse graine comme le tournesol les doses sont à revoir à la hausse.



Figure 100. Résultats du procédé de pelletisation d'un mélange de phacélie, vesce, lin, nyger et tournesol avec de la mélasse et de l'argile

Objectifs

À travers une plateforme de démonstration à Forville, l'objectif est d'évaluer les facteurs de réussite et d'échec pour l'implantation du couvert selon différentes modalités : avec ou sans restitution des pailles, à la volée avant moisson, avec sans enrobage des semences, fertilisation ou non, semis direct ou TCS. La plateforme a également fait l'objet d'un évènement de vulgarisation pour diffuser les résultats en temps réel aux agriculteurs intéressés.

Dispositif expérimental et protocole

Choix de la parcelle et plan

La plateforme a été mise en place à Forville (province de Namur) sur une parcelle à sol limoneux. Le choix de la parcelle a été fait sur base des mêmes critères de choix que la plateforme de Ramillies.

Le but premier était de réaliser cette plateforme en collaboration avec la SPGE et la SCAM sur le même principe que la plateforme de Ramillies (voir chapitre 3.1). Mais le choix a été fait de prendre une parcelle avec un antécédent en TCS plus adapté aux modalités voulues (semis direct dépendant fortement d'une bonne structure de sol). La plateforme a donc été réalisée en collaboration avec la SCAM SC qui nous a fourni les semences nécessaires.



⁷ <http://cultivons-les-couverts.agro-transfert-rt.org/pellet/index.html>

La plateforme a été conduite selon le plan suivant (Figure 101). Afin de visualiser l'effet et l'impact des pailles sur le développement du couvert, deux modes de gestion des pailles ont été testés : pailles hachées et restituées ou pailles exportées pour la modalité TCS semée le 02 ou le 15/09. Pour toutes les modalités, l'apport d'azote (60UN) a été testé le 15/09 pour évaluer son effet sur la levée et la production de biomasse.

Les repousses de froment étant très présentes dans la parcelle, l'agriculteur a décidé de les détruire au glyphosate le 31/08 pour le reste de la parcelle (hors plateforme) pour ne pas concurrencer son couvert. Nous avons donc décidé d'inclure dans la plateforme deux bandes de couvert après le passage de glyphosate pour comparer le développement du couvert avec ou sans traitement herbicide.

Différentes méthodes et dates de semis ont été réalisées :

- Semis direct à dents (Aitchinson T-sem) le 01 septembre 2021 ;
- Semis direct à disques (Bednar Omega avec disques relevés) le 02 septembre 2021 ;
- Semis rotative-semoir (TCS) le 02 septembre 2021 ou le 15 septembre 2021 ;
- Semis à la volée le 28 juillet 2021 sur une largeur de 42m avant moisson (du 15/08) avec différents enrobages : mélasse-argile sans biostimulant, mélasse-argile avec biostimulant et hydro-rétenteur (mélange Sanitas – David Verstraete) ou sans enrobage.

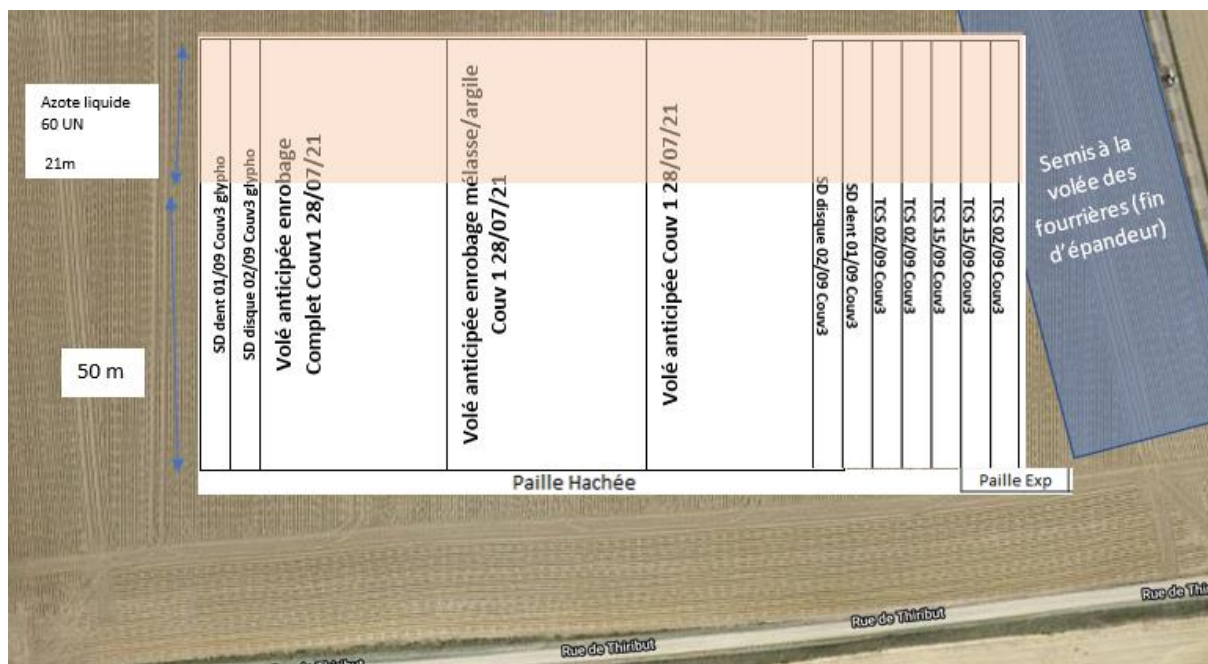


Figure 101. Plan de la plateforme d'implantation du couvert à Forville

Comme certaines espèces du mélange donné par la SCAM n'était pas adaptées à la technique du semis à la volée, deux couverts différents (mais le plus équivalents possibles) ont été semés sur la plateforme :

- Couv3 (mélange selfie 20kg/ha de la SCAM, dont les proportions ont été ajustées pour éviter que des espèces comme l'avoine et le radis dominant les autres) sur les modalités SD et TCS : phacélie 1,6kg/ha, avoine brésilienne 9kg/ha, tournesol 3,4 kg/ha, radis chinois 3kg/ha, vesce de printemps 3kg/ha ;
- Couv1 sur les modalités semis à la volée avant moisson : trèfle d'Alexandrie 4kg/ha, radis fourrager 3kg/ha, tournesol 12kg/ha, phacélie 3kg/ha et vesce de printemps 18kg/ha.

Mesures réalisées

Il est à noter que deux moissonneuses-batteuses différentes ont moissonné la parcelle, l'une perdant du grain. Des bandes de repousses ont alors été observées à différents endroits de l'essai. Le choix a donc été fait d'échantillonner uniquement les bandes d'essai sans repousses pour éviter les biais causés par les différentes de machines.

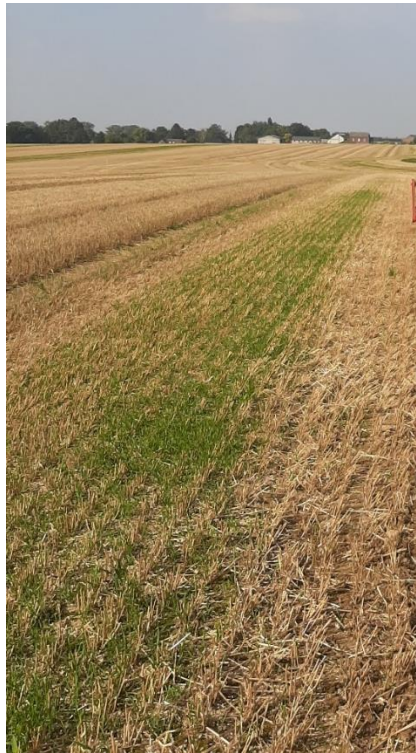


Figure 102. Repousses en fonction du passage des différentes moissonneuses batteuses sur la plateforme de Forville

De plus, au vu des conditions de moissons tardives et de faible développement des couverts, nous avons fait le choix de ne présenter que les résultats des semis à la volée. En effet, l'extraordinairement faible développement des autres couverts ne justifiait pas, selon nous, une évaluation de la biomasse.

1) Levées

Les levées des différents couverts ont été mesurées le 26 octobre en comptant le nombre de pieds par espèces de couvert sur un quadrat de 1m² en 4 répétitions par modalité.

2) Biomasses

Les biomasses des couverts semés à la volée, uniquement, ont été évaluées le 23 novembre en prélevant toutes les plantes dans un quadrat d'1m² en 4 répétitions par modalité. Pour 2 d'entre elles, les espèces ont été séparées entre elles pour estimer leur proportion respective dans le couvert. Les échantillons ont ensuite été placés en étuve à 100°C pendant 2 jours, puis ont été pesés.

Le pourcentage de couverture des repousses de froment a été estimé via l'application Canopéo.

3) Reliquats azotés

Les reliquats azotés ont été analysés le 25 août (après moisson et avant semis des couverts) en prélevant 8 échantillons dans la zone de la plateforme.

Une deuxième analyse a été réalisée le 30 novembre sur les modalités mélasse-argile et témoin sol nu, avec et sans apport d'azote, en 8 répétitions par modalité.

4) Marge économique

Le coût supplémentaire que représente chaque technique d'implantation a été calculé avec l'outil Mecacost développé par le CRA-W :

- Semis à la volée : coût des matières premières de l'enrobage (mélasse et argile), d'un passage d'épandeur à engrais et de la main d'œuvre de ce passage et de la confection de l'enrobage des graines ;
- SD : coût du passage du semoir et de la main d'œuvre ;
- Rotative-semoir : coût du passage du combiné de semis et de la main d'œuvre.

Deuxième parcelle

Le partenariat avec Faune et Biotopes et le parc naturel Burdinale-Mehaigne a permis au même agriculteur de semer une seconde parcelle à la volée avec un mélange différent (vesce, tournesol, phacélie, nyger, lin). Le semis et les prises de mesures ont été faites aux mêmes dates et suivant les mêmes protocoles que la plateforme présentée précédemment. Les semences ont été enrobées avec de la mélasse et de l'argile. Dans ce cas-ci, le précédent était de l'épeautre. Il est à noter que le nyger avait déjà gelé lors des relevés de biomasse, ce qui peut expliquer les biomasses faibles pour cette espèce.

Résultats et interprétation

Plateforme

1) Levées

Tout d'abord, on observe un effet négatif des enrobages sur les levées. Il semblerait que l'année humide a donné un désavantage à ces pratiques.

Ensuite, l'enrobage complet donne de très mauvais résultats qui pourraient être dus à la présence de l'hydro-rétenteur qui aurait fait pourrir les semences. Dans l'analyse des résultats, on se focalisera donc sur la comparaison avec ou sans enrobage mélasse-argile.

Enfin, l'enrobage mélasse-argile semble améliorer la répartition des semences sur la largeur d'épandage, avec des levées plus homogènes (Figure 103). Sans enrobage, la majorité des semences se trouvent entre 0 et 10m, tandis qu'au-delà, on retrouve majoritairement la vesce, le trèfle d'Alexandrie et le radis (peu présent à 20m cependant). A partir de 15m, on observe majoritairement de la vesce dans le couvert, avec ou sans enrobage.

La modalité d'enrobage mélasse-argile est donc encourageante mais pourrait être améliorée pour avoir un épandage homogène sur toute la largeur, car le tournesol et la phacélie sont peu présents à 20m.

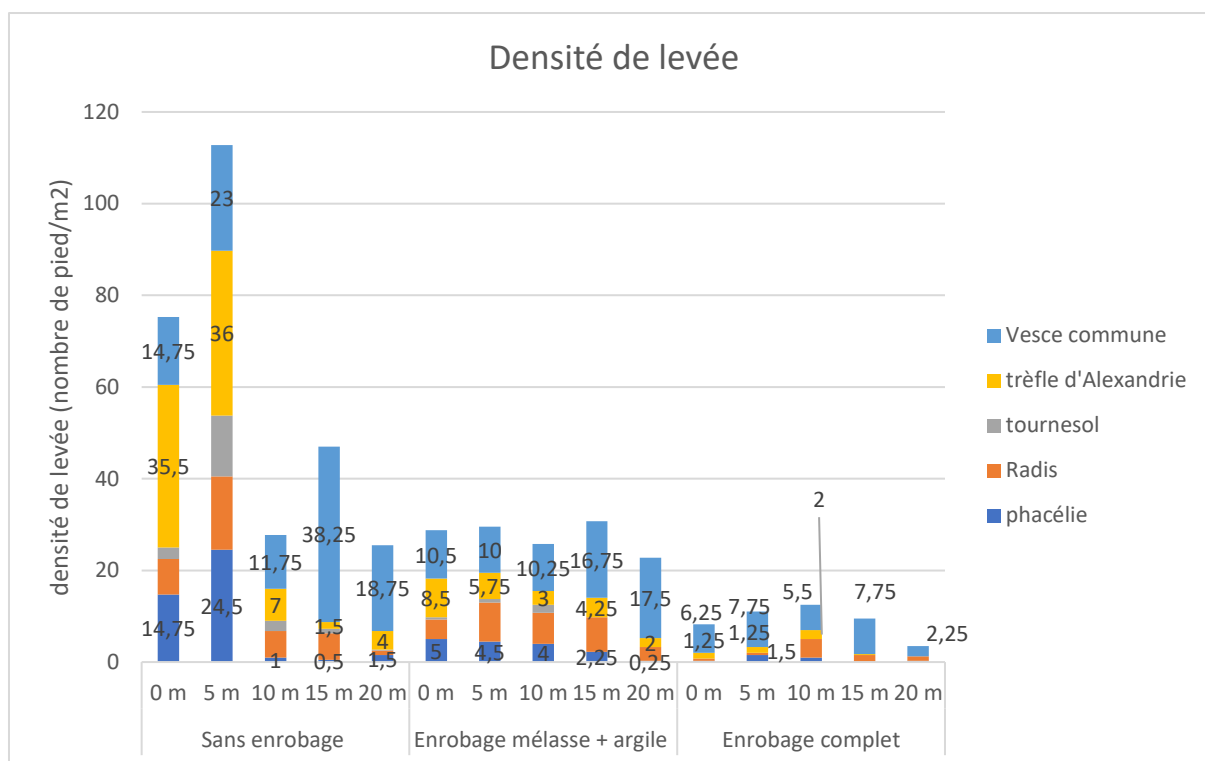


Figure 103. Densités de levée le 26/10/21 à Forville en fonction des espèces semées à la volée et des différents enrobages

2) Biomasses

La biomasse produite dans les couverts semés à la volée est encourageante pour l'année que l'on a connue. En effet, peu de couverts ont pu être implantés avant début septembre dans des précédents céréales d'hiver. Ici, la date de semis précoce nous a permis de produire jusqu'à 3 tonnes de matière sèche au 28 novembre. Il s'agissait des plus beaux couverts après céréales d'hiver récoltés tardivement (15 août).

Lorsque l'on compare la biomasse moyennes sur 42m de largeur en fonction des enrobages, on remarque une plus forte production de biomasse sans enrobage avec presque 3 tonnes de matières sèche produite contre un peu plus de 2 tonnes pour l'enrobage mélasse-argile (Figure 104).

Globalement, l'espèce dominante dans le mélange est la vesce, probablement la conséquence d'un manque d'azote dans la parcelle provoqué par les pailles hachées. Les autres espèces sont présentes dans des proportions assez équilibrées, hormis la phacélie qui est presque inexistante. Il est toutefois à noter que l'enrobage de mélasse et d'argile semble avoir un effet négatif plus marqué sur le développement du tournesol.

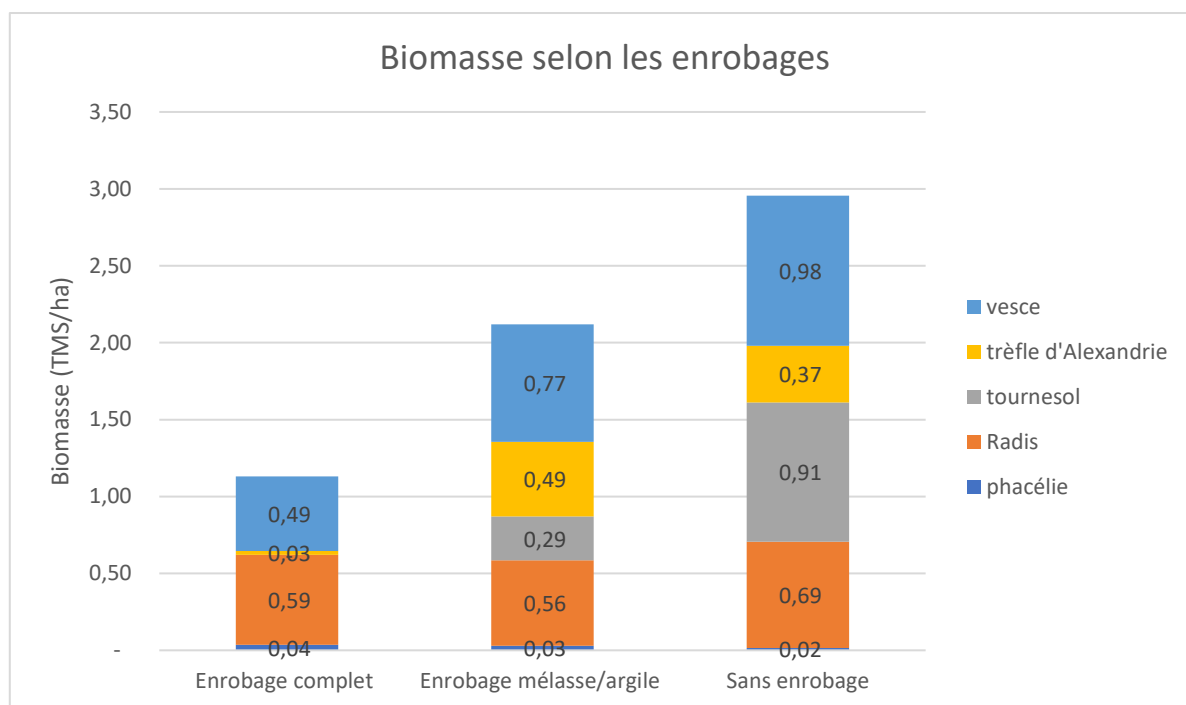


Figure 104. Biomasse produite le 23 novembre à Forville en fonction des espèces présentes et des différents enrobages

Les relevés de biomasse à 0 et 21 m de la trace de pulvérisateur indiquent que la biomasse n'est pas homogène sur la largeur d'épandage (Figure 108). Pour les deux modalités, la biomasse est supérieure à côté de la trace de pulvérisateur (+ 1,5 tonnes en mélasse-argile et + 4 tonnes sans enrobage) qu'à 20m. L'enrobage permet toutefois d'améliorer l'homogénéité du développement du couvert sur la largeur d'épandage.

Toutes les espèces sans enrobage sont présentes à 0m du passage du tracteur. Mais à 21m, les seules espèces qui ont été projetées à cette distance sont la vesce et le trèfle d'Alexandrie. Avec l'enrobage mélasse-argile, les mêmes espèces sont présentes à 21m, avec le radis en plus qui a pu être épandu à cette distance grâce à l'enrobage. Le tournesol ne s'est pas collé sur les autres graines avec l'enrobage ce qui n'a pas permis un épandage à 21m.

Des observations complémentaires ont pointé que de 10 à 15m, les tournesols étaient encore présents dans la modalité enrobage (Figure 106). Dans la modalité sans enrobage, toutes les espèces étaient présente à 10-15m, avant de ne laisser la place qu'au trèfle d'Alexandrie et à la vesce à plus de 15m, en trop faible quantité que pour couvrir efficacement le sol.

En conclusion, l'absence d'enrobage a permis de produire une biomasse supérieure mais une couverture du sol insuffisante à 21m, tandis que l'enrobage de mélasse et d'argile a produit moins de biomasse en moyenne mais une couverture du sol satisfaisante sur toute la largeur.

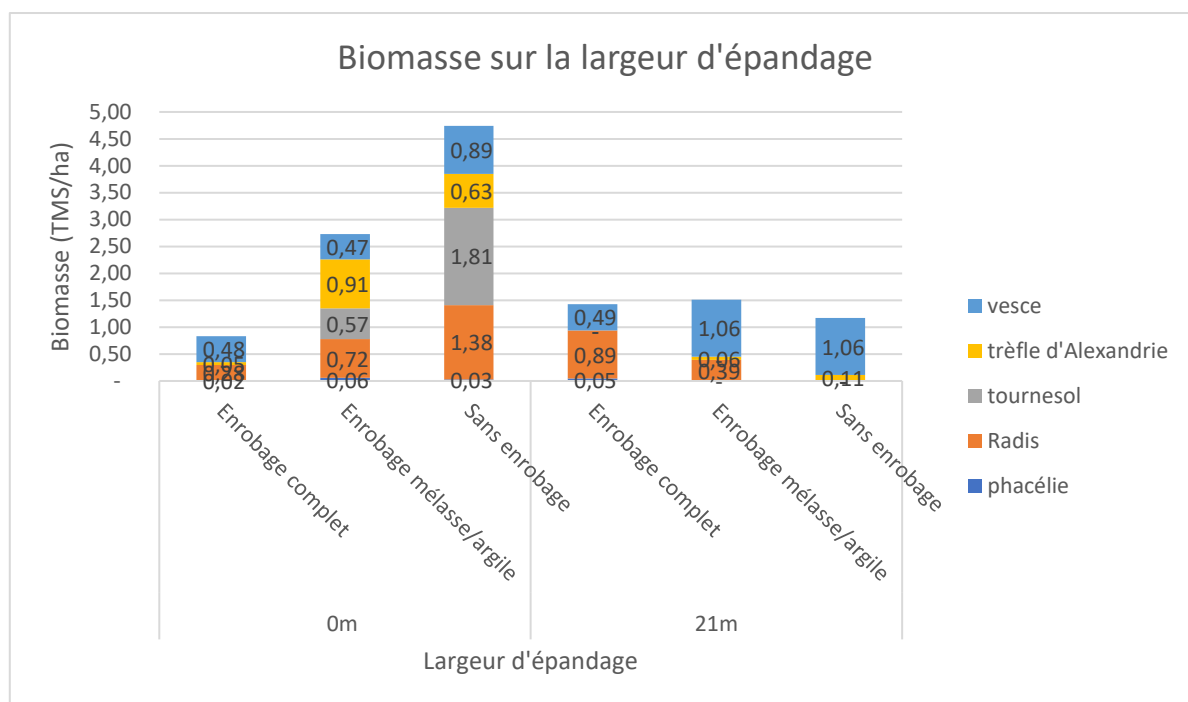


Figure 105. Biomasse produite par les différentes espèces du couvert semé à la volée à Forville en fonction de l'enrobage et de la distance de l'épandeur



Figure 106. Couvert semé à la volée sans enrobage à 10-15m de l'épandeur, le 21/10/18 à Forville

3) Marge économique

Les surcoûts des différentes techniques ont été estimés pour déterminer si l'enrobage pouvait être compensé par l'économie de charge d'un passage d'épandeur comparativement à un passage de semoir. La modalité la moins chère était le semis à la volée avant moisson, l'économie réalisée compensant largement le surcoût engendré par l'enrobage (Figure 107). C'est donc une technique prometteuse qui permet une date de semis ultra-précoce (un des leviers majeurs qui permet de produire une biomasse importante) à faible coût. Le temps de travail, majoritairement représenté par la confection de l'enrobage, est déplacé à une période moins chargée de l'année.

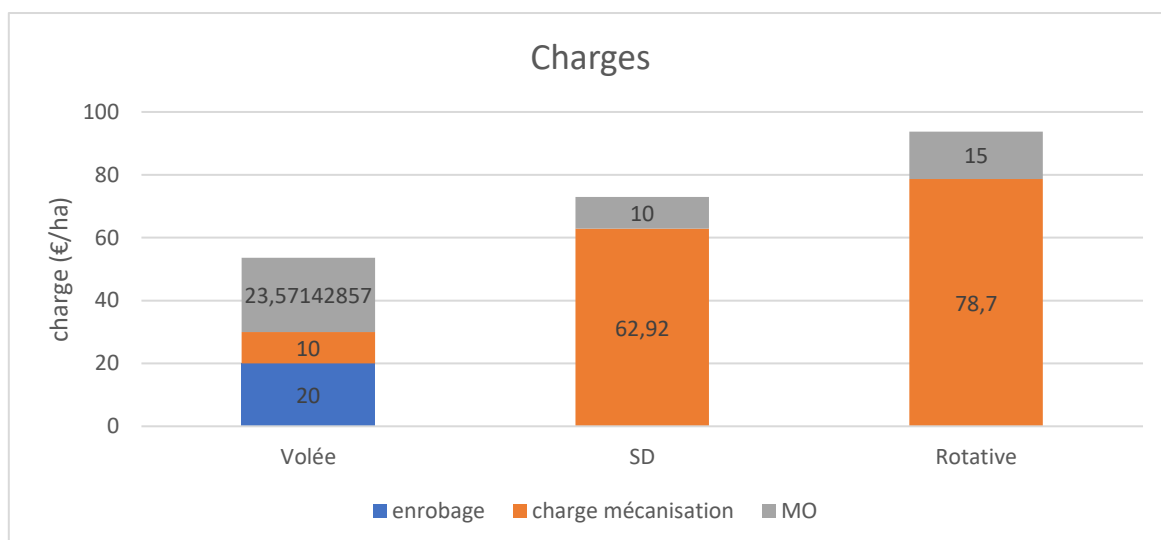


Figure 107. Charges d'implantation des couverts selon les différentes méthodes

Deuxième parcelle

La biomasse produite par les couverts semés à la volée suit la cinétique d'épandage en cercle de l'épandeur. Une telle répartition peut avoir plusieurs causes : un enrobage mal réalisé/optimisé ou un mauvais réglage de l'épandeur.

Le semis à la volée s'étant réalisé tardivement il y a eu quelques pertes de grains causés par le passage du tracteur. C'est la concurrence du couvert par les repousses qui expliquent donc la faible biomasse à 0m (Figure 108). La majorité de la biomasse est observées à 7 et 14m, aux trois quarts de la distance d'épandage (Figure 109). À la distance maximale d'épandage (21m), la production de biomasse est divisée par 2, notamment car le tournesol, la phacélie et le nyger ne sont pas présents. En revanche, la vesce représente la moitié de la biomasse, voire plus, preuve une fois de plus du manque d'azote présent sur la parcelle. Enfin, L'enrobage et le choix des espèces est à améliorer pour avoir une biomasse homogène.

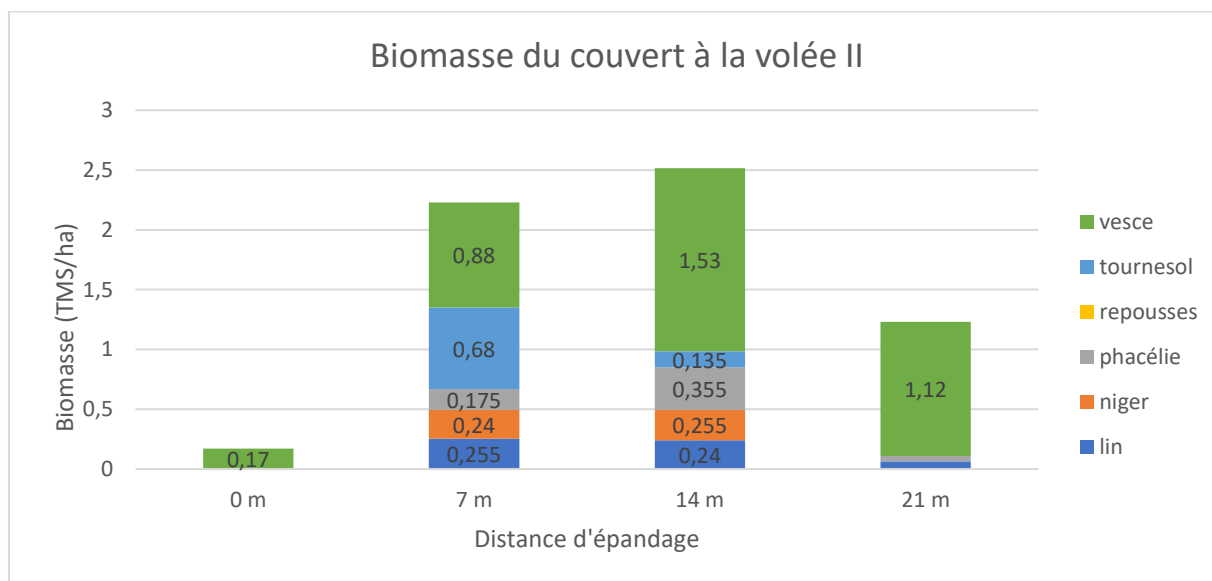


Figure 108. Biomasse produite sur la seconde parcelle par les différentes espèces du couvert en fonction de la distance de l'épandeur



Figure 109. Couvert semé à la volée avec un enrobage mélasse-argile (situation fin octobre)

Conclusions

Les couverts obtenus étaient très satisfaisants, dans ce contexte d'été très humide et de moisson tardive. La technique permet aussi une implantation à moindre coût. Ces résultats sont bien sûr à confirmer en année sèche et notamment concernant l'intérêt de l'enrobage. Dans tous les cas, c'est une technique qui fonctionne en année humide à condition d'accepter une perte d'homogénéité du couvert en l'absence d'enrobage. La composition du couvert à la volée est à améliorer pour permettre un semis plus homogène. Ainsi, il faudrait retirer la phacélie et peut-être le tournesol dans les mélanges, au bénéfice du nyger, voire du maïs.

Avec cette plateforme et grâce aux parcelles que nous avons pu suivre dans le cadre du partenariat avec Faune et Biotopes et le PNBM, nous avons pu déterminer des facteurs de réussite et d'échec de la technique de semis à la volée des couverts :

- Eviter les désherbages de printemps (sulfonylurées) ;
- Eviter les pertes de grain par la moissonneuse en veillant au bon réglage et en éparpillant les menues pailles si possibles ;
- Semer le plus proche de la moisson (de 15 jours avant la moisson à la veille de la moisson) ;
- Eviter les parcelles avec beaucoup d'adventices et les zones tassées ;
- Avoir un épandeur adapté aux largeurs de pulvérisation ;
- Adapter l'enrobage aux semences ;
- Récolter les pailles le plus rapidement possible (sinon la presse risque d'endommager le couvert) ;
- Bien choisir ses espèces car certaines ne sont pas adaptés (avoine, féverole, pois...) ;
- Enrobage non nécessaire en dessous de 27m de largeur d'épandage ;
- ...

Des essais sont prévus dans les prochaines années pour continuer à peaufiner la technique qui semble prometteuse.

3.3. Fertilisation azotée du couvert

Hypothèses

En contexte de carence azotée (faible minéralisation, réorganisation de l'azote par la dégradation des pailles), un apport d'azote (minéral ou organique) sur les couverts permettrait d'améliorer leur développement végétatif et donc les services associés (structuration du sol, concurrence des adventices, recyclage des nutriments, stockage de carbone, etc.). Cette fumure azotée aurait un effet « starter » sur les couverts et un effet neutre ou négatif sur la quantité d'APL en entrée d'hiver.

Objectifs

- 1) Mesurer l'effet d'une fumure azotée sur le développement végétatif de différents couverts ;
- 2) Déterminer la dose de fumure idéale ;
- 3) Identifier l'effet de la fertilisation sur l'APL en entrée d'hiver.

Dispositif expérimental et protocole

Cet essai a été intégré dans la plateforme couvert de Ramillies. Le dispositif expérimental est détaillé au point : 3.1 Diversification des espèces du couvert.

Résultats et interprétation

Après 2 mois de développement, les différences sont très prononcées entre les zones avec et sans fertilisation azotée. Cette fertilisation a conduit à des augmentations de biomasses produites de + 49% (phacélie seule – couvert 1') à + 126% (mélange 4), par rapport aux couverts non fertilisés. Cette augmentation de développement est bien visible sur la Figure 96. Cette fertilisation a surtout bénéficié aux espèces nitrophiles, à savoir la phacélie et les radis, au détriment des fabacées, qui sont moins concurrentielles en situation non limitante d'azote. Ces observations sont visibles sur les Figure 110 et Figure 111, qui illustrent respectivement les différences spécifiques et totaux des mélanges.

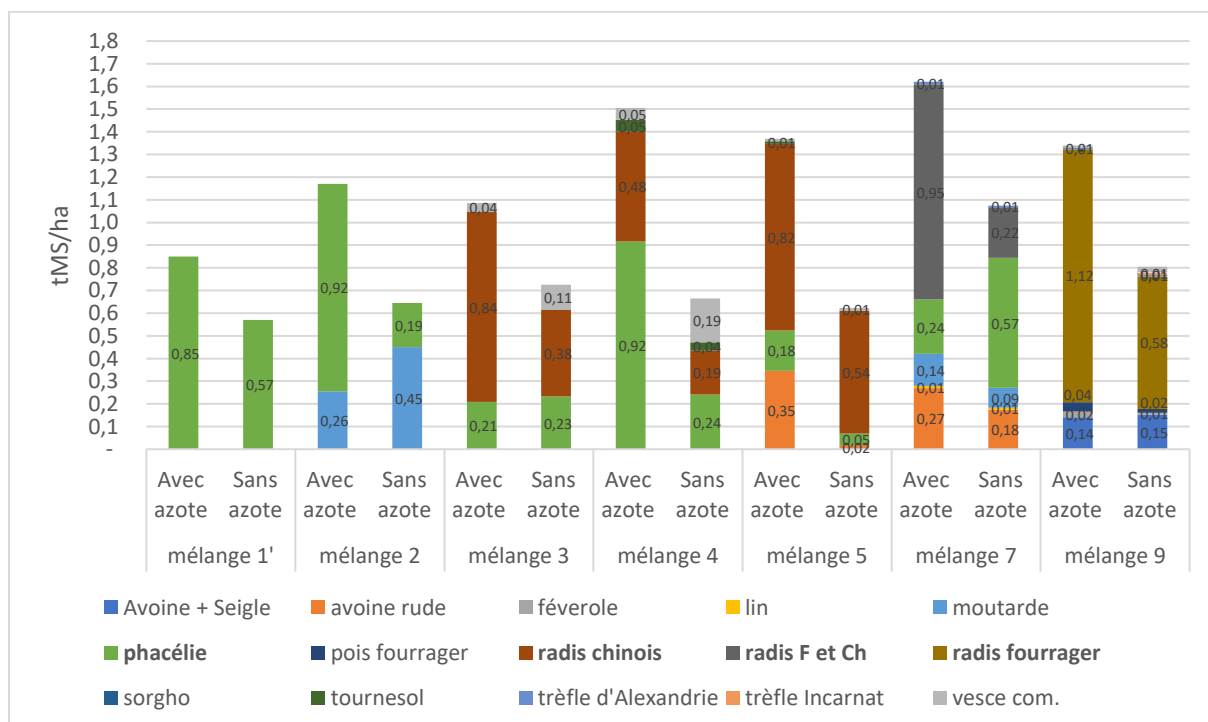


Figure 110 : Ramillies : Influence de la fertilisation sur le développement des couverts et l'équilibre intra-mélange

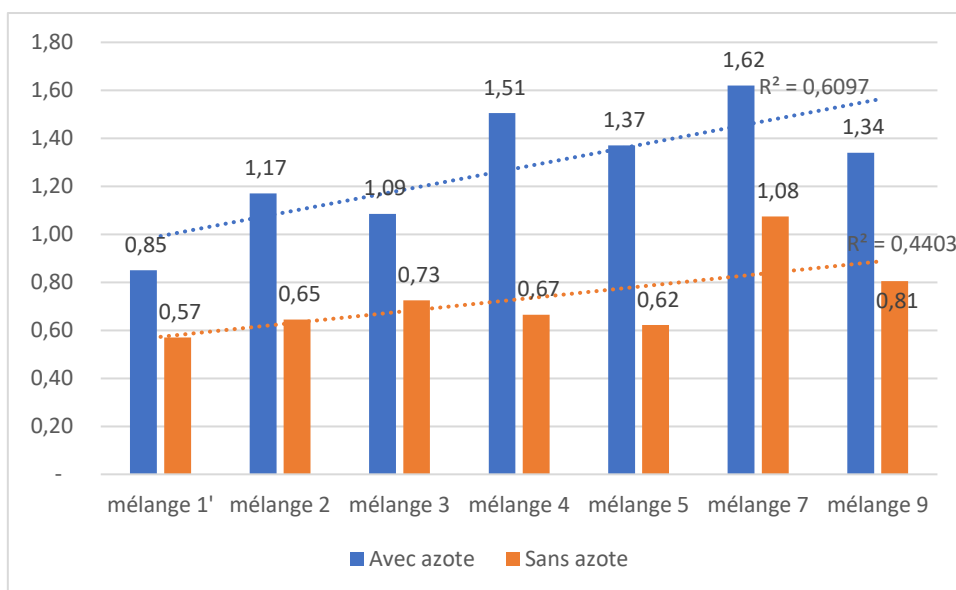


Figure 111 : Influence de la fertilisation sur le développement des couverts

Nous avons émis comme hypothèse l’effet « starter » de la fumure sur les couverts, en parallèle du maintien des quantités d’APL en entrée d’hiver sous le seuil de référence, conditions sine qua non pour promouvoir cette technique. Selon les analyses que nous avons réalisées fin novembre, il semblerait que les 39 unités d’azote minérale aient été prélevées entièrement par les couverts, qu’importe leur composition. Les différences de reliquat entre les parties fertilisées et non fertilisées vont de -4uN (mélange 9) à + 7uN (mélange 3). Ces valeurs sont a priori trop faibles pour être significativement différentes. Nous pouvons donc conclure à un effet neutre de la fertilisation sur les reliquats APL pour cet essai.

La fumure est en revanche encore bien présent dans le sol du témoin ‘Sol nu’, où nous retrouvons l’entièreté de l’azote épandu dans le profil

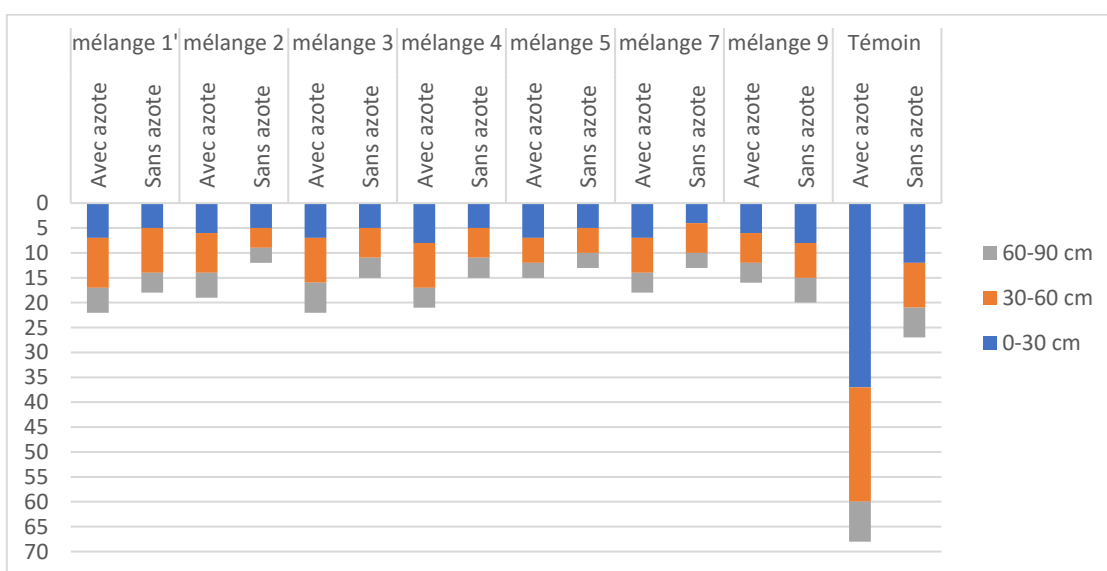


Figure 112 : Reliquats azotés en entrée d’hiver selon la fertilisation

Conclusions

Cette essai *fertilisation* a pu mettre en évidence l'intérêt de la fertilisation des couverts dans le cas d'une carence en azote du sol, lié à un faible reliquat post moisson (17uN), un manque de minéralisation (temps froid) et la dégradation de résidus de culture carbonés (racines, chaumes, etc.). L'ensemble des couverts ont très bien réagis à la fertilisation, avec des augmentations de développement remarquable. Nous n'avons par contre pas (encore) pu mesurer ou mettre en évidence les arrières-effets positifs que cela peut induire pour les cultures suivantes et la fertilité globale de la parcelle.

Dans un contexte global, il nous semble intéressant de favoriser les effluents organiques à la place d'une fertilisation minérale mais seulement si sol portant et que les planning d'épandage ne retardent pas la date de semis. Ce qui n'était pas le cas cette année.

Au point de vue environnemental, le risque pour la qualité de l'eau ne semble pas être impacté. Réaliser un bilan carbone de technique pourrait être intéressant, dans le mesure où la fertilisation peut remplacer un labour ou un déchaumage et permettre une augmentation du stockage de carbone dans le sol.

L'intérêt économique va en revanche être lié à la disponibilité en matière organique à proximité de la ferme et le cours des engrais azotés. Vu la situation actuelle, avec des engrais à plus de 600€/t⁸ (2€/unité d'azote), une telle fertilisation n'est pas rentable.

Nous envisagerons à l'avenir de mettre moins d'azote (15-20uN), pour limiter les couts, les risques de lixiviation en cas de mauvais développement du couvert, tout en assurant une bonne nutrition du couvert dans ses premiers stades de développement. Une telle fertilisation pourrait également être localisée sur les rangs de semis, afin d'être au plus près des besoins des plantes.

3.4. Semis direct de betteraves et gestion du couvert

Hypothèses

Pour réussir le semis direct de la betterave et bénéficier des effets positifs pour l'environnement, l'un des principaux leviers est l'optimisation de la gestion du couvert d'interculture, en termes de composition et de modalité de destruction, notamment.

Objectifs

Le pâturage des moutons étant connu pour provoquer un tassement de surface, l'objectif principal de l'essai est d'observer l'effet du pâturage du couvert et son mode d'implantation sur la culture de la betterave en semis direct.

Dispositif expérimental et protocole

Le dispositif expérimental (Figure 113) et les mesures sont identiques à l'essai sur le travail du sol pour l'implantation en SD de la betterave à Brugelette (Deschamps), détaillé au chapitre 1.4.2, en se focalisant sur les modalités suivantes :

- « SD SD » : semis direct du couvert, pâturé (Figure 114) et SD de la betterave ;
- « SD pâturé » : semis du couvert en TCS, pâturé et SD de la betterave ;
- « SD non pâturé » : semis du couvert en TCS, non pâturé et SD de la betterave ;

⁸ <https://www.web-agri.fr/marches-agricoles/engrais>

- « Cultivateur + fraise » : semis du couvert en TCS, pâturé et semis de la betterave en TCS.



Figure 113. Plan de la parcelle d'essai globale à Brugelette (Deschamps). Dans ce chapitre, seules les modalités en vert sont comparées (+ témoin) : semis du couvert en TCS et pâturé ou non et SD du couvert pâturé



Figure 114. Pâturage des couverts par les moutons à Brugelette (Deschamps)

Résultats et interprétation

Levées

Le pâturage du couvert ne semble pas impacter la levée des betteraves (Figure 115), avec toutefois des petites tendances (non significatives). La levée la plus faible est en effet observée dans la modalité de couvert en TCS non pâturé : l'azote et les minéraux rendus disponible par le pâturage permettraient d'améliorer la levée de la betterave. La modalité « SD SD » (semis direct du couvert et de la betterave)

semble montrer les meilleurs résultats : l'absence de travail du sol depuis le semis du froment permettrait de diminuer le tassement superficiel causé par les moutons.

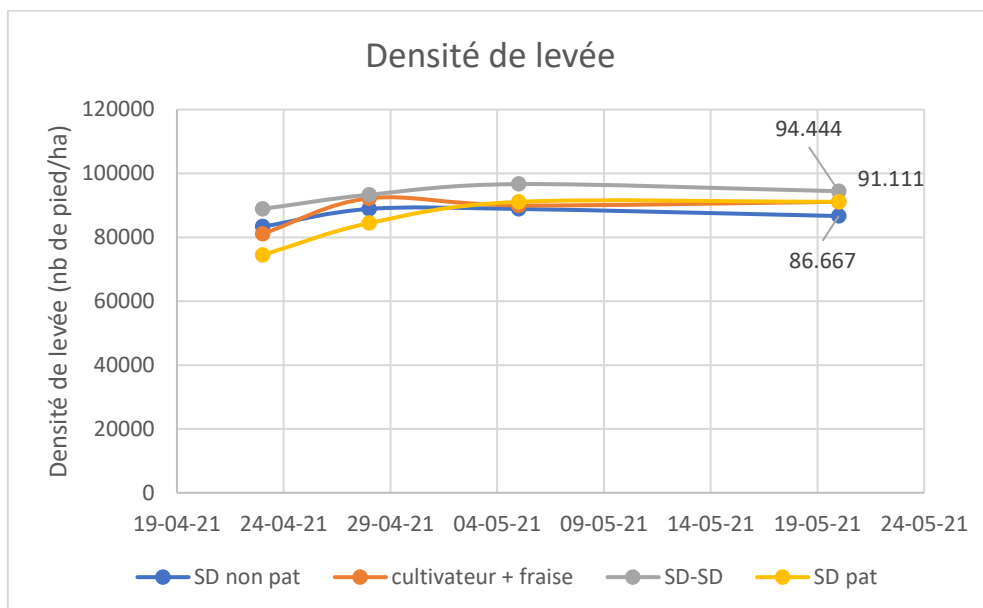


Figure 115. Densités de levée à plusieurs dates selon les modalités de travail du sol et de gestion du couvert.

Rendement

Les rendements suivent les tendances (non significatives, avec une différence de 6T entre les extrêmes) observées pour les levées dans le graphique précédent. La modalité du couvert semé en direct a montré la meilleure structure de sol, le tassement plus superficiel engendré par les moutons ayant été plus vite rattrapé par la vie du sol. Des gains de presque 4 et 6 tonnes ont été obtenus dans cette modalité comparativement aux modalités dont le couvert a été semé en TCS, non pâturé et pâturé, respectivement. Si l'on compare uniquement la variable « pâturage » (modalité SD pâturé et SD non pâturé) le pâturage ne montre qu'une très légère baisse (1T/ha). Le tassement de surface engendré par le pâturage semble être compensé par les bénéfices annexes (meilleure disponibilité de l'azote et d'autres minéraux, activation de la vie du sol...). C'est donc l'antécédent de travail du sol qui est un facteur-clef de réussite des implantations de betteraves en semis direct.

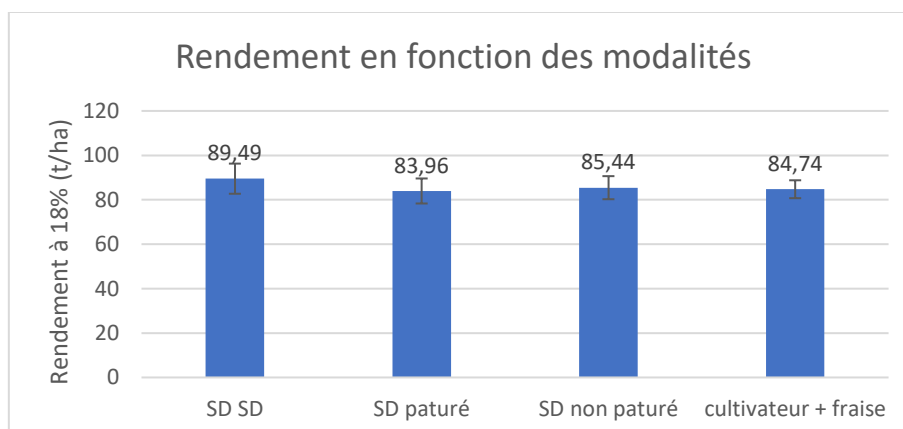


Figure 116. Rendement à 18% des betteraves en fonction des différentes modalités de semis et de gestion du couvert à Brugelette (Deschamps)

Nos observations nous ont permis de confirmer l'effet du pâturage sur les mulots. En effet, aucun dégât de mulot n'a été observé dans les modalités pâturées, alors que des dégâts et des galeries ont été observés dans la modalité non pâturée (Figure 117). Le pâturage des moutons dérange probablement les colonies de mulots en piétinant leurs galeries, tout en rendant le sol plus visible pour les prédateurs naturels (faucon crécerelle, buse...).



Figure 117. Galerie de mulot observée dans la modalité non pâturée à Brugelette (Deschamps)

Conclusions

Le pâturage du couvert n'a pas eu d'impact négatif sur le rendement de la betterave. En début de printemps, nous avons observé une petite compaction en surface créée par les moutons, mais qui s'est bien régénérée par la vie du sol jusqu'au semis. Le semis direct du couvert permettrait de moins fragiliser cette couche superficielle, rendant la structure du sol plus apte à accueillir la betterave en semis direct.

L'essai a permis de répondre aux craintes que nous avions sur l'effet du pâturage du couvert sur la structure du sol avant semis direct de la betterave. Le pâturage par les moutons s'inscrit pleinement dans nos systèmes agroécologiques car il permet une valorisation du couvert, une disponibilité accrue des éléments nutritifs captés par le couvert, une structure du sol adaptée au semis direct et une destruction sans chimie ni machine de certaines espèces de couverts.

Enseignements 2021 et perspectives 2022

Optimisation des couverts d'interculture

La réussite des couverts est un point-clef pour développer des pratiques agricoles durables, qui ne fera jamais assez l'objet d'évènements de vulgarisation. Avec les plateformes mises en place, nous avons pu engranger des informations sur les facteurs de réussite des couverts diversifiés à haute biomasse.

Nous répéterons ces plateformes en 2022 pour générer des données extrapolables à différentes conditions climatiques. Les essais, quant à eux, pourront se focaliser sur l'adaptation de la gestion des couverts en vue de réduire les intrants chimiques et de réussir les semis directs au printemps des cultures sensibles à l'érosion.

4. Convergence de l'agriculture de conservation et de la biologique

4.1. Essais systèmes dans le cadre du projet Transaé

En partenariat avec le CRA-W, un réseau d'agriculteurs en AB et en AC est suivi depuis plusieurs années, chaque ferme expérimentant, sur une parcelle, la réduction du travail du sol pour les AB et la réduction des produits phyto pour les AC. Le rapport sera rédigé conjointement avec le CRA-W avant la fin du projet Transaé⁹ prévu en juin 2022.

4.2. Essais parcellaires dans le cadre de la collaboration avec Farm for Good

En partenariat avec l'association Farm for Good¹⁰, des suivis de parcelles et d'essais ont été réalisés pour mener les cultures de moutarde et d'association avoine-pois en bio et réduction du travail de sol (Annexe 1 et Annexe 2).

⁹ <https://transae.eu/fr>

¹⁰ <https://farmforgood.org/>