

Greenotec



RAPPORT DE RECHERCHE

2022 2023



ASBL Greenotec

Rue Jean sonet 23/3, 5032 Gembloux

www.greenotec.be

contact@greenotec.be

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 entre autres, la restauration d'une mosaïque paysagère diversifiée. Ce changement d'échelle permet de mieux tirer parti 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, l'annonce de l'UE d'enfin développer une Stratégie pour la protection des sols à l'horizon 2030 et la mise en place par la Wallonie de l'Eco-Régime Couverture Longue des Sols et la nouvelle MAEC Sol.

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 dès lors 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. 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.

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 : Marianne, Hélène, François, Quentin, Camille, Laurent, David 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
	Camille Cossement	cossement.c@greenotec.be	0474 18 22 19
	Laurent Serteyn	serteyn.l@greenotec.be	0472 57 33 06
	Marianne Flahaux	flahaux.m@greenotec.be	0472 42 83 13
	Hélène Louppe	louppe.l@greenotec.be	0472 69 75 71
	David Verstraete	verstraete.d@greenotec.be	0491 59 77 54

Table des matières

Préambule	0
Table des figures.....	1
Table des tableaux.....	6
Introduction.....	1
1. Préservation de la structure et la vie du sol.....	2
1.1. Impact des pratiques d'implantation de la betterave sucrière sur les risques d'érosion hydrique	2
1.2. Réduction du travail de sol.....	7
1.2.1. Décompactage automnal dans un couvert vivant avant betterave sucrière	7
1.2.2. Implantation de betteraves sucrières en TCS et semis direct	10
1.2.3. Modulation d'apport d'azote sur betteraves sucrières en semis direct	16
1.2.4. Réduction du travail du sol en petit pois.....	20
2. Diminution des intrants de synthèse	27
2.1. Bio-régulation grâce aux plantes compagnes	27
2.2. Utilisation de bio-intrants.....	38
2.2.1. Extraits végétaux en froment d'hiver	39
2.2.2. Bio-priming de semences non-traitées en maïs.....	40
2.2.3. Bio-priming et injection d'extrait de compost sur semences traitées avec fongicide en maïs	42
2.2.4. Injection d'extraits de compost en betterave	44
3. Amélioration de la fertilité des sols par l'optimisation des couverts végétaux	47
3.1. Couverts semés à la volée avant la moisson de la céréale.....	47
3.1.1. Semences avec enrobage d'argile et mélasse	48
3.1.2. Semences avec bio-priming.....	58
3.2. Composition de couverts relais automne/printemps et potentiel méthanogène	62
3.3. Potentiel des espèces et variétés de vesces dans les couverts.....	68
3.4. Mesure de la biomasse des couverts de l'année et potentiel de mesure par satellite	75
4. Expérimentations Systèmes en Réseau de parcelles : concilier AB et ACS	79
4.1. Contexte	79

4.2.	Hypothèse	79
4.3.	Expérimentations	79
4.3.1.	Froment et féverole (Herquegies, Hainaut)	80
4.3.2.	Moutarde blanche (Wanze, Condroz)	81
4.3.3.	Moutarde blanche (Ferme universitaire de l'UCLouvain - Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon)	82
4.3.4.	Colza (Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon)	82
4.3.5.	Pommes de terre (Courcelles, Hainaut)	84
4.4.	Conclusions.....	84
5.	Plateforme de démonstration de la Raffinerie Tirlemontoise	85
5.1.	Betteraves	86
5.2.	Froment	87
5.3.	Chicorée.....	87
5.4.	Féverole.....	87
5.5.	Couvert	89
6.	Résumé	92

Table des figures

Figure 1. Test Beerkan permettant d'évaluer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol (Source : ITAB Asso)	3
Figure 2. QuantiSlakeTest pour évaluer la stabilité structurale du sol	4
Figure 3 : Capacité d'infiltration de l'eau selon les pratiques culturales, en 2022 et 2023	5
Figure 4 : Stabilité structurale selon les pratiques culturales, en 2022 et 2023	5
Figure 5 : Lien entre stabilité structurale, teneur en carbone sur argile et pratiques culturales, en 2022 et 2023.....	6
Figure 6 : Galerie de vers de terre bouchée par du limon fin	8
Figure 7 : Zone de lissage créée par un outil à une quinzaine de cm de profondeur	8
Figure 8 : Feuillet compactés sous la petite semelle de 15cm	8
Figure 9 : Décompacteur Agrisem (largeur 3 m, 4 dents)	8
Figure 10 : Structure magnifique entre les dents de décompaction en sortie d'hiver (5 avril 2023)	9
Figure 11 : Partie décompactée à gauche et non décompactée à droite, en sortie d'hiver (5 avril 2023)	9

Figure 12 : Betteraves en zone non décompactée au-dessus et betteraves en zone décompactée en dessous.....	10
Figure 13 : Rendement et densité dans les modalités « décompacté » et « non décompacté » (fin octobre 2023).....	10
Figure 14 : Couvert Biomax en 2021	11
Figure 15 : Pâturage du couvert par les moutons	11
Figure 16 : Parcelle d'essai couverte de trèfle avant le semis	12
Figure 17 : Structure du sol	12
Figure 18 : Etat du couvert en entrée hiver	13
Figure 19 : Etat de la parcelle le 02/03/2023	13
Figure 20 : Densité et rendement à 18 % de la betterave sur la parcelle Brugelette I.....	14
Figure 21 : Densité et rendement à 18 % de la betterave sur la parcelle Brugelette II	15
Figure 22 : Betterave en semis direct le 26 juin 2023	15
Figure 23 : Bande de semis direct entre les lignes et TCS à l'extérieur	15
Figure 24 et Figure 25: Structure du sol le 22 mars 2023	17
Figure 26 : Semis direct à gauche et TCS à droite avec manquements visibles dans les 2 modalités. Sur la photo de droite, racines de betterave déviée dans la modalité SD 80 N27.....	18
Figure 27 : Rendement des modalités SD avec les différentes formes d'azote. Codes couleurs des bâtonnets : en bleu, SD à +/- 80 unités d'azote au semis ; en vert, SD à +/- 80 unités d'azote au semis + 30 unités d'azote fourni par Utrishia ; en violet, SD à 100 unités d'azote au semis.....	19
Figure 28 : Graphique comparatif du rendement et de la levée de 2 modalités TCS à 60 unités de N27 avec la modalité témoin semis direct à 80 unités de N27. Codes couleurs des bâtonnets : en orange, TCS à 60 unités d'azote (on attendait une fourniture de 20 unités d'azote par la minéralisation suite au travail du sol) ; en vert, SD à +/- 80 unités d'azote au semis.	20
Figure 29. Dynamique de levée des pois dans l'essai Franc-Waret.	23
Figure 30. Modalités A (précédent froment, destruction chimique) à gauche et B (précédent froment, destruction mécanique) à droite, juste avant le semis (3 juin 2023).....	23
Figure 31. Levée de pois hétérogène dans la modalité A (modalité 1-5).....	24
Figure 32 : Répartition des stades (nœuds végétatifs) atteints par les pois en fonction des modalités de gestion du couvert / semis	24
Figure 33 : Rendement et marge brute de l'essai Franc-Waret	25
Figure 34. Dispositif expérimental du suivi des auxiliaires et ravageurs en betterave. Les points rouges représentent les zones d'observations de 10 betteraves (et féveroles, le cas échéant) ; les lignes bleues et rouges, les aménagements de bordure ; les parcelles rouges, l'association betterave-féverole ; les parcelles vertes, les betteraves pures.....	29
Figure 35. Nombre total de pucerons noirs observés sur betteraves et féveroles tout au long de la saison culturale, dans 5 localités. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.	30

Figure 36. Nombre total et diversité des auxiliaires observés sur betteraves et féveroles tout au long de la saison culturale, dans 5 localités. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.	30
Figure 37 : Phénologie des pucerons verts aptères, selon les modalités d'association et la proximité de la bordure, dans 5 localités en 2023. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.	31
Figure 38. Phénologie des coccinelles, adultes et larves, selon les modalités d'association et la proximité des bordures, dans 5 localités en 2023. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.	31
Figure 39. Phénologie des Cantharides adultes selon les modalités d'association et la proximité des bordures, dans 5 localités en 2023. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.	32
Figure 40. Bande de couvert non détruit à Brugelette, le 22/05/2023 et le 07/06/2023.	33
Figure 41. Phénologie des pucerons noirs sur betterave, à Brugelette en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.	33
Figure 42: Phénologie des auxiliaires sur betterave, à Brugelette en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.	33
Figure 43. Phénologie des pucerons verts aptères sur betterave, à Brugelette en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.	34
Figure 44 : Phénologie des pucerons noirs, des verts aptères et des auxiliaires sur betterave, à Perwez et à Hannut en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.	35
Figure 45 : Phénologie des pucerons noirs, des verts aptères et des auxiliaires sur betterave, à Huy en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.	36
Figure 46 : Phénologie des pucerons verts aptères sur betterave, à Enghien en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ;	

BF_fev_50_NT : fenêtre non traitée en milieu de parcelle associée ; ligne rouge : traitement insecticide.	37
Figure 47 : Résultats relatifs des analyses de sève sur cinq parcelles distinctes (EV = Extraits végétaux, ici extrait fermenté d'ortie).	39
Figure 48: Rendements de froment d'hiver selon deux modalités (TNT = Témoin ; EV = Extraits végétaux, ici extrait fermenté d'ortie)	40
Figure 49: Bio-priming de semence maïs NT (21-05-2023).....	40
Figure 50: Senescence plus rapide des premières feuilles de maïs sur la modalité témoin (à gauche) par rapport à la modalité avec bio-priming (à droite) sur la parcelle d'essai de Wanze (24/08/2023).....	41
Figure 51: Effet du bio-priming sur la levée du maïs NT	41
Figure 52: rendement maïs à Herquegies	42
Figure 53: rendement du maïs à Wanze	42
Figure 54. Bio-priming de semences de maïs traitées (04/05/20223).....	43
Figure 55: effet de l'application d'extrait de compost sur le maïs.....	43
Figure 56: adaptation du semoir pour application d'extrait de compost (03/05/2023).....	44
Figure 57: Pourcentage de levée de la betterave sur les différentes modalités testées, 7 et 23 jours après semis.....	45
Figure 58 : Rendements de la betterave selon les modalités d'injection	46
Figure 59: Rendement normalisé des betteraves sur les différentes modalités	46
Figure 60 : Semoir de semis direct lors de la visite de la plateforme le 09 novembre.	49
Figure 61. Vue aérienne de la parcelle.....	49
Figure 62. Structure du sol de la parcelle au moment du semis (à gauche). Présence de mottes fermés et de zones plus compactes à certains endroits (à droite).	50
Figure 63 : Modalité paille exportée le 21 novembre.....	51
Figure 64 : Modalité paille exportée le 29 août	51
Figure 65. Biomasse des couverts par modalité.....	53
Figure 66. Mélange maison avec enrobage (semé à la volée à l'épandeur à engrais) le 21 novembre.	53
Figure 67. Mélange Alpha Semences (semé à la volée à l'épandeur à engrais) le 21 novembre.	53
Figure 68 : Mélange maison semé en TCS, le 21 novembre.	54
Figure 69 : Mélange maison en semis direct à 5 cm, le 21 novembre.....	54
Figure 70. Biomasse de chaque espèce en fonction des modalités.....	55
Figure 71 : Charge de mécanisation et de travail en fonction des modalités (MO : Main d'œuvre)....	55

Figure 72 : Mesure des APL dans les modalités à deux dates	57
Figure 73. Carte de NDVI de la parcelle.....	57
Figure 74. Levée de la modalité 5 après moisson (02/08/2023).....	60
Figure 75. Résultats de l'essai bio-priming sur interculture courte.	61
Figure 76: récolte de la biomasse dans la modalité 5 (17/10/2023).....	61
Figure 77. Bandes de couverts de l'essai situé à Berloz.	62
Figure 78. Biomasses sèches des différents couverts dans les 3 localités d'essais.....	64
Figure 79 : Azote contenu dans le profil à deux 2 dates différentes.....	65
Figure 80 : Repousses dans la modalité 5 à Berloz.....	66
Figure 81 : Biomasses sèches et vivantes au 15 février 2024 à Berloz en fonction de différentes modalités.....	66
Figure 82 : Biomasses sèches et vivantes au 15 février 2024 des différentes plantes ayant passées l'hiver dans les couverts broyés le 17 octobre 2023 ou non broyés.....	67
Figure 83 : Vue aérienne de la parcelle d'essai.	68
Figure 84: Schéma d'implantation de l'essai « vesces »	69
Figure 85: Biomasse des vesces et des repousses de céréales	70
Figure 86: Biomasse des différentes espèces du mélange.....	71
Figure 87: Vesces en pure à gauche et en mélange à droite	71
Figure 88: Biomasse des vesces vivantes en sortie d'hiver	72
Figure 89: Biomasse et APL fin novembre.....	72
Figure 90 : Relevé des APL au 29/11 en fonction des modalités	73
Figure 91: Relevé des APL au 12/2 en fonction des modalités	73
Figure 92 : Carte des parcelles échantillonnées.....	75
Figure 93 : Précipitation par région de mai à septembre	76
Figure 94 : Impact du précédent sur la biomasse des couverts.....	77
Figure 95 : Impact du semis sur la biomasse du couvert	77
Figure 96 : Semis au drone d'un couvert de luzerne et trèfle avant moisson le 8 juillet 2023 (Herquegies, Hainaut)	80
Figure 97 : Plan de la parcelle en 2023.....	86
Figure 98 : Rendement à 18% des betteraves.....	87
Figure 99 : Rendement en fonction des modalités	88
Figure 100 : Parcelle d'avoine-féverole-trèfle avant récolte.....	88

Figure 101 : Structure du sol après le trèfle.....	89
Figure 102 : Couverture du sol par le trèfle le 25 janvier.....	89
Figure 103 : Structure du sol après le couvert le 25 janvier.....	90
Figure 104 : Biomasse des couverts en fonction des modalités	91

Table des tableaux

Tableau 1 : Itinéraire technique avec dates d'interventions	8
Tableau 2 : Différence de travail du sol dans l'essai.....	12
Tableau 3 : Composition du couvert	13
Tableau 4 : Modalité de travail du sol de l'essai	13
Tableau 5 : Itinéraire technique avec dates d'interventions	17
Tableau 6 : Quantités et formes d'azote utilisées dans l'essais fertilisations au semis de la betterave	18
Tableau 7 : Ensemble des opérations culturales réalisées sur chaque modalité de l'essai « Franc-Waret ». Roulage : effectué au rouleau Cambridge ; Glyphosate : dose 720 g/ha ; Disques : passage au Pottinger Terradisc à 5-8 cm de profondeur ; Chisel lourd : passage au Rolmako U6358H (équivalent Actisol).....	21
Tableau 8. Recette de bio-priming utilisée en maïs.....	41
Tableau 9 : Recette utilisée en injection	42
Tableau 10 : Modalités d'application de biostimulants de l'essai betterave.....	45
Tableau 11. Itinéraire technique de la plateforme d'essai d'Estinnes.....	51
Tableau 12. Modalités de l'essai bio-priming d'interculture courte.....	59
Tableau 13. Composition des mélanges de semences de l'essai bio-priming d'interculture courte....	59
Tableau 14. Dates des opérations de l'essai bio-priming.....	60
Tableau 15 : Densités et coût des différentes modalités de couverts.....	63
Tableau 16 : Densité des couverts en mélange.....	69
Tableau 17 : Prix moyens des différents types de vesce en 2023.....	74
Tableau 18 : Aperçu des résultats du mélange froment-féverole 2022-2023 (Herquegies, Hainaut)..	80
Tableau 19 : Aperçu des résultats de moutarde brune 2022-2023 (Wanze, Condroz).....	81
Tableau 20. Aperçu des résultats de moutarde blanche 2022-2023 (Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon).....	82
Tableau 21. Aperçu des résultats de colza 2022-2023 (Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon).....	83
Tableau 22 : Opération en fonction des modalités.....	87

Tableau 23 : Itinéraire technique des couverts après féverole.....	89
Tableau 24 : Itinéraire technique des couverts après froment.....	90
Tableau 25 : Restitution d'azote en fonction des couverts.....	91

Introduction

Le présent document constitue le rapport des activités de recherche qui ont été menées par l'ASBL Greenotec dans le cadre des projets *Agroécologie et Agriculture de Conservation*, *Terraé* et *GAA* sur la saison culturale 2022-2023.

Comme vous l'avez sûrement constaté (si vous habitez en Belgique !), les deux années que nous venons de vivre ont été marquées par des événements climatiques extrêmes. Trop humide, froid, sec, chaud : nous avons dû faire face à toutes les situations météorologiques lors de la mise en place et du suivi de nos essais. Ces contrastes se ressentent dans ce rapport qui contient de belles réussites, plusieurs échecs et de nombreux enseignements, structurés selon nos trois objectifs :

- La préservation de la structure et de la vie du sol ;
- La diminution des intrants de synthèse ;
- L'optimisation des couverts végétaux.

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

Contexte

Plus qu'un simple substrat pour la culture, le sol est un écosystème à part entière. 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 matières organiques. Par la combinaison de ces pratiques, la porosité biologique du sol sera favorisée, permettant d'obtenir une structure propice à la réussite de la culture sans labour ou autre travail du sol intensif.

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 travail du sol réduit.

- Echantillonnage sur une trentaine de parcelles : Comment les différents modes d'implantation de la betterave sucrière influencent-ils la stabilité structurale et la capacité d'infiltration des sols, et donc leur résistance à l'érosion hydrique ?
- Essais agronomiques « on Farm » : Performance de cultures implantées en travail du sol réduit (Non labour/TCS, semis direct, strip-till).

1.1. Impact des pratiques d'implantation de la betterave sucrière sur les risques d'érosion hydrique

Hypothèses

La betterave sucrière est l'une des cultures sarclées les plus emblavées dans les fermes wallonnes. Elle est souvent implantée après un travail profond du sol (labour/décompactage) et sa faible couverture printanière en fait l'une des cultures les plus problématiques au niveau du ruissellement et des coulées de boue. Ces problématiques sont, entre autres, dues aux faibles capacités d'infiltration des parcelles et à la faible stabilité structurale des sols travaillés.

Afin de réduire ces risques et d'améliorer leurs sols, de nombreux agriculteurs mettent en place des pratiques de conservation des sols (couverture maximale du sol, réduction de l'intensité de travail du sol, diversification de la rotation). En culture de betterave sucrière, ces principes se traduisent par : une destruction tardive du couvert d'interculture (en période de gel, voire jusqu'au semis dans le cas de couverts non gélifs ou non gelés) ; un travail du sol superficiel (TCS) ou inexistant (semis direct) ; un allongement du temps de retour aux cultures sensibles à l'érosion. Ces pratiques sont prometteuses mais leur impact direct sur la fertilité physico-chimique du sol reste à démontrer sur base de données de terrain.

Nous avons donc établi la question suivante : la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol et la stabilité structurale du sol, en tant que paramètres déterminant les risques d'érosion hydrique, sont-elles influencées par les antécédents de travaux de sol, le taux de matière organique (MO), les modalités de gestion du couvert d'interculture et le mode d'implantation de la betterave ? Ou plus largement : **quelles sont les pratiques les plus à même de limiter les risques d'érosion hydrique en culture de betterave ?**

Objectifs

Dans cette étude de 2 ans, menée par l'ASBL Greenotec en partenariat avec le groupe Climate Farming de la Raffinerie Tirlemontoise, le Centre de Recherche Agronomique de Wallonie (CRA-W), le Parc Naturel Burdinale-Mehaigne et Terrae, une trentaine de parcelles ont été sélectionnées en Wallonie chaque année, avec les objectifs suivants :

- Evaluation de la capacité d'infiltration de l'eau et de la stabilité structurale ;
- Détermination des facteurs pouvant influencer ces deux paramètres, tels que les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, ainsi que les modalités de gestion de la parcelle ;
- Comparaison des capacités de production des différentes modalités de gestion.

Dispositif expérimental et protocole

Trente parcelles réparties dans la zone limoneuse de Wallonie ont participé à l'étude chaque année. Chacune est définie par l'intensité du travail du sol (indicateur STIR) entre la récolte de la culture précédente et l'implantation de la betterave, le type de sol et ses caractéristiques, et la durée d'implantation du couvert. Le STIR étant difficile à lier aux pratiques agricoles, 4 catégories ont été différenciées : semis direct au printemps, labour d'hiver, TCS léger (maximum 3 passages à maximum 15 cm de profondeur), TCS lourd (plus de 3 passages et/ou à plus de 15cm de profondeur). Néanmoins, chaque catégorie s'accompagne d'une série d'autres pratiques : rotation, fréquence des travaux lourds, longueur de couverture de sol, etc. Elles sont donc bien à considérer comme des systèmes, à la lecture des résultats ci-après.

Dans chaque parcelle, les analyses suivantes ont été réalisées au mois de mai 2022 et 2023 :

- Analyses de sol pour la texture, la granulométrie, le pH et le taux d'humus (0-10 et 0-30 cm de profondeur), en échantillons composites.
- Le test Beerkan¹ (4 répétitions par parcelle) qui exprime la capacité d'infiltration de l'eau en mm/h (Ks), obtenu en versant un volume d'eau connu dans un cylindre et en mesurant le temps nécessaire à son infiltration complète (Figure 1).



Figure 1. Test Beerkan permettant d'évaluer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol (Source : ITAB Asso)

¹ <http://www.itab.asso.fr/downloads/solab/fiche-solab-beerkan.pdf>

- Le QuantiSlakeTest², méthode mise au point par le CRA-W pour quantifier la stabilité structurale d'un échantillon de sol. Sur chaque parcelle, 4 échantillons de sol ont été prélevés (entre 3 et 8cm de profondeur environ) à l'aide d'emporte-pièces de 100 cm³ et de 5 cm de haut (cylindres de *Kopecky*). Les échantillons sont séchés à l'air libre pendant 1 mois minimum puis placés dans un panier immergé dans une colonne d'eau et pesés en temps réel. La cinétique de perte de masse de la motte témoigne de sa désagrégation provoquée par l'eau. La dérivée de la cinétique permet de calculer l'aire sous la courbe (AUC) : plus elle est faible, moins le sol est stable vis-à-vis des phénomènes d'érosion hydrique.

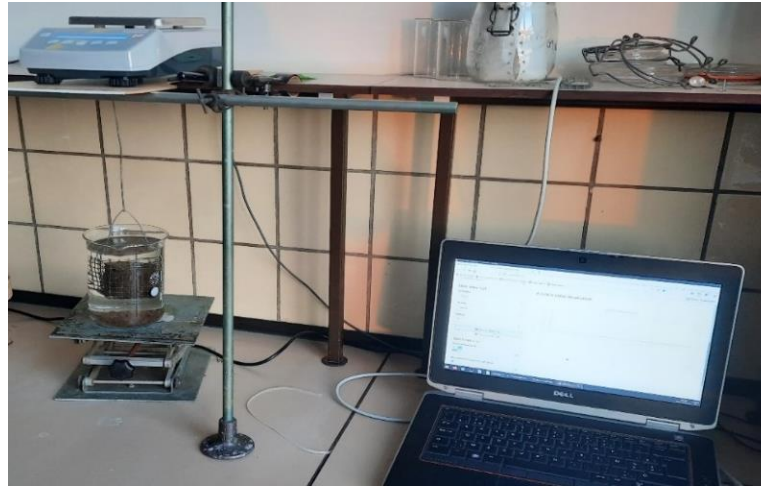


Figure 2. QuantiSlakeTest pour évaluer la stabilité structurale du sol

Résultats et interprétation

La capacité d'infiltration du sol varie selon les pratiques culturales, mais aussi selon les conditions climatiques de l'année (Figure 3). En 2022, à la suite d'un été 2021 très humide et un hiver 2021-22 sans gel, la structure du sol était peu favorable au semis direct de printemps, ce qui se traduisait par une faible capacité d'infiltration du sol et des rendements inférieurs aux autres modalités. En 2023, les parcelles labourées ont présenté une bien plus grande infiltration qu'en 2022. En moyenne sur les deux ans de l'étude, c'est le TCS léger qui permet la meilleure infiltration qu'en SD, TCS lourd et labour. Il est à noter cependant que les données d'infiltrométrie présentent une grande variabilité, au sein et entre les parcelles, et que les différences ne sont donc pas significatives entre les modalités de travail de sol.

² https://comifer.asso.fr/images/pdf/15emes_rencontres/Resumes/R21-RESUME-POSTER-VANWINDEKENS-STABILITE-STRUCTURALE-QUANTISLAKETEST.pdf

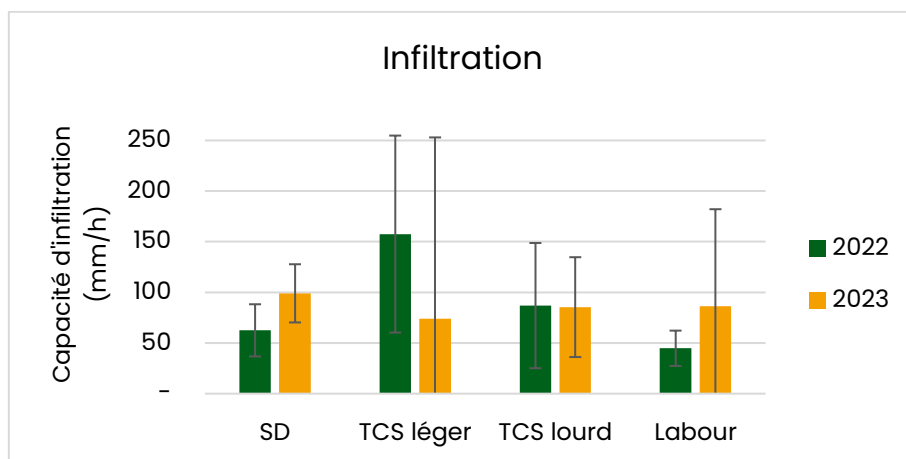


Figure 3 : Capacité d'infiltration de l'eau selon les pratiques culturales, en 2022 et 2023

Contrairement à l'infiltration, la stabilité structurale du sol suit les mêmes tendances sur les deux années de l'étude (Figure 4). La stabilité en semis direct, pour les deux années cumulées, est significativement supérieure à celles des pratiques culturales simplifiées et la stabilité en labour est significativement inférieure à ces dernières. Néanmoins, les pratiques de travail du sol n'expliquent pas à elles seules ces résultats, car elles sont étroitement corrélées à des longueurs différentes de couverture des sols (presque jusqu'au semis pour le SD, par rapport à plusieurs mois de sol nu pour les terres labourées en entrée d'hiver).

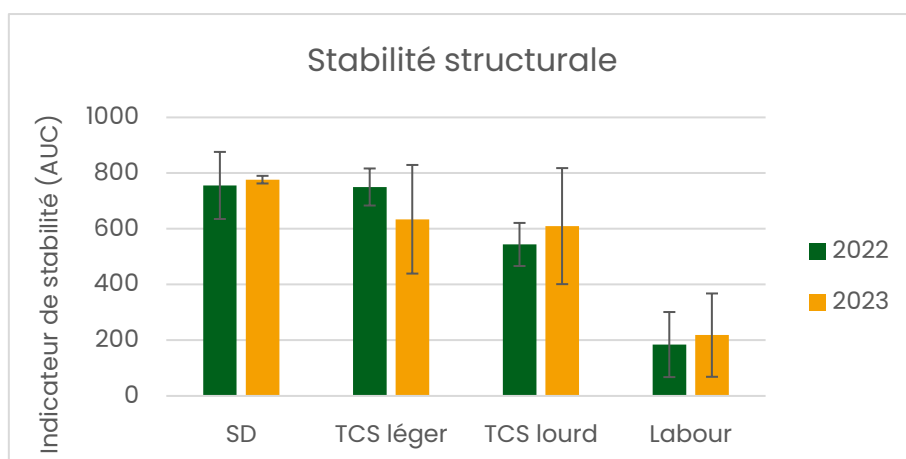


Figure 4 : Stabilité structurale selon les pratiques culturales, en 2022 et 2023

Ces résultats pourraient s'expliquer en partie par une plus grande teneur en carbone organique (ramenée au taux d'argile) et une concentration de ce carbone dans l'horizon superficiel pour les sols peu travaillés (Figure 5). On constate que pour les systèmes en travail du sol réduit, la diminution de la teneur en carbone/argile s'accompagne d'une diminution de la stabilité structurale. Pour les systèmes en labour, cependant, malgré une teneur similaire au TCS lourd, la stabilité du sol s'effondre. Cela est probablement en partie dû à la période de sol nu durant l'hiver, qui réduit l'activité biologique du sol et contribue à la déstructuration des agrégats naturels.

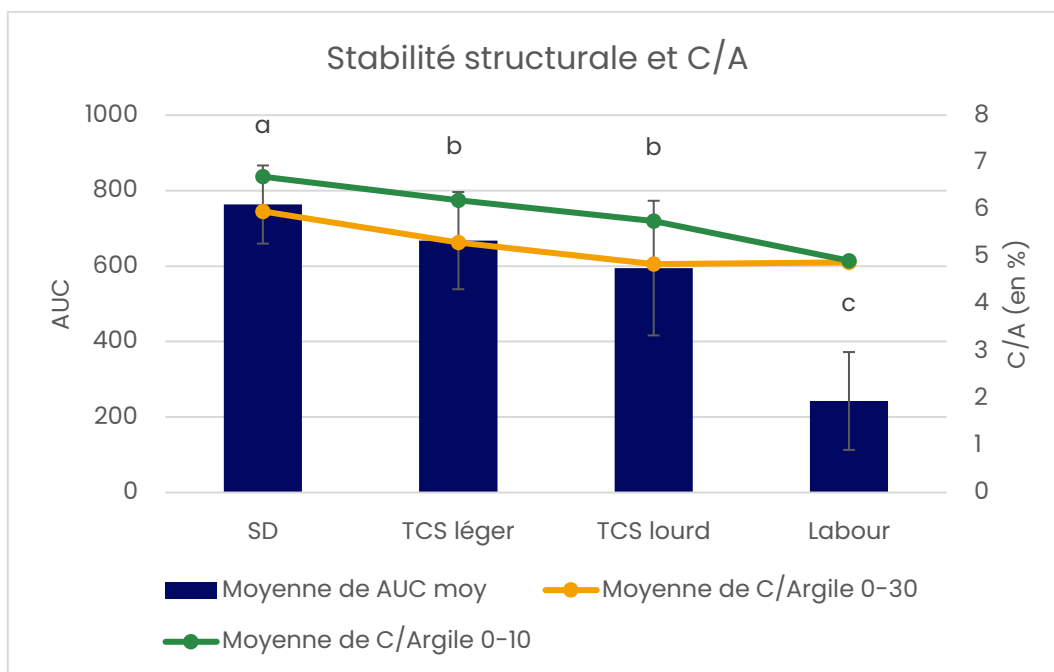


Figure 5 : Lien entre stabilité structurale, teneur en carbone sur argile et pratiques culturales, en 2022 et 2023

Conclusions

D'après les résultats de cette étude, il faudrait, afin de diminuer les risques d'érosion :

- Favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol
 - o Limiter la compaction et la corriger si besoin
 - o Couvrir le sol
 - o Absolument s'adapter aux conditions de l'année
- Favoriser la stabilité structurale du sol
 - o Couvrir le sol
 - o Diminuer le travail du sol
 - o Augmenter la teneur en matière organique et la concentrer en surface

En d'autres termes, c'est la combinaison de la diminution du travail du sol (TCS et SD), sa conséquence directe d'un couvert (plantes vivantes ou en mulch et leurs racines) en place pendant toute la période hivernale et sa conséquence indirecte d'une accumulation de matière organique dans les horizons de surface qui contribue à la résistance du sol face aux pluies érosives, hivernales et printanières.

Une troisième campagne d'échantillonnage, prévue en 2024, renforcerait la robustesse des données et les conclusions qui en sont tirées. De plus, aucun phénomène d'érosion n'a été mesuré en période printanière sur les 2 années de l'étude, les indicateurs restant donc une estimation du risque et non une représentation d'une sensibilité certaine à l'érosion.

1.2. Réduction du travail de sol

Hypothèses

La réduction du travail du sol est une pratique clé pour améliorer la structure du sol, sa stabilité 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.

La principale réduction du travail du sol s'effectue en s'affranchissant du labour (d'hiver), remplacé ou non par un décompactage du sol. Au fur et à mesure du temps, si le sol n'est pas perturbé, une structure tubulaire plus naturelle va se remettre en place, sous l'action de l'activité biologique, du climat et des racines. Cette porosité peut être suffisante pour ne plus devoir travailler le sol du tout.

Le semis direct des cultures pousse cette logique jusqu'au bout, en limitant la perturbation mécanique du sol au seul passage du semoir, mais peut s'avérer complexe et risqué pour les cultures de printemps (maïs, betterave, chicorée, etc.), 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 avantages économiques et environnementaux.

1.2.1. Décompactage automnal dans un couvert vivant avant betterave sucrière

Contexte et objectifs

L'année 2021, très pluvieuse, a entraîné de nombreux dégâts aux structures de sol. L'effet *splash* a détaché des particules de limon qui ont colmaté la porosité et les galeries du sol. L'hiver, très doux, n'a pas joué son rôle restructurant et dès lors, de nombreuses parcelles ont conservé des structures compactes, peu propices au développement des cultures. L'été 2022, extrêmement sec, n'a pas non plus permis de décompacter ces parcelles en bonnes conditions, le sol étant trop dur. Ce n'est que durant l'automne 2022, très clément, que les conditions sont redevenues satisfaisantes.

Un agriculteur de la région liégeoise nous a donc contacté pour un diagnostic de sol (Figure 6, Figure 7, Figure 8) sur une parcelle semée d'un couvert végétal et prévue pour y implanter des betteraves sucrières. Ce diagnostic, réalisé le 10/11/22, a identifié :

- Une structure correcte sur 0-15 cm ;
- Une semelle, lissée, à une quinzaine de centimètres ;
- Une zone plus compacte en dessous de cette zone lissée ;
- Une activité biologique importante mais une porosité malmenée par les précédents culturaux.

L'agriculteur voulait savoir s'il fallait décompacter ou non. La structure étant médiocre, ni très poreuse ni très compacte, il a été décidé de faire un essai de décompaction dans le couvert en laissant une zone non décompactée et de mesurer le rendement et la conformation des betteraves sucrières implantées au printemps suivant.



Figure 6 : Galerie de vers de terre bouchée par du limon fin



Figure 7 : Zone de lissage créée par un outil à une quinzaine de cm de profondeur



Figure 8 : Feuillets compactés sous la petite semelle de 15cm

Protocole

La moitié de la parcelle a été décompactée le 15 novembre avec un outils Agrisem à 4 dents à une profondeur de 25 cm.



Figure 9 : Décompacteur Agrisem (largeur 3 m, 4 dents)

Tableau 1 : Itinéraire technique avec dates d'interventions

Dates d'interventions	Opérations
15/11/2022	Décompactage dans le couvert vivant avec un Agrisem 3m 4 dents
03/2023	Destruction au glyphosate du couvert
18/04/2023	Préparation du sol au déchaumeur à disques
18/04/2023	Semis des betteraves en TCS
25/10/2023	Arrachage des betteraves

Les photos ci-dessous (Figure 11 et Figure 10) datent du 5 avril 2023, avant l'implantation des betteraves. Il y a visuellement peu de différence sur la végétation en place. La structure semble aussi grumeleuse dans la zone décompactée que dans la zone non-décompactée. Par contre, nous observons plus de vers de terre dans la zone entre les dents de décompactation et dans la modalité non-décompactée que dans la zone de passage de la dent.



Figure 11 : Partie décompactée à gauche et non décompactée à droite, en sortie d'hiver (5 avril 2023)



Figure 10 : Structure magnifique entre les dents de décompactation en sortie d'hiver (5 avril 2023)

Résultats et interprétations

On remarque sur la Figure 12 qu'il y a peu de différences entre les deux modalités. La conformation des betteraves est relativement identique entre les deux zones.

La densité de population de betteraves est légèrement supérieure dans la zone décompactée mais elle n'a pas d'influence sur les rendements qui sont, quant à eux, tout à fait satisfaisants et identiques entre les deux modalités. Dans cette parcelle, et cette année, il n'y avait donc pas lieu de décompacter. Du moins, cette opération n'a pas permis d'augmenter le rendement de la culture. Nous tenons à souligner que la parcelle d'essai est un limon profond et que l'agriculteur prend particulièrement soin de ses sols (investissement dans les couverts, rotation équilibrée, retours de matières organiques, etc.), ce qui peut expliquer une meilleure résilience de ceux-ci face aux perturbations extérieures.



Figure 12 : Betteraves en zone non décompactée au-dessus et betteraves en zone décompactée en dessous

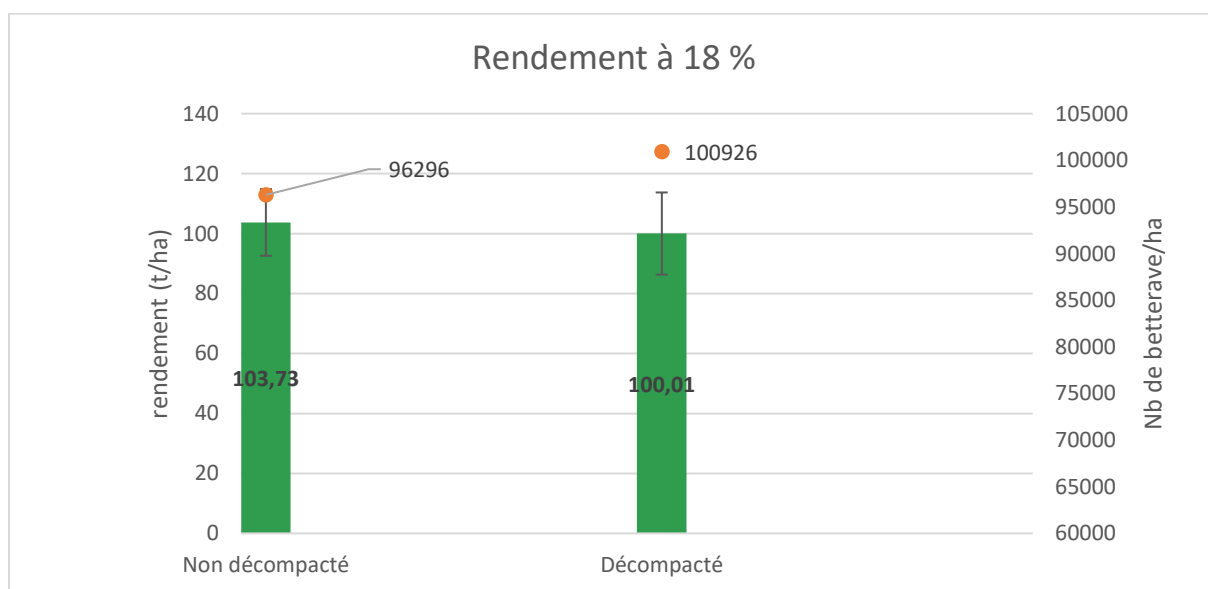


Figure 13 : Rendement et densité dans les modalités « décompacté » et « non décompacté » (fin octobre 2023)

1.2.2. Implantation de betteraves sucrières en TCS et semis direct

Dispositif expérimental et protocole

Deux essais de réduction de travail du sol/semis direct ont été mis en place chez deux agriculteurs dans le même village, Brugelette (Hainaut). Nous appellerons Brugelette I la première parcelle et Brugelette II la seconde parcelle.

Les deux parcelles ont un objectif commun : réduire le travail du sol voire le supprimer (semis direct) pour préserver la structure et la vie du sol, diminuer l'érosion, réduire les charges de mécanisation.

Les deux parcelles ont été semées le 2 mai 2023 et les rendements ont été évalués le 30 octobre en prélevant 4 x 6 m de betterave sur 2 rangs. Un échantillon par modalité a été envoyé à la Raffinerie Tirlemontoise pour mesurer la tare terre et le taux de sucre.

- *Brugelette I*

Il s'agit d'une parcelle possédant un historique de travail du sol réduit assez long. Le précédent était un froment semé en TCS très superficiel (< 5 cm) dans un couvert estival diversifié, contenant notamment du trèfle blanc (Figure 14). Le trèfle a été gardé vivant sous le froment, jusqu'à la moisson. Un sur-semis de couvert gélif (radis fourrager) a été effectué en août 2022. Il a ensuite été pâturé en automne par des moutons.

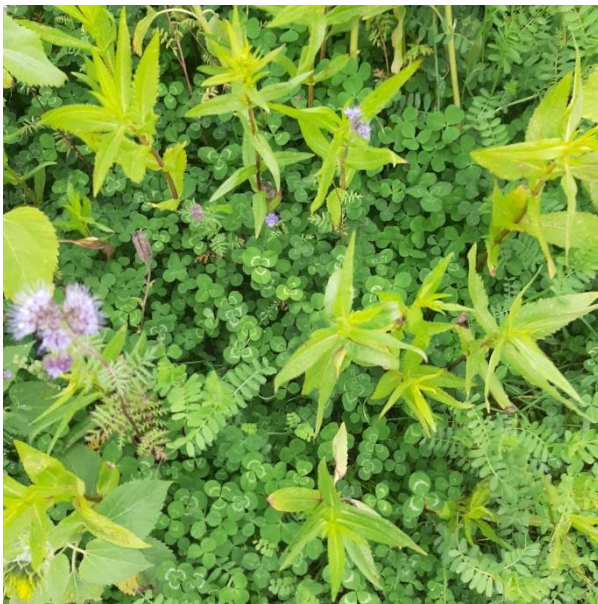


Figure 14 : Couvert Biomax en 2021



Figure 15 : Pâturage du couvert par les moutons

Ce couvert a été partiellement détruit avec 1,5 L de glyphosate environ 1 mois avant le semis de la betterave. Le programme herbicide de la betterave a ensuite achevé la destruction. La parcelle présentait une structure favorable au semis direct avec de légères traces de compaction en voie de régénération. Les photos ci-dessous illustrent ce constat (Figure 17 et Figure 16).



Figure 17 : Structure du sol



Figure 16 : Parcelle d'essai couverte de trèfle avant le semis

La parcelle a ensuite été divisée en trois modalités :

Tableau 2 : Différence de travail du sol dans l'essai

Modalité	Travail du sol
TCS	Un passage de déchaumeur à dents (<i>Horsch Terrano</i>), un passage de fraise, semis
TCS sans fraise	Un passage de déchaumeur à dents (<i>Horsch Terrano</i>), semis
SD	Semis direct

Le semis a été réalisé le 3 mai avec un semoir adapté au semis direct, un *Vaderstad Tempo* équipé de la fertilisation en localisé (conseillé en SD).

La modalité « TCS sans fraise » a été ajoutée à la demande de l'agriculteur qui souhaitait évaluer les conséquences de la suppression de la fraise. Cet outil a en effet un impact assez élevé sur le sol et augmente les charges de mécanisation.

- *Brugelette II*

La parcelle est en non-labour depuis plusieurs années, avec un précédent froment (anté-précédent pomme de terre) qui a reçu 20 tonnes de fumier composté et 15 m³ de lisier après la moisson. Un déchaumage à 7 cm a été réalisé avant le semis d'un couvert le 9 septembre 2022 (après les premières pluies) de composition suivante :

Tableau 3 : Composition du couvert

Espèce	Dose
Vesce velue	1,2 kg/ha
Vesce commune	1,2 kg/ha
Trèfle incarnat	5,4 kg/ha
Pois fourrager	1,6 kg/ha
Phacélie	1,2 kg/ha
Tournesol	3,4 kg/ha
Moutarde	1 kg/ha
Lin	5 kg/ha
Trèfle d'Alexandrie	1 kg/ha
Niger	1 kg/ha

Le couvert a été détruit par 1,25 L/ha de glyphosate le 21 février.



Figure 18 : Etat du couvert en entrée hiver



Figure 19 : Etat de la parcelle le 02/03/2023

La parcelle a fait partie du réseau de suivi des auxiliaires et des pucerons en betterave avec semis de fèverole (culture associée) et semis d'une bande fleurie le long de la parcelle (voir Section 2.1 page 27). Les travaux de sol ont été divisés comme suit pour l'essai :

Tableau 4 : Modalité de travail du sol de l'essai

Modalité	Travail du sol
SD	Semis direct
TCS	Déchaumeur à disques superficiel, semis
TCS fèverole	Epannage des fèveroles à la volée, déchaumeur à disques superficiel, semis

Le semis a été réalisé le 3 mai avec un *Vaderstad Tempo* non équipé pour la fertilisation localisée.

Résultats et interprétation

- Brugelette I

Dans la première parcelle, le rendement en semis direct est significativement plus faible (Figure 20). En effet au moment du semis la parcelle, le sol non travaillé était encore un peu trop humide pour le semis direct. Les semis étant déjà tardif (début mai) et par souci d'organisation de travail, décision a été prise de semer malgré tout. La petite superficie à semer ne nous a pas permis un réglage optimal du semoir notamment au niveau de la roue de fermeture. En effet, la ligne de semis n'était pas assez refermée. La levée mesurée a pourtant été assez bonne. Ce décalage entre la levée et le rendement s'explique par une levée hétérogène assez tardive, seules les premières levées ayant permis de bons rendements. Le semis direct a montré une baisse de 30 tonnes comparativement au témoin, ce qui montre aussi toute la complexité de cette technique. En revanche, la modalité sans fraise a montré une augmentation de rendement de 6 tonnes par hectare par rapport au témoin fraisé. L'hypothèse peut être un affinement trop important du sol qui, après les pluies printanières, a présenté une petite croûte de battance. L'augmentation de rendement n'est pas significative mais présente une homogénéité de calibre légèrement meilleure. Ainsi nous pouvons supposer que la réduction du travail du sol et la suppression de la fraise (qui a un impact important sur le sol) a permis de maintenir les rendements en diminuant les impacts négatifs.

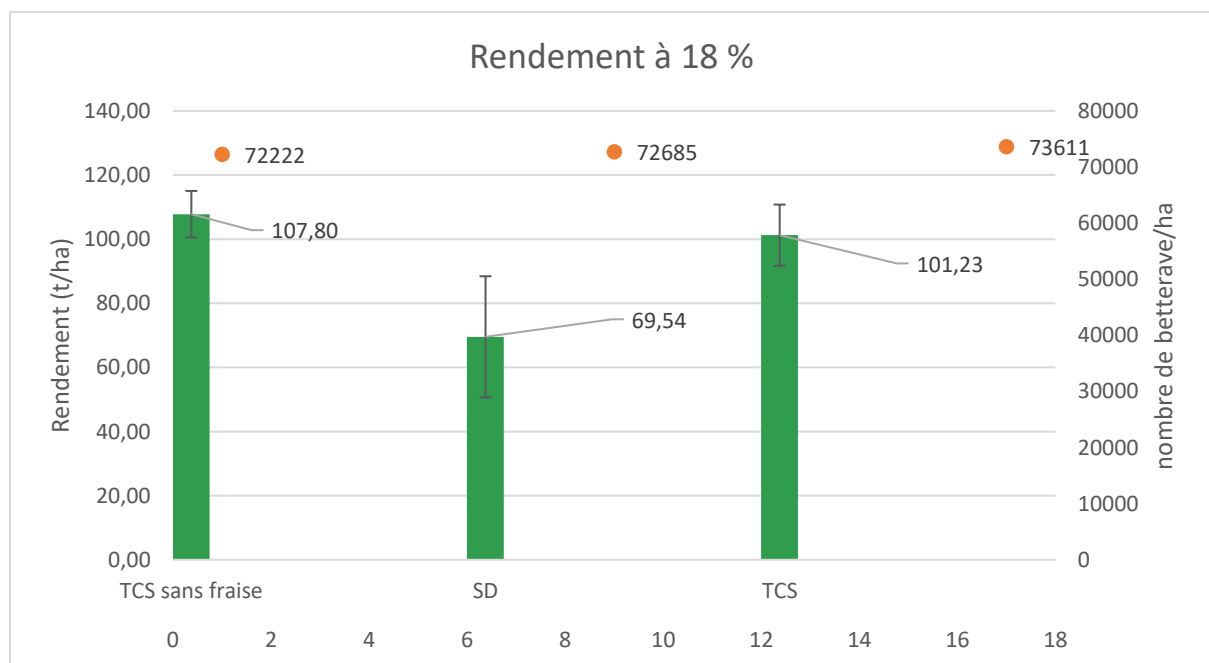


Figure 20 : Densité et rendement à 18 % de la betterave sur la parcelle Brugelette I

- Brugelette II

Dans la seconde parcelle, le contexte de semis était assez différent. Le sol, bien qu'humide, l'était nettement moins que la première parcelle (situé à 1 km environ). Les conditions étaient aussi propices au semis avec un réglage du semoir adéquat (la surface étant plus grande, un soin plus important a pu être apporté au réglage du semoir). Les résultats présentés à la Figure 21 montrent une levée un peu plus faible en SD qui s'explique par une attaque de limace venant d'un bord de bois (les dégâts étaient plus importants en s'approchant de la bande témoin (différente de celle échantillonnée) situé le long du bois).

Les rendements sont homogènes pour toutes les modalités, aucune différence n'a été observée entre le témoin en TCS et le semis direct ; une légère hausse de rendement (+ 4 tonnes), non significative, a été observé dans la betterave associé avec la fèverole.

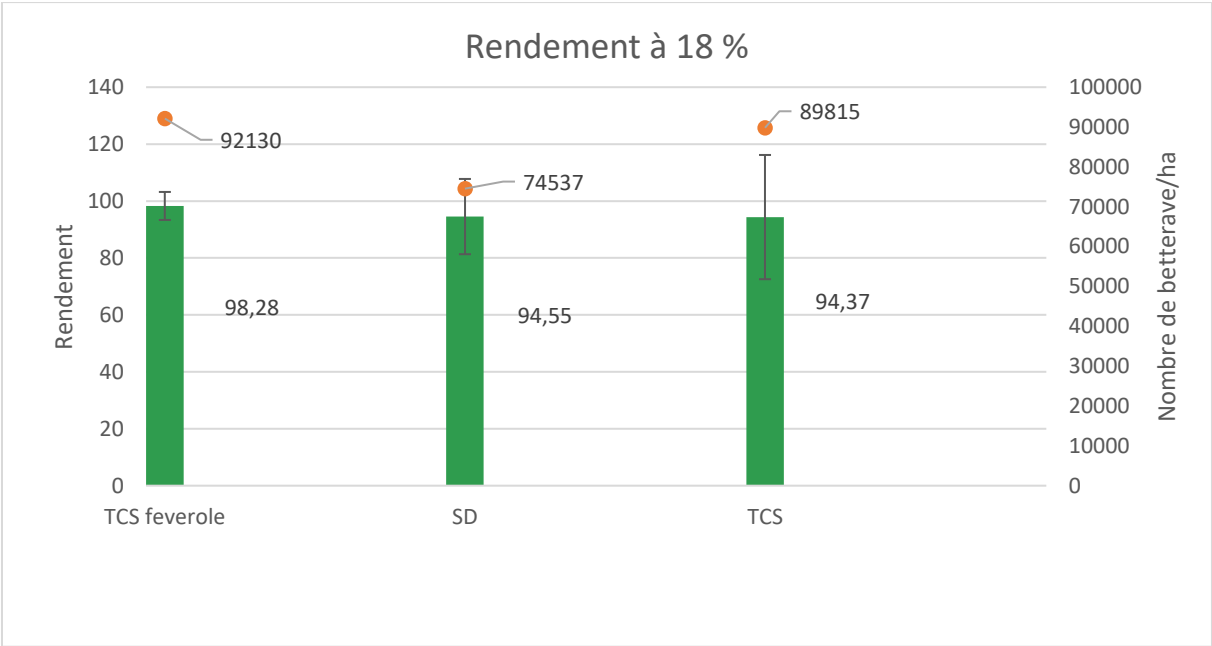


Figure 21 : Densité et rendement à 18 % de la betterave sur la parcelle Brugelette II



Figure 22 : Betterave en semis direct le 26 juin 2023



Figure 23 : Bande de semis direct entre les lignes et TCS à l'extérieur

Conclusions

En 2023, les essais de réduction de travail du sol en betterave se sont poursuivis et ont encore donné des résultats intéressants. Les deux parcelles, semées le même jour avec le même modèle de semoir montrent des résultats bien différents. En effet, la réussite du semis direct repose sur des détails et demande de la minutie, qui n'étaient pas réunis dans la parcelle *Brugelette 1*. La terre était encore un peu trop humide pour permettre un bon travail du semoir : cela nous rappelle l'importance de l'humidité du sol au moment du semis et un semis plus tardif en semis direct (en fonction de l'état de la parcelle) peut s'avérer payant. Un second détail est le réglage du semoir : une roue de fermeture bien réglée a plus de chance de favoriser un bon lit de germination sur la ligne de semis. Ces essais nous rappellent aussi que le semis direct s'avère plus risqué (perte de rendement importante sur la première parcelle). Malgré tout, un travail du sol plus superficiel peut s'avérer être un bon compromis entre fertilité du sol, diminution de l'érosion et sécurisation du rendement. En effet, dans les deux parcelles, les modalités en TCS superficiel montrent de bons niveaux de rendements. Ces essais nous montrent aussi que le semis direct est une technique prometteuse en betterave avec des niveaux de rendement similaires au TCS si les conditions propices sont réunies.

Dans le même temps, il est intéressant de noter le rendement légèrement supérieur (même observation sur une autre parcelle) des betteraves associées à de la féverole, qui semblerait apporter un avantage au niveau de la gestion des pucerons et donc de l'état sanitaire des betteraves.

1.2.3. Modulation d'apport d'azote sur betteraves sucrières en semis direct

Contexte et objectifs

La diminution du travail du sol offre de nombreux avantages agronomiques et environnementaux mais peut également être la cause d'autres problèmes tels qu'une limitation du réchauffement du sol et donc une plus faible minéralisation. Ces changements dans les dynamiques physico-chimiques du sol doivent être pris en compte dans les plans de fumure et de fertilisation des cultures. Malheureusement, nous possédons peu de données à ce sujet, la grande majorité des essais de fumure réalisés par les centres de recherche agronomique étant mis en œuvre sur des parcelles labourées. Les résultats obtenus sont dès lors peu transposables aux parcelles implantées sans travail du sol. C'est dans ce cadre que, en collaboration avec un entrepreneur agricole, nous avons mis en place un essai de modulation de la fertilisation en betteraves sucrières afin d'optimiser les futurs plans de fertilisation.

Protocole

Cet essai a été mené sur une parcelle limoneuse située à Ittre (Brabant Wallon). Le précédent était un froment d'hiver et le couvert implanté durant l'interculture était composé de chou fourrager (3 kg/ha), tournesol (3 kg/ha), trèfle d'Alexandrie (3 kg/ha) et phacélie (3 kg/ha). La majorité du couvert a passé l'hiver sauf le tournesol et le trèfle d'Alexandrie. De nombreuses repousses de blé étaient également présentes en sortie d'hiver.

Le semis direct de betterave sucrière reste une technique peu pratiquée en Wallonie. Comme mentionné aux chapitres précédents, une structure de sol grumeleuse et poreuse sur au moins 15-20 cm est nécessaire à sa réussite. Le test bêche réalisé avant le semis, illustré sur les images ci-dessous, valide cette condition et incite l'agriculteur à aller au bout de sa démarche : planter des betteraves sans travailler le sol. Une bande témoin, travaillée superficiellement, a été mise en place pour pouvoir comparer les résultats. L'itinéraire détaillé est présenté dans le Tableau 5.



Figure 24 et Figure 25: Structure du sol le 22 mars 2023

Tableau 5 : Itinéraire technique avec dates d'interventions

Dates d'interventions	Itinéraire technique
8/09/2022	Décompactage et semis du couvert après froment
3/03/2023	Destruction du couvert au glyphosate
21/04/2023	Préparation du sol au déchaumeur à disques + rouleau Cultro pour la partie TCS
1/05/2023	Semis des betteraves en direct et TCS + fertilisation localisée avec un semoir Horsch Maestro
6/07/2023	Pulvérisation foliaire d'Utrisha® N sur une partie de l'essai
21/11/2023	Arrachage des betteraves

L'apport d'azote solide a été réalisé grâce au semoir (Horsch Maestro), à 5 cm du rang de semis de la betterave et à 5 cm de profondeur. L'azote liquide a été épandu au pulvérisateur. Les formes d'azote comparées sont de l'ammonitrate 27, de l'urée 46 et de l'azote liquide 39.

Sur une partie de l'essai, une pulvérisation foliaire supplémentaire a également été réalisée en juillet avec Utrisha® N / BlueN®, des solutions innovantes dans le domaine de la fertilisation azotée. Ces biostimulants, commercialisés par la firme *Corteva*, seraient capables de fixer l'azote atmosphérique et de le transformer en azote assimilable par la culture. Cette nouvelle source d'azote est complémentaire aux apports organiques ou minéraux et pourrait remplacer en partie la fertilisation traditionnelle.

Le Tableau 6 permet de voir les différentes modalités échantillonnées. La quantité totale d'azote a été calculée pour chaque forme, ainsi que la somme des quantités lorsqu'il y a 2 formes d'azote.

Tableau 6 : Quantités et formes d'azote utilisées dans l'essai fertilisations au semis de la betterave

	Forme et quantité d'azote (kg/ha)				Total N arrondi (kgN/ha)	Total + unités théoriques d'N bactérien
	Tech. de semis	Ammonitrate N 27	Sol. Azotée N 39	Urée 46		
Sans bactérie	TCS	60			60	
	SD		80		80	
	SD	50		50	100	
	SD			80	80	
	SD	40		40	80	
	SD	80			80	
Bactérie Utrisha® N	SD	80			80	110
	SD			80	80	110

Résultats et interprétation

La levée des betteraves varie fortement en fonction des modalités. Globalement, on remarque un nombre élevé de manquements. Il y a peu de limaces grâce à la réaction rapide de l'agriculteur après les premiers dégâts à la levée.



Figure 26 : Semis direct à gauche et TCS à droite avec manquements visibles dans les 2 modalités. Sur la photo de droite, racines de betterave déviée dans la modalité SD 80 N27

Le rendement des modalités en semis direct (Figure 27) montre que cette technique permet des rendements tout à fait convenables en cette année 2023. La forme d'azote influence peu le

rendement. A modalités équivalentes de 80 unités d'azote (en urée, ammonitrate, les deux mélangés ou azote liquide), les différences sont de maximum 5 tonnes (non significatif). Ce résultat montre qu'il n'y a pas une forme d'azote qui fonctionne mieux dans le contexte pédoclimatique 2023. Même constat avec la pulvérisation foliaire de Utrisha® N / BlueN®. La modalité à 80 unités de N27 montre une augmentation non significative de 1,28 t avec ajout de BlueN®. Cependant, la modalité BlueN® avec de l'urée décroche fortement, ce qui peut s'expliquer en partie par une moins bonne levée dans cette bande. A noter que la modalité à 100UN n'a pas montré de gain de rendement par rapport à son équivalent à 80UN.

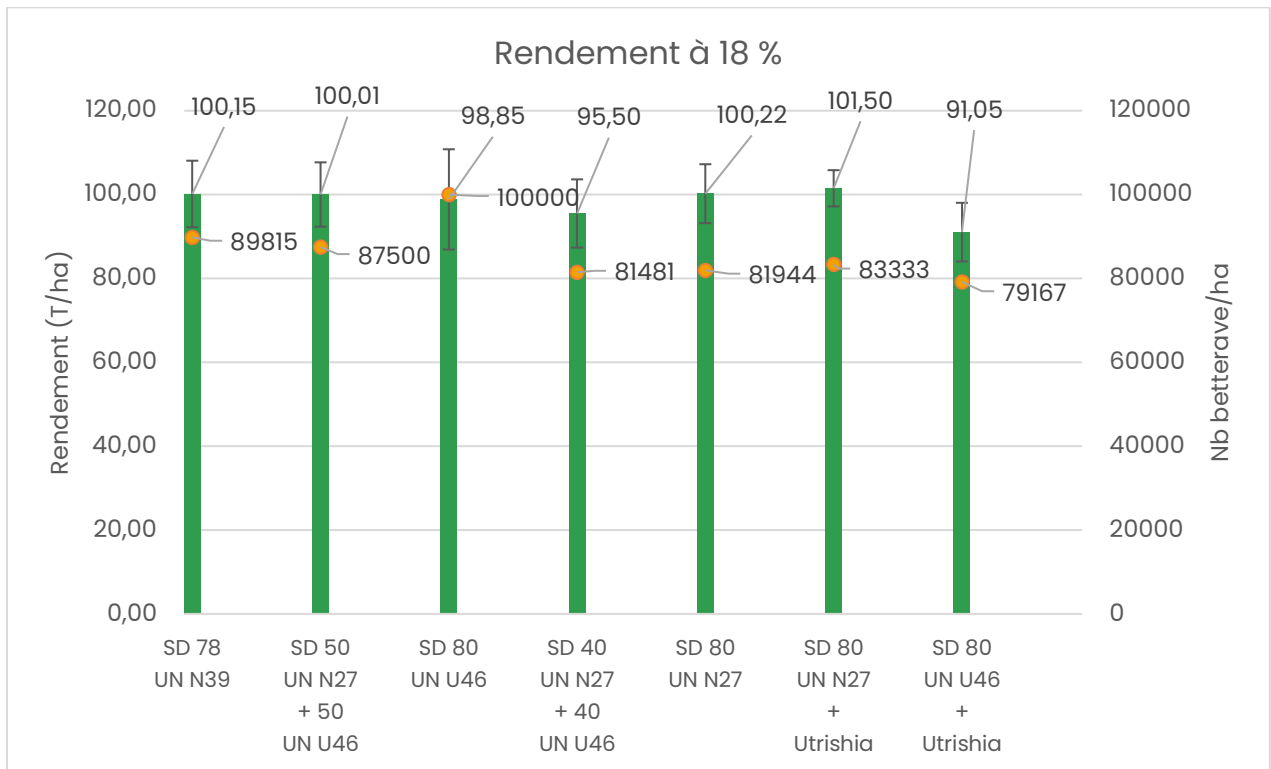


Figure 27 : Rendement des modalités SD avec les différentes formes d'azote. Codes couleurs des bâtonnets : en bleu, SD à +/- 80 unités d'azote au semis ; en vert, SD à +/- 80 unités d'azote au semis + 30 unités d'azote fourni par Utrishia ; en violet, SD à 100 unités d'azote au semis

Sur la Figure 28, il y a 2 modalités de TCS car nous avons observé des écarts flagrants de levées dans la parcelle et nous avons voulu voir la différence de rendement que ça engrange. Il y a un peu moins de 4 tonnes de différence entre le TCS 1 et le 2 malgré la différence de levées : plus de 23 000 pieds de différence à l'hectare. Ça montre une fois de plus que la betterave compense assez bien en ayant des racines bien plus grosses. Cependant, les racines poussent plus hors sol et pourraient être problématiques si l'arracheuse scalpe à une hauteur fixe.

Une autre partie du graphique permet de voir que le semis direct témoin à 80 UN/ha a donné de meilleurs résultats que le TCS. On partait de l'hypothèse que le travail du sol allait minéraliser, il avait donc été décidé par l'agriculteur de diminuer de 20 unités l'apport d'azote sur la modalité TCS par rapport au SD. Pour parfaire la comparaison, une modalité TCS à 80 unités (ou SD à 60 unités) aurait été utile.

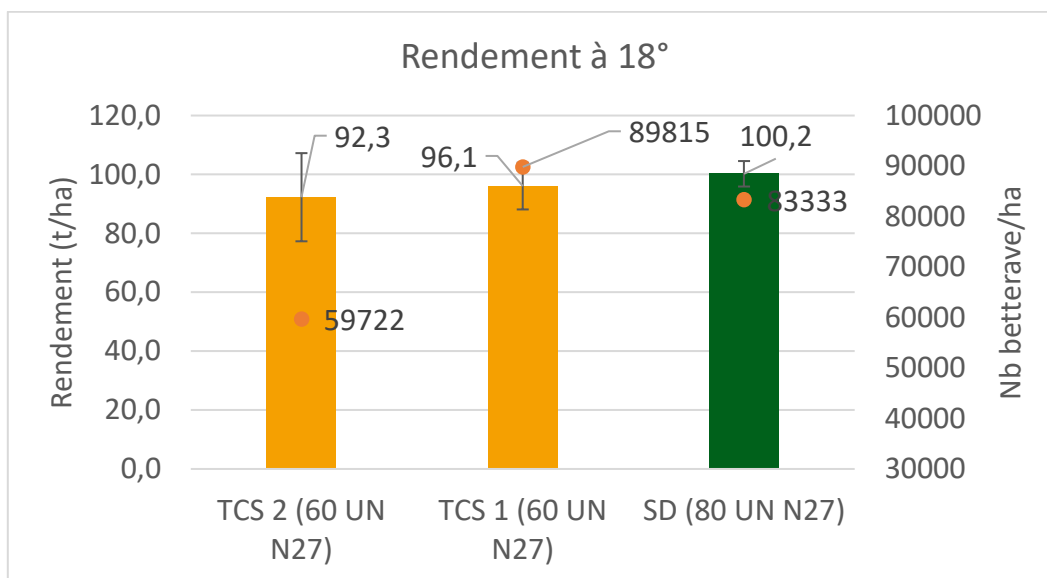


Figure 28 : Graphique comparatif du rendement et de la levée de 2 modalités TCS à 60 unités de N27 avec la modalité témoin semis direct à 80 unités de N27. Codes couleurs des bâtonnets : en orange, TCS à 60 unités d'azote (on attendait une fourniture de 20 unités d'azote par la minéralisation suite au travail du sol) ; en vert, SD à +/- 80 unités d'azote au semis.

Globalement, on remarque que c'est la forme d'azote n'induit pas de différence de rendement quand l'azote n'est pas en quantité limitante dans la parcelle. Cependant, il est moins risqué et moins cher de travailler avec du N27 à résultats équivalents. Le Utrisha® N / BlueN® est peut-être intéressant mais, dans ce cas-ci, ne montre pas de plus-value. Les résultats sont cependant limités à une parcelle et sont à remettre dans le contexte climatique 2023, marqué par un printemps humide.

1.2.4. Réduction du travail du sol en petit pois

Contexte et objectifs

Le pois de conserverie est une culture intéressante à intégrer dans les rotations de grandes cultures car, faisant partie de la famille des Fabacées, ses besoins en fertilisation azotée sont presque nuls et il restitue une quantité non négligeable d'azote au sol, favorable au développement de la culture suivante. Cette culture à cycle court (< 90 jours) supporte peu les stress abiotiques et est très sensible à la qualité du lit de germination (terre meuble et fine) et de semis (régulier et bien plombé), ce qui conduit généralement les agriculteurs à effectuer des travaux de sol profonds et une intense préparation du lit de semences, opérations néfastes pour la stabilité structurale du sol et sa fertilité globale.

Conscient de cette problématique, de nombreux agriculteurs s'orientent vers des techniques agronomiques plus respectueuses de la qualité des sols (non-labour, couverture longue, restitution de matières organiques, etc.). De nombreuses cultures sont déjà implantées en travail du sol réduit mais les retours d'expériences manquent pour les cultures de petits pois et autres légumes, principalement parce que le semoir habituellement utilisé (semoir *Herriau* à socs) n'est pas capable de semer correctement en présence de débris végétaux à la surface du sol.

Les essais mis en place en 2023 avaient donc pour objectifs d'explorer des itinéraires techniques qui permettraient de concilier des pratiques de conservation des sols (couverture du sol, faible perturbation mécanique) avec la réussite de l'implantation et le bon développement des petits pois.

Ces essais ont été conduits en collaboration avec la coopérative *ApliGeer*, qui contractualise les cultures de petits pois pour l'usine *Hesbaye Frost* et le Centre Pilote Légume *CPL-Végémar*.

Dispositif expérimental et protocole

L'essai a été implanté à Franc-Waret sur une parcelle de 6 ha, précédant du blé. Plusieurs couverts multi-espèces ont été semés par l'agriculteur mais les repousses de blé, très vigoureuses et réparties de manière homogène, ont rapidement pris le dessus. Les premières gelées de début décembre ont éliminé les plantes gélives qui s'étaient développées, pour laisser champ libre aux repousses de froment. Au printemps, la parcelle a été divisée en 4 bandes (4 modalités principales), sur base de la technique de gestion du couvert d'interculture/repousses de céréale (mécanique ou chimique) et la période de destruction (précoce ou tardive).

- Modalité A : Destruction chimique tardive ;
- Modalité B : Destruction mécanique précoce ;
- Modalité C : Destruction chimique précoce ;
- Modalité D : Destruction mécanique tardive.

Au moment du semis, certaines bandes ont été redécoupées en différentes modalités de travail du sol, pour arriver à un total de 10 modalités pour l'essai. Le semis des pois de conserverie a été réalisé le 6 juin, au milieu d'un épisode météorologique chaud et très sec (35 jours sans pluie entre le 12 mai et le 18 juin 2023).

Tableau 7 : Ensemble des opérations culturales réalisées sur chaque modalité de l'essai « Franc-Waret ». Roulage : effectué au rouleau Cambridge ; Glyphosate : dose 720 g/ha ; Disques : passage au Pottinger Terradisc à 5-8 cm de profondeur ; Chisel lourd : passage au Rolmako U6358H (équivalent Actisol).

Date	Modalité A					Modalité B		Modalité C		Modalité D
	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4	Modalité 5	Modalité 6	Modalité 7	Modalité 8	Modalité 9	Modalité 10
15/12/22	Roulage	Roulage	Roulage	Roulage	Roulage	/	/	/	/	/
15/01/23	/	/	/	/	/	Disques	Disques	/	/	/
21/02/23	/	/	/	/	/	/	/	Glypho	Glypho	/
27/04/23	/	/	/	/	/	/	/	/	/	Broyeur
03/05/23	Glypho	Glypho	Glypho	Glypho	Glypho	Disques	Disques	/	/	Disques
30/05/23	Broyage	Broyage	Broyage	Broyage	Broyage	/	/	/	/	/
03/06/23	Chisel lourd à 15cm + 2x disques + Semoir Horsch	Chisel lourd à 15cm + 1x disques + Semoir Horsch	Chisel lourd à 25cm + 1x disques + Semoir Horsch	2x disques + Semoir Horsch	1x disques + Semoir Horsch	Chisel lourd à 25cm + 1x disques + Semoir Horsch	Chisel lourd à 25cm + 1x disques + Semoir Herriau	Chisel lourd à 25cm + 1x disques + Semoir Horsch	Semoir Horsch	Chisel lourd à 25cm + 1x disques + Semoir Horsch

Résultats et interprétation

La destruction tardive du couvert au glyphosate engendre une nette baisse de la qualité de la levée, attribuée à la grande quantité de résidus encore présents sur le sol au moment du semis (Figure 30). Ensuite, on remarque l'importance du passage avec le chisel lourd. Les modalités 4 et 5 n'ont pas eu de passage en profondeur et elles ont de moins bonnes levées. La profondeur de passage des dents du chisel (15 ou 25 cm en fonction des modalités) ne semble cependant pas influencer les levées. A noter également que la modalité 1 montre une meilleure levée par rapport aux autres bandes de la modalités A. Le second passage des disques semble avoir été efficace. Il a permis de mieux détruire les débris végétaux en surface, ce qui permettrait un meilleur plombage. Cependant, il est à noter que le temps entre le passage de l'outil à disques et le semoir était légèrement plus faible que pour les autres modalités. Le sol a donc été refermé plus rapidement, ce qui a potentiellement limité l'évaporation de l'eau présente dans le sol. De plus, la modalité 2 a souffert d'un passage de roues lors du roulage. Les traces de ces roues sont restées marquées longtemps après le semis. Le sol y était plus compact, ce qui a retardé la levée.

Le couvert de la modalité B a été détruit avec deux passages d'outil à disques. Les résultats montrent qu'il est possible de détruire efficacement le couvert sans utiliser de glyphosate. Sur la Figure 29, on voit que la modalité 6 lève moins vite que la modalité 7. La différence entre les deux est due au semoir : la levée était plus rapide avec le semoir Herriau qu'avec le semoir Horsch. On voit donc ici l'efficacité du plombage réalisé par le semoir Herriau. Le rouleau *Applasol* semble être efficace pour assurer un bon contact entre la terre et la graine. Cependant, il s'agit uniquement de l'effet sur la levée et non sur le rendement final.

Avec une destruction chimique précoce, les levées de la modalité 8 ont démarré avec du retard. Mais 13 jours après le semis, la modalité avait pratiquement rattrapé les modalités voisines. La modalité 8 (destruction du couvert au glyphosate) peut être comparée à la modalité 6 (destruction du couvert avec disques) car il y a uniquement le mode de destruction du couvert qui change, mais la même préparation de sol a été réalisée le jour du semis. La levée a été plus tardive sur la modalité 8, probablement en raison d'une humidité plus faible lors du semis. Cela peut s'expliquer par le fait que la capillarité du sol n'avait pas été brisée par un travail du sol. Concernant la modalité 9, on peut la comparer à la modalité 8 car le même mode de gestion du couvert a été appliqué. On voit sur la Figure 29 que la levée semble similaire entre la modalité 8 et 9 mais la 9 décroche petit à petit après le 13^{ème} jour. L'absence de préparation du sol de la modalité 9 pourrait expliquer ce manque de levées. Certains pois ont dû être trop peu plombés, voir trop peu enfouis. La préparation de sol a toujours un effet niveleur et aussi un effet dopant pour le développement des plantes. L'effet niveleur est intéressant pour permettre de placer les semences toutes à la même profondeur.

La modalité 10 a un développement similaire à la modalité 6. Ce qui change entre les 2 est la date de destruction du couvert. Le couvert de cette modalité a donc été détruit près de 3 mois et demi plus tard. On peut donc clairement dire que détruire le couvert tôt n'a pas eu d'influence positive sur la culture de pois. Cependant, on peut citer tous les bénéfices d'avoir un sol couvert. Notamment le fait qu'un sol non couvert entraîne de l'érosion, une perte d'habitat pour la faune, l'absence de stockage de carbone dans le sol...

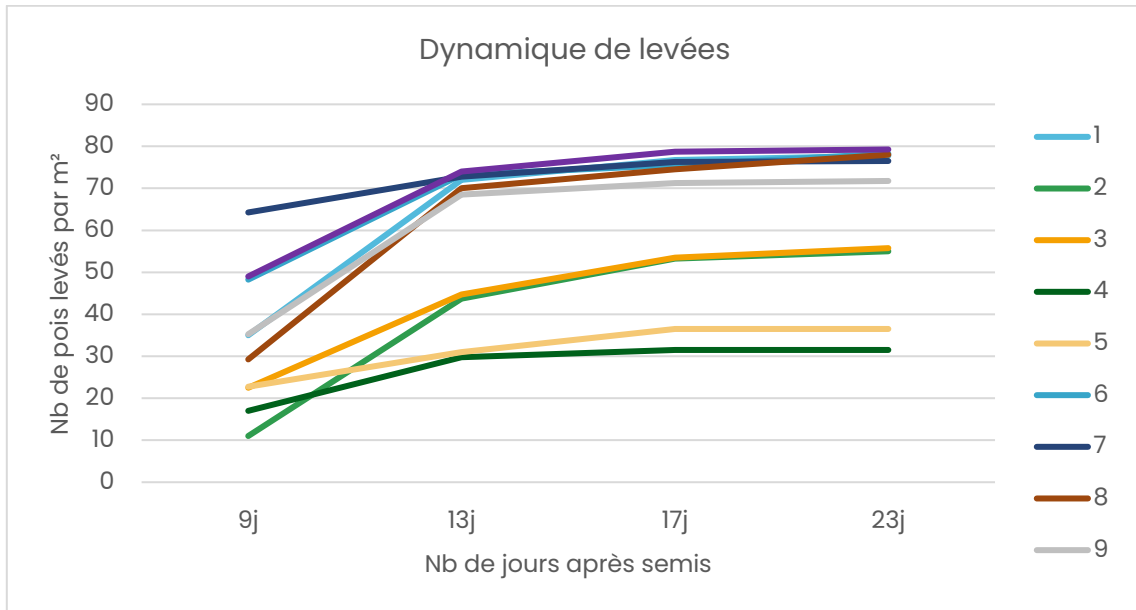


Figure 29. Dynamique de levée des pois dans l'essai Franc-Waret.



Figure 30. Modalités A (précédent froment, destruction chimique) à gauche et B (précédent froment, destruction mécanique) à droite, juste avant le semis (3 juin 2023).



Figure 31. Levée de pois hétérogène dans la modalité A (modalité 1-5)

Cette levée hétérogène a été objectivée en réalisant une observation des stades des petits pois, en fonction des modalités (Figure 32). Les petits pois étant récoltés en frais à un stade bien précis (défini par leur tendreté), il est indispensable d'obtenir une homogénéité maximale entre les différentes plantes, au risque de ne pas pouvoir valoriser une partie de la récolte. Celle-ci est correcte dans les modalités 6,7 et 10 (maturité groupée et avancée), moyenne dans les modalités 1,8 et 9 et mauvaise dans les 2,3,4 et 5. Ces tendances ont été confirmées par les mesures de rendement, réalisées manuellement le 8 août 2023.

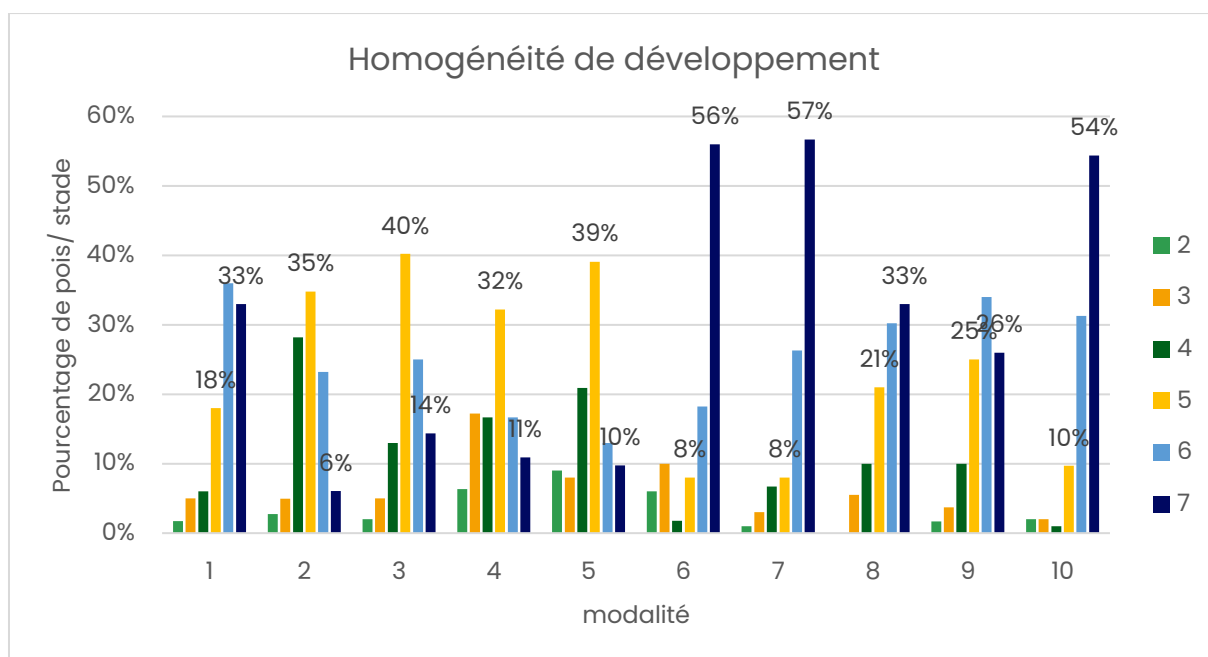


Figure 32 : Répartition des stades (nœuds végétatifs) atteints par les pois en fonction des modalités de gestion du couvert / semis

Les rendements, détaillées dans la Figure 33, suivent presque les mêmes tendances que les mesures de développement végétatif de la Figure 32. Ils confirment que la gestion du couvert selon la modalité A (glyphosate tardif) ne convient pas pour la culture de pois dans les conditions de 2023. La modalité

1 obtient cependant un rendement acceptable. Elle correspond donc à la meilleure préparation de sol lorsque l'on a beaucoup de débris végétaux en surface.

Les modalités 6 et 7 ont des rendements différents. Le retard de levée du semis avec le semoir Horsch se fait ressentir avec une perte de 1 t/ha. Le semoir Herriau apporte donc de meilleurs rendements que le semoir Horsch dans les conditions de cette modalité.

Le pourcentage de levée plus important pour la modalité 8 n'a pas eu d'impact sur le rendement comparé à la modalité 9. Cela permet de se rendre compte de l'importance d'avoir une levée rapide car ce sont ces pois-là qui font le rendement. Les pois levés 15 jours après le semis ne sont pas arrivés à maturité et n'ont donc pas eu d'impact sur le rendement (pois non récoltés). Les rendements de la modalité C montrent qu'il n'est pas nécessaire de réaliser une grosse préparation de sol selon cette modalité avec les conditions climatiques de cette année pour la culture de pois.

La modalité 10 obtient le meilleur résultat. Le retard de levée qui était visible au 9^{ème} jour après le semis, par rapport à la modalité 7 semée avec le Herriau, avait été effacé au 13^{ème} jour après le semis. Etant donné les rendements, le retard de levée de la modalité 10 n'a pas eu d'impact sur le rendement. On peut donc dire que les pois levés jusqu'au 13^{ème} jour après le semis entrent en compte dans le rendement. Il est à noter aussi que le meilleur rendement de la parcelle a été effectué sans utiliser de glyphosate. On voit donc ici une alternative au glyphosate efficace et induisant uniquement un travail superficiel du sol. Cependant, l'impasse de ce produit phytosanitaire a pu être faite car le sol était suffisamment ressuyé pour permettre un travail du sol en profondeur. Dans le cas d'un semis en début de saison, ou simplement en cas de conditions plus humides, le glyphosate pourrait être indispensable si on veut éviter des compactations de sol ou des lissages en profondeur.

Nous observons également que les marges brutes de la culture sont directement liées au rendement. La modalité à réitérer est donc la modalité 10 si on veut obtenir la meilleure rentabilité.

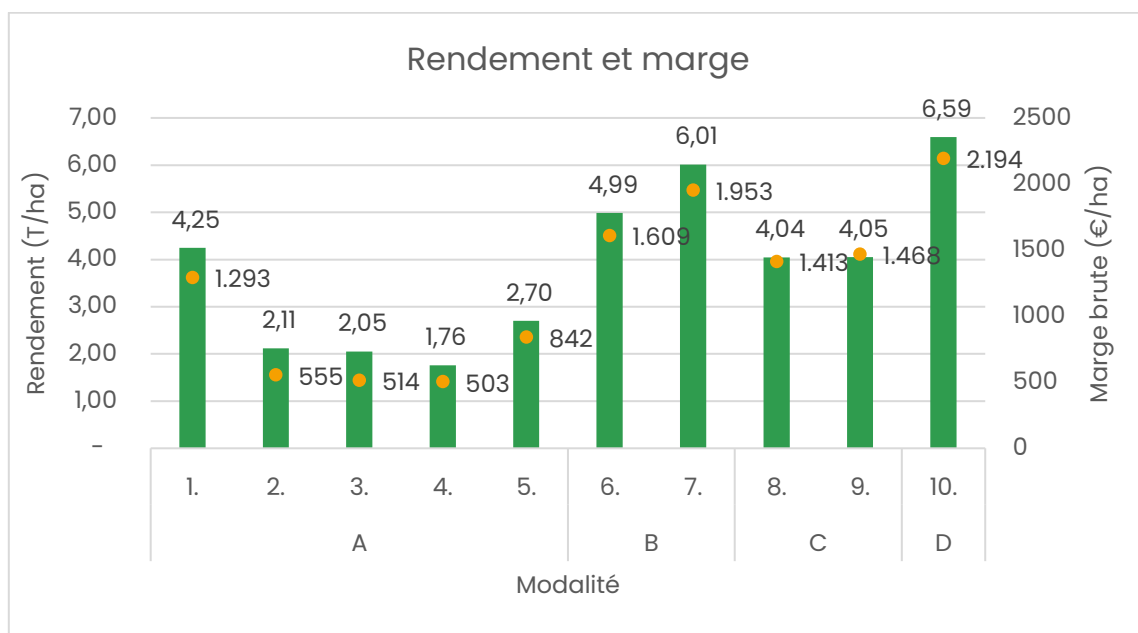


Figure 33 : Rendement et marge brute de l'essai Franc-Waret

Conclusions

Premièrement, la date idéale de destruction du couvert est environ 1 mois avant le semis avec destruction au broyeur et incorporation par travail du sol. Une destruction au glyphosate 1 mois avant le semis et sans travail du sol n'est pas suffisante pour initier la décomposition des résidus. Une destruction du couvert, avec glyphosate, 3 mois avant le semis a apporté moins de rendement, probablement car le sol est mis à nu durant une longue période et soumis aux aléas climatiques, généralement négatifs pour la structure de surface (battance).

Deuxièmement, lors d'un semis avec une quantité importante de débris végétaux en surface, travailler le sol à plusieurs reprises de manière superficielle semble indispensable pour obtenir une levée homogène et donc des rendements satisfaisants. Lorsque le sol présente peu de débris végétaux, il n'est pas nécessaire de réaliser une grosse préparation de sol, dans le cas d'un semis tardif en conditions sèches. Soit car du glyphosate a été appliqué, soit car un travail superficiel a déjà été réalisé au moins trois semaines avant le semis.

Troisièmement, l'importance d'avoir une levée rapide a été très marquée. Les pois levés 15 jours après le semis ne sont pas arrivés à maturité et n'ont donc pas participé à un rendement maximal. Le semoir Herriau apporte une levée plus rapide que le semoir Horsch, probablement en raison de la qualité du plombage. Cependant il ne permet pas de passer dans les parcelles avec une quantité de débris végétaux importante.

Quatrièmement, on a pu voir plusieurs modalités sans utilisation de glyphosate avec lesquelles on obtient des rendements similaires voire meilleurs que celles qui l'utilisent. Il est donc possible de se passer de glyphosate pour gérer les couverts avant l'implantation des pois à condition de se trouver dans une période sèche avec un semis tardif.

Parmi les modalités suivies, aucune ne comportait de labour avant la culture de pois. Nous n'avons donc pas de comparatif mais les rendements obtenus sans labour sont tout à fait satisfaisants et conformes aux moyennes de l'année.

2. Diminution des intrants de synthèse

Contexte

La diminution des intrants (produits phytosanitaires, engrais, carburants...) est souvent considérée comme un quatrième pilier de l'ACS. Il existe de nombreuses pratiques agroécologiques permettant de réduire ces intrants. Au cours d'essais menés par Greenotec, certaines pratiques sont évaluées en termes de faisabilité et d'efficacité par rapport aux objectifs poursuivis en prenant en compte les impératifs de rentabilité de l'exploitation.

Ce chapitre se focalise sur :

- L'association culturale et en particulier l'utilisation de plantes compagnes, avec pour objectif de réduire la dépendance aux insecticides ;
- L'emploi de bio-intrants comme alternative aux intrants de synthèse.

2.1. Bio-régulation grâce aux 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, un relais d'alimentation 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 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.

Objectifs

Depuis l'interdiction des néonicotinoïdes, la betterave sucrière 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, tout en limitant les pertes de rendement.

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 noirs (faiblement vecteur de la jaunisse) comme proies alternatives pour le maintien des populations d'auxiliaires tout au long de la saison. Mais cette technique à elle seule ne s'avère pas suffisante pour maintenir les populations de ravageurs sous un seuil acceptable.

Dans ce cadre, nous avons suivi plusieurs parcelles chez des agriculteurs du GAA C3PAux et du réseau Terraé, avec différents objectifs :

- a. Confirmer le potentiel d'attraction et de maintien des auxiliaires dans la parcelle par les féveroles associées ;
- b. Evaluer l'effet synergique de l'association betterave-féverole et d'aménagements en bordure de parcelles (bandes fleuries, couvert d'interculture refuge, talus enherbé, etc.) sur l'abondance des auxiliaires et des ravageurs ;
- c. Analyser les bilans économiques entre des gestions contrastées de la parcelle : gestion conventionnelle (betterave pure sans aménagement et avec insecticides) *versus* gestion agroécologique (betterave associée avec aménagement et sans insecticide).

Dispositif expérimental et protocole

Cinq agriculteurs ont fait partie de l'étude, sur les communes d'Enghien, Perwez, Brugelette, Hannut et Huy. Ils ont chacun mis en place une parcelle ou une partie de parcelle en association betterave-féverole avec un aménagement de bordure : bande fleurie pluriannuelle, bande de couvert non détruit ou bande fleurie annuelle de printemps, bande de féveroles et végétation spontanée. Une autre parcelle proche ou l'autre partie de la parcelle constituait le témoin, en betterave pure.

Les insectes ont été observés sur 4 zones d'échantillonnage de 10 plantes (betteraves et féveroles) à proximité immédiate de la bordure (modalité « BF_fev_5 »), puis à plus de 50m de celle-ci (modalité « BF_fev_50 ») et enfin dans la parcelle témoin non associée, à plus de 50m d'une bordure.

Les insectes suivants ont été dénombrés du stade 2 feuilles jusqu'à la fermeture des lignes (période critique pour la transmission du virus), sur 10 plants de betteraves (et de féveroles) dans chacune des 4 zones d'échantillonnage tous les 7 à 10 jours :

- Pucerons
 - o Puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, le principal vecteur de la jaunisse de la betterave ;
 - o Puceron noir de la fève, *Aphis fabae*, ravageur de la betterave et attiré par les féveroles, mais moins bon vecteur de la jaunisse virale ;
 - o Puceron vert du pois, *Acyrtosiphon pisum*, non ravageur de la betterave mais attiré par les féveroles
- Auxiliaires
 - o Coccinelles, principalement à 7 points (*Coccinella septempunctata*) : adultes, larves, nymphes et œufs ;
 - o Syrphes : larves, nymphes et œufs ;
 - o Chrysopes : adultes, larves et œufs ;
 - o Pucerons parasités (momies) par une guêpe parasitoïde ;
 - o Cantharides : adultes ;
 - o Araignées : adultes ;

- Carabes : adultes ;
- Punaises Anthocorides : adultes.

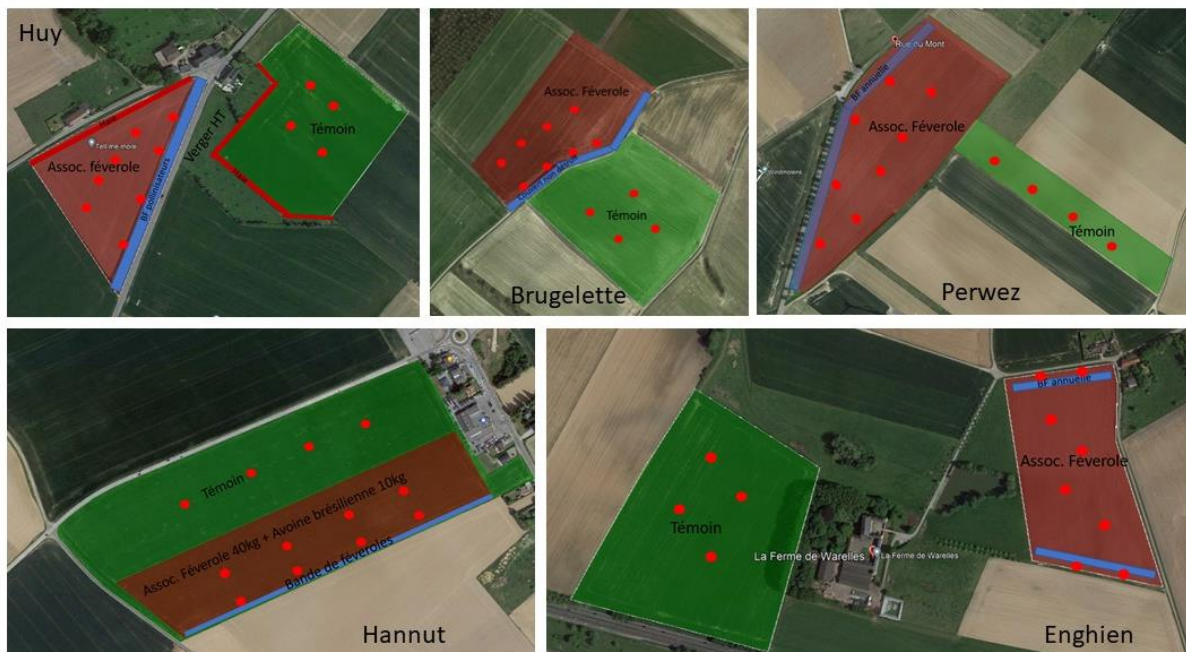


Figure 34. Dispositif expérimental du suivi des auxiliaires et ravageurs en betterave. Les points rouges représentent les zones d'observations de 10 betteraves (et féveroles, le cas échéant) ; les lignes bleues et rouges, les aménagements de bordure ; les parcelles rouges, l'association betterave-féverole ; les parcelles vertes, les betteraves pures.

Résultats et interprétation

a. Vue d'ensemble

En cumulant toutes les observations des 5 parcelles tout au long de la saison, nous obtenons la synthèse suivante :

Les pucerons noirs de la fève sont toujours plus abondants lorsque la betterave est associée à la féverole (Figure 35). Cette dernière abrite donc bien une réserve de ces pucerons qui sont moins problématiques pour la betterave, et même utiles pour alimenter les prédateurs tout au long de la saison. Cet effet est particulièrement visible à proximité des bordures, servant probablement de réservoir en présence de légumineuses sauvages.

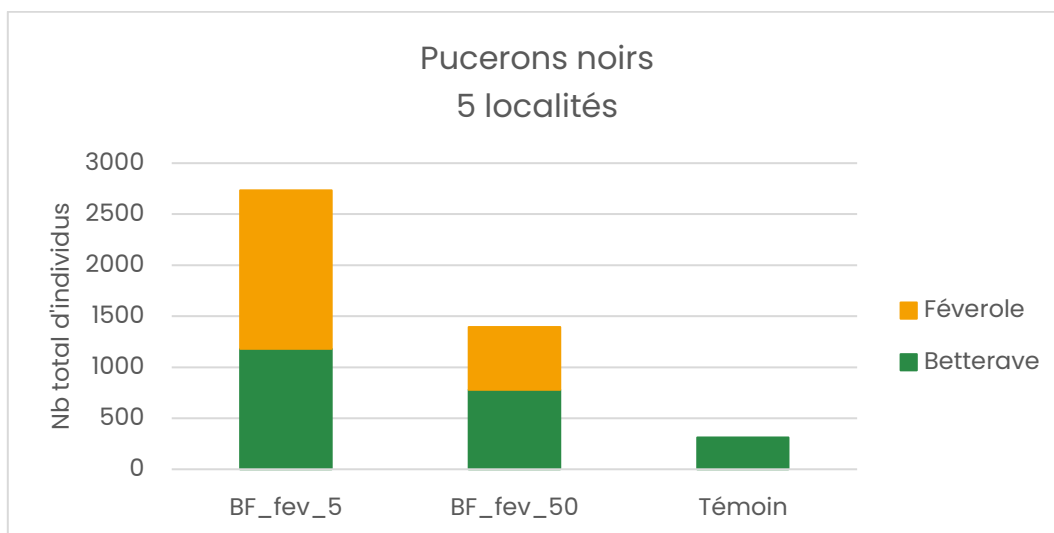


Figure 35. Nombre total de pucerons noirs observés sur betteraves et féveroles tout au long de la saison culturale, dans 5 localités. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.

La féverole, par son attractivité propre (sécrétion de nectar extrafloral) et la présence de pucerons noirs, attire et héberge une plus grande abondance d'auxiliaires, par rapport aux parcelles témoins (Figure 36). Cette tendance est observée aussi bien en bordure qu'au milieu de la parcelle. Cette abondance de coccinelles, cantharides et anthocorides, principalement, n'est donc pas uniquement liée à la quantité de proies, mais aussi à la simple présence de féverole.

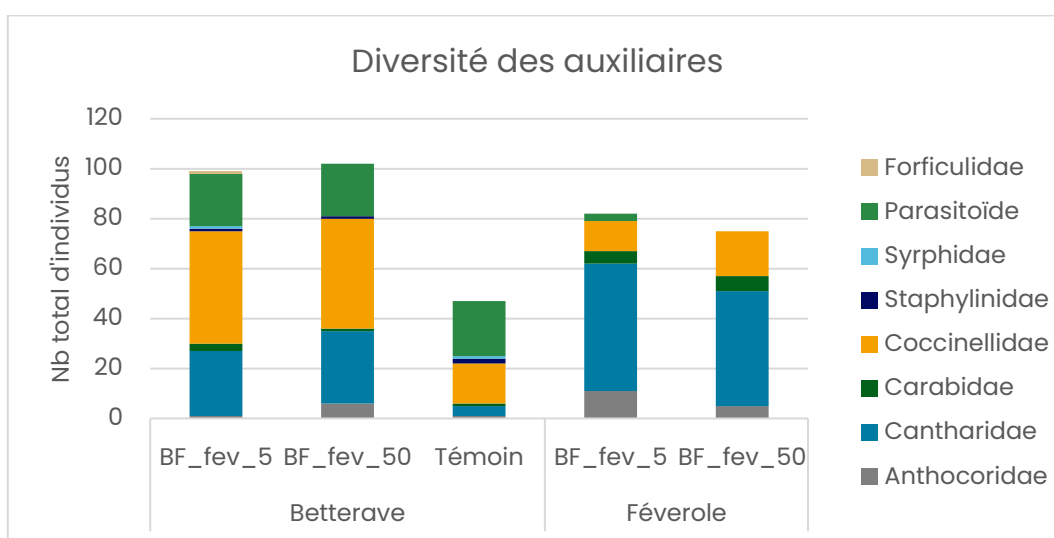


Figure 36. Nombre total et diversité des auxiliaires observés sur betteraves et féveroles tout au long de la saison culturale, dans 5 localités. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.

La phénologie des principaux prédateurs, coccinelles et cantharides, sont mis en relation avec celle des pucerons verts du pêcher. On observe, sur les 5 localités, peu de pucerons en début de saison culturale, puis un pic à partir de la mi-juin (Figure 37). C'est en bordure des parcelles associées que nous avons observé le moins de pucerons verts en moyenne sur les 5 localités.

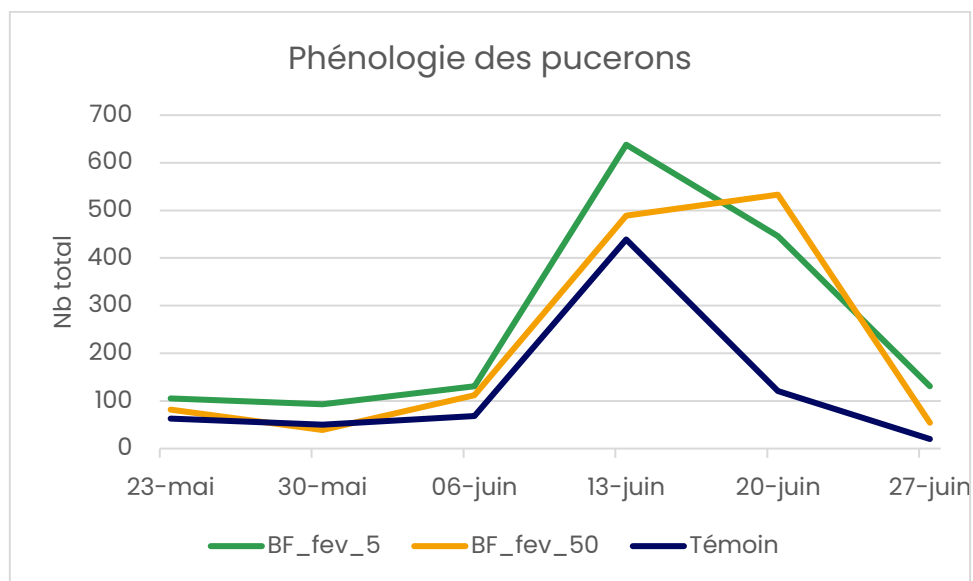


Figure 37 : Phénologie des pucerons verts aptères, selon les modalités d'association et la proximité de la bordure, dans 5 localités en 2023. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.

Ce pic de pucerons est suivi par une augmentation de la population de coccinelles, avec environ une semaine de décalage (Figure 38). Ce décalage des populations entre la proie et le prédateur est un phénomène bien connu et est souvent un argument avancé en défaveur des principes de la lutte biologique par conservation. On voit cependant que la présence de la féverole a provoqué une plus grande abondance de pucerons noirs, permettant ainsi l'installation d'une très grande population de coccinelles par rapport aux parcelles témoins.

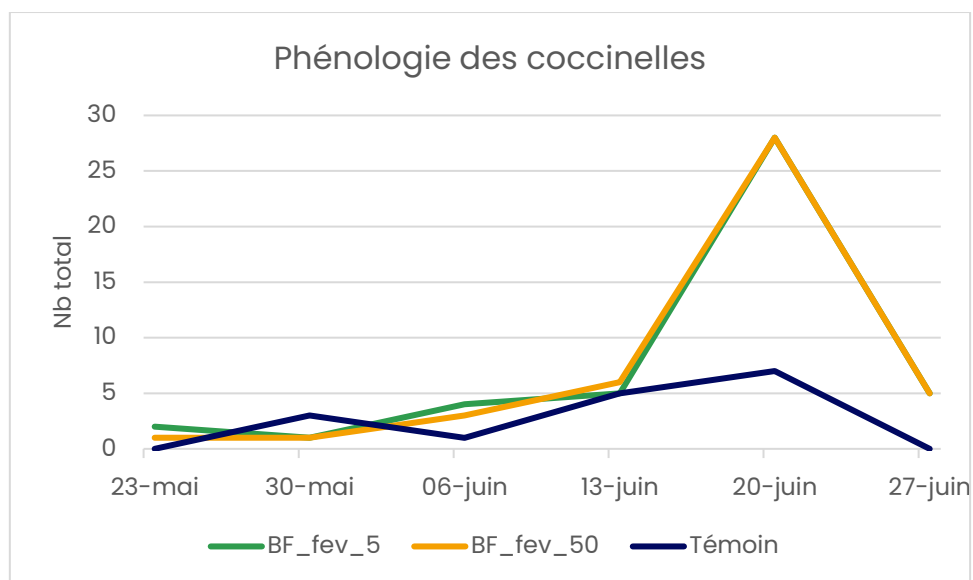


Figure 38. Phénologie des coccinelles, adultes et larves, selon les modalités d'association et la proximité des bordures, dans 5 localités en 2023. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.

Les cantharides, quant à eux, n'ont pas suivi cette logique : ils étaient présents dès le début de saison dans les parcelles associées, bien avant le pic de pucerons (Figure 39). Cela peut s'expliquer par le fait que le puceron n'est pas la seule ni la principale proie de ce prédateur et que les cantharides

s'accouplent volontiers sur la féverole, même en l'absence de proies. Nous émettons l'hypothèse que leur présence continue et précoce dans les parcelles associées contribue au contrôle des populations de pucerons.

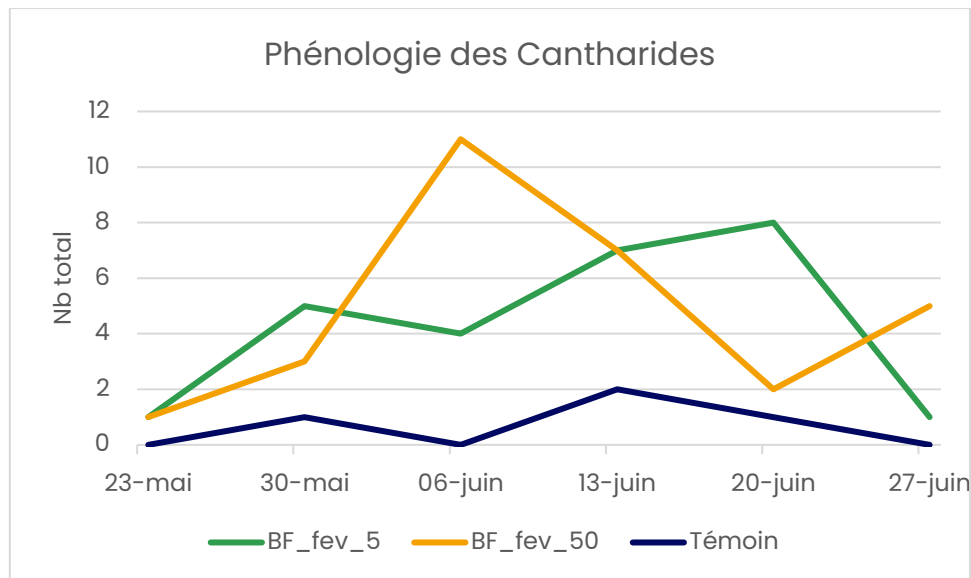


Figure 39. Phénologie des Cantharides adultes selon les modalités d'association et la proximité des bordures, dans 5 localités en 2023. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle.

b. A la parcelle

Chaque parcelle présente différentes évolutions des ravageurs et auxiliaires au cours de la saison. Il est donc intéressant de détailler plusieurs d'entre elles.

À Brugelette, davantage d'auxiliaires ont été observés dans la parcelle associée, et particulièrement à proximité de la bande de couvert refuge. Cette dernière était couverte, dès la sortie d'hiver, de trèfles incarnats, vesces, repousses de céréales, etc. (Figure 40). Les légumineuses ont servi de réservoir à pucerons noirs et les graminées de réservoir à pucerons des céréales, nourrissant les premiers auxiliaires avant même le semis des betteraves. La proximité de cette bande a considérablement augmenté le nombre de pucerons noirs sur les betteraves (Figure 41), se traduisant par une augmentation d'auxiliaires (Figure 42). Le nombre de pucerons verts est resté sous contrôle dans la parcelle associée, bien que le seuil d'intervention (2 pucerons / 10 plantes) ait été dépassé (Figure 43). Un traitement insecticide a été réalisé uniquement dans la parcelle témoin, mais le niveau de ravageur est retombé au point nul, fin juin, tandis qu'aucun rond de jaunisse n'a été observé.



Figure 40. Bande de couvert non détruit à Brugelette, le 22/05/2023 et le 07/06/2023.

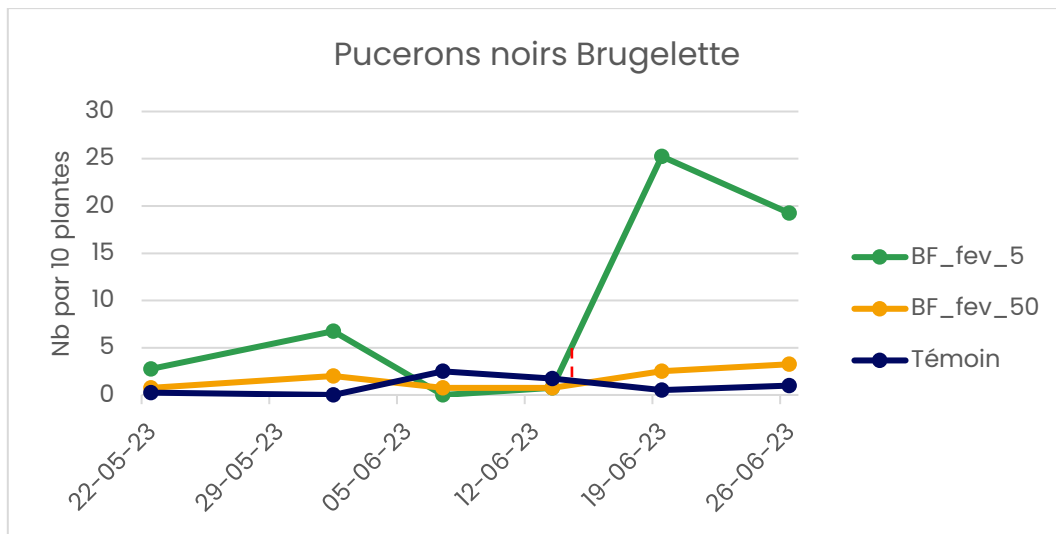


Figure 41. Phénologie des pucerons noirs sur betterave, à Brugelette en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.

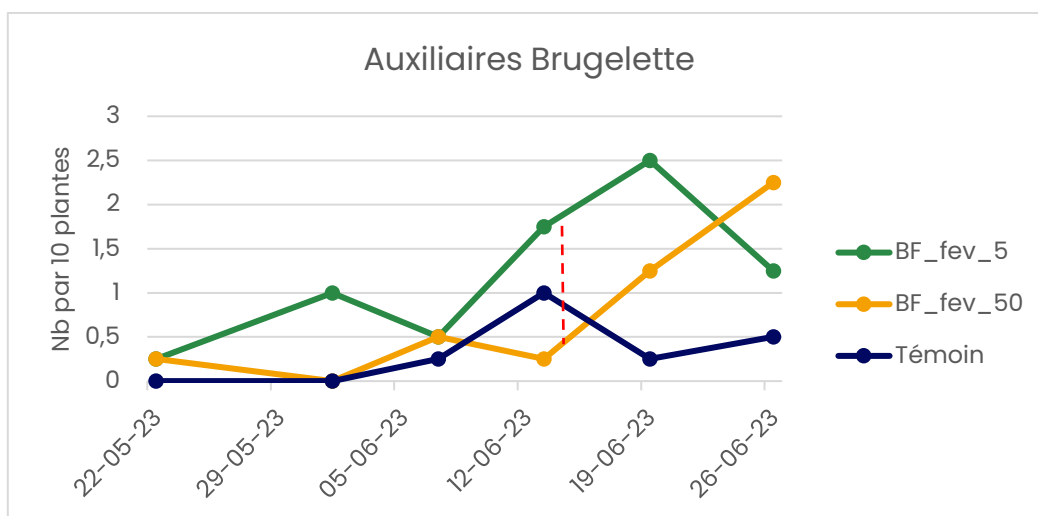


Figure 42: Phénologie des auxiliaires sur betterave, à Brugelette en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.

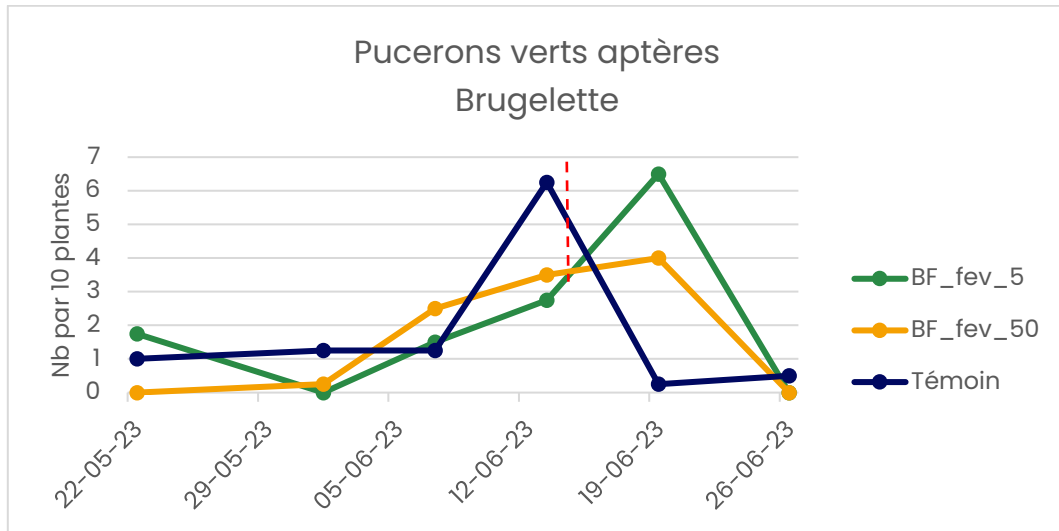


Figure 43. Phénologie des pucerons verts aptères sur betterave, à Brugelette en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.

Les parcelles de Hannut et Perwez ont montré des tendances similaires, avec davantage d'auxiliaires et de pucerons noirs dans les parcelles associées, surtout en bordure pour les pucerons, et moins de pucerons verts que dans les parcelles témoins (Figure 44). Seule la parcelle de Huy, associée à la féverole, a accueilli à l'inverse un très grand nombre de pucerons verts sur les betteraves éloignées de la bande fleurie pluriannuelle. Toutefois, aucun symptôme de jaunisse n'y a été observé malgré l'absence de traitement insecticide.

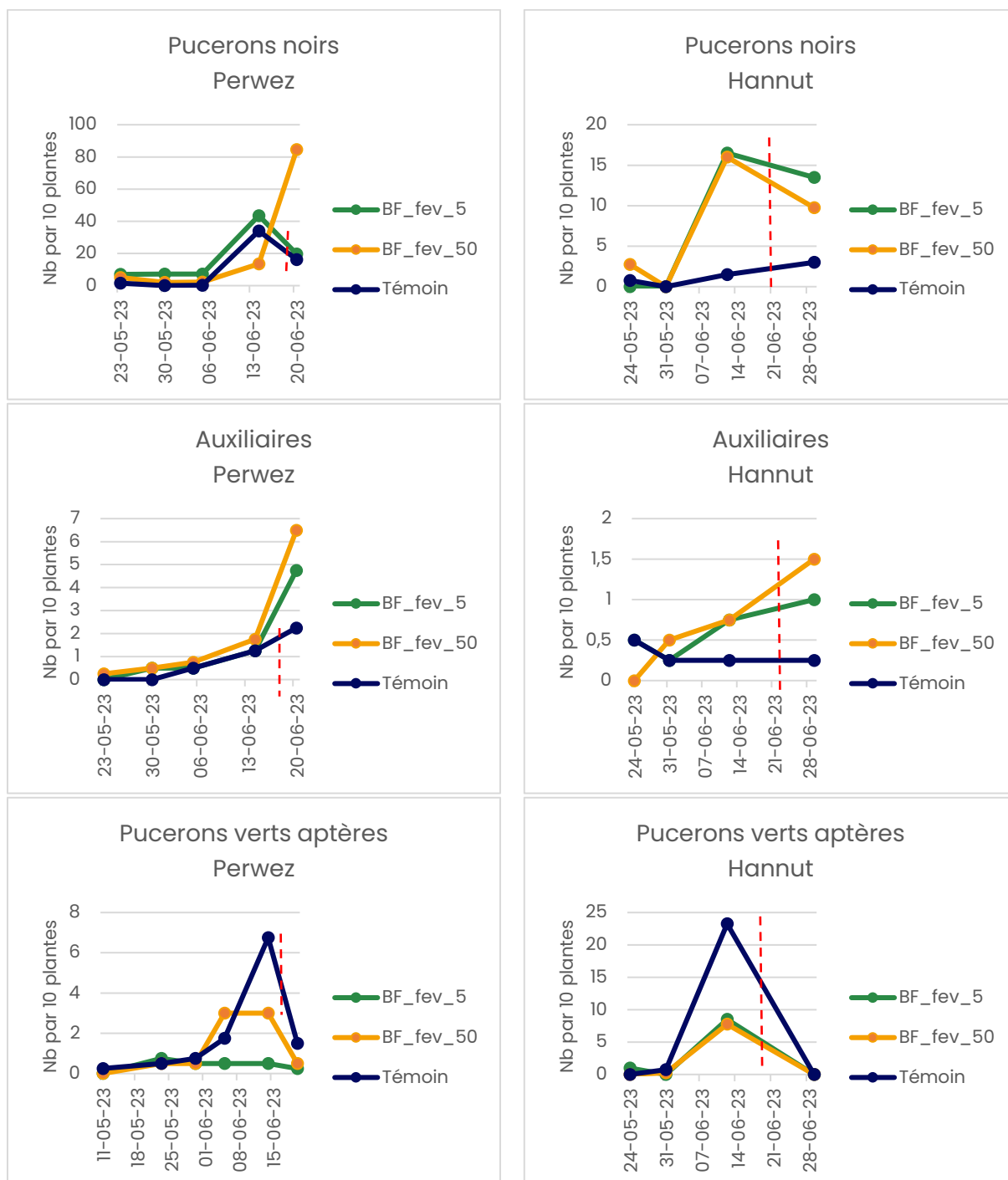


Figure 44 : Phénologie des pucerons noirs, des verts aptères et des auxiliaires sur betterave, à Perwez et à Hannut en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoïn : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.

A Huy en revanche, un très grand nombre de pucerons verts est apparu mi-juin sur la parcelle associée (Figure 45). Nous avons cependant observé un moins grand nombre à proximité immédiate de la bande fleurie. Malgré l'absence de traitement, le nombre de puceron a drastiquement chuté la semaine d'après, à un niveau similaire à la parcelle témoin traitée, grâce à l'activité des auxiliaires très abondants.

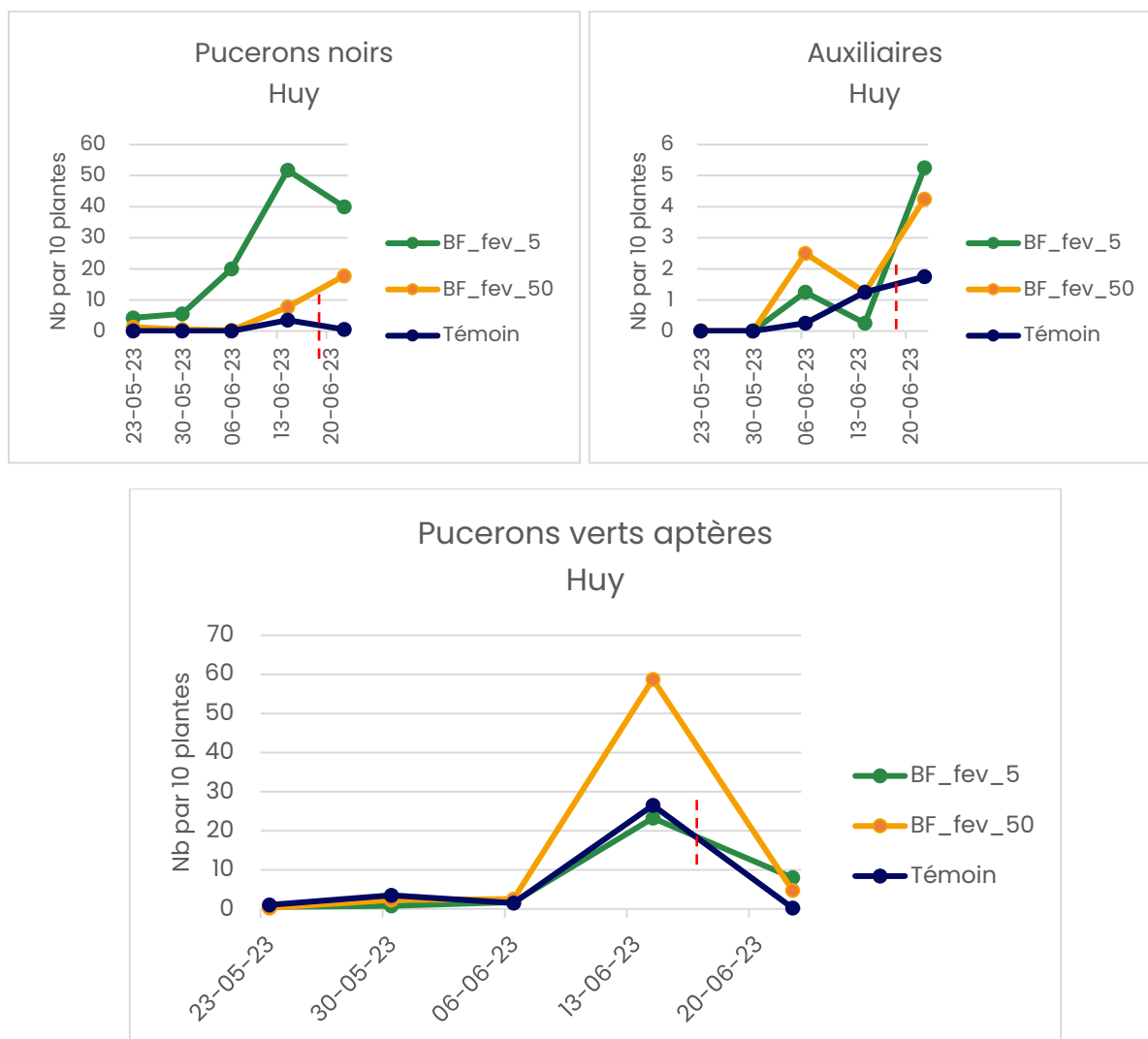


Figure 45 : Phénologie des pucerons noirs, des verts aptères et des auxiliaires sur betterave, à Huy en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; Témoin : betterave pure au milieu de la parcelle ; ligne rouge : traitement insecticide.

Enfin, dans la localité de Hannut, un traitement insecticide a été réalisé précocement (23/05) par rapport aux autres parcelles, ce qui a interrompu les cycles et interactions proies-prédateurs. Conformément aux hypothèses, le recours précoce aux insecticides ayant eu pour effet de réduire l'abondance de proies, les auxiliaires ne se sont pas installés dans la parcelle et le niveau de pucerons verts est repassé au-dessus du seuil 2 semaines après (Figure 46). En début de saison, les betteraves de cette parcelle étaient peu vigoureuses, souffrant de défauts de structure du sol. Rappelons donc qu'outre l'abondance de ravageurs et les capacités de régulation des auxiliaires, la vigueur et donc la robustesse de la culture va aussi fortement déterminer la gravité des attaques.

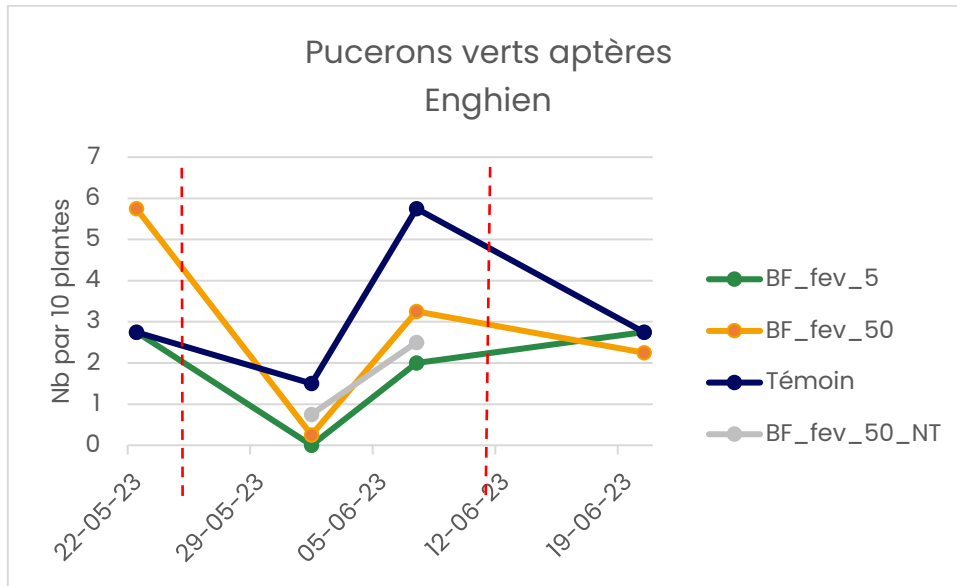


Figure 46 : Phénologie des pucerons verts aptères sur betterave, à Enghien en 2023, selon les modalités d'association avec la féverole et la proximité de la bordure. BF_fev_5 : association betterave-féverole à proximité de la bordure ; BF_fev_50 : association betterave féverole au milieu de la parcelle ; BF_fev_50_NT : fenêtré non traitée en milieu de parcelle associée ; ligne rouge : traitement insecticide.

Conclusions

Les résultats des suivis 2023 sont encourageants en termes de préservation des auxiliaires et de maintien sous contrôle du vecteur de la jaunisse virale. Celui-ci a néanmoins dépassé le seuil d'intervention à la mi-juin. Cependant, aucun rond de jaunisse n'ayant été observé cette année, nous n'avons pu faire le lien entre ces pratiques et les résultats économiques de la culture.

Les féveroles associées attirent et maintiennent les auxiliaires au sein de la parcelle de betterave. L'effet sur les pucerons est variable mais un certain contrôle des populations semble possible, comme observé sur les parcelles de Brugelette, Hannut et Perwez.

Les bordures végétalisées ont un effet très positif sur l'abondance d'auxiliaires et de leurs ressources nutritives alternatives (pucerons noirs) : talus enherbés, bandes fleuries pluriannuelles, couvert d'interculture non détruit... Il est donc important d'aménager un refuge hivernal végétal et préservé en cours de saison culturale de la betterave. La technique du couvert non détruit est prometteuse en raison de son faible coût et sa couverture permanente et sa floraison précoce, mais reste aléatoire selon les conditions climatiques hivernales et le mélange choisi.

Pour profiter de la synergie entre ces pratiques, il est donc important de réduire la distance entre la bordure et le centre de la parcelle (associée) pour maximiser la régulation naturelle et diminuer les risques de pic de pucerons verts.

Cette année, nous avons donc pu confirmer que la diversification des plantes, au sein et en bordure de parcelles, est essentielle à l'amplification et au maintien des insectes auxiliaires. Une coordination de cette diversification de l'agroécosystème à l'échelle du paysage serait donc essentielle si l'on veut compter sur la régulation naturelle en remplacement des insecticides.

Un nouveau réseau de parcelle, plus ambitieux, sera suivi en 2024 pour confirmer ou non les tendances observées en 2023 et évaluer l'impact de la combinaison de ces pratiques sur l'apparition de symptômes de jaunisse.

2.2. Utilisation de bio-intrants

L'augmentation du prix des engrais de synthèse et la pression sociétale pour une réduction de l'utilisation des pesticides placent l'agriculture dans une situation de plus en plus difficile. Dans ce contexte et conscients des impacts des intrants de synthèse sur leurs sols, un groupe d'agriculteurs en agroécologie (GAA PHYTOBIOME) cherchent à améliorer leur autonomie globale et réduire leur dépendance aux intrants. Bien qu'ayant déjà diminué l'utilisation des intrants de synthèse grâce aux leviers usuels (allongement de la rotation, services d'avertissement, réduction de dose), les agriculteurs du groupement sont à la recherche de solutions pour améliorer la santé de leurs sols et de leurs cultures.

Leur intérêt s'est alors porté sur les bio-intrants. Les bio-intrants sont des produits constitués de micro-organismes, de macro-organismes, d'extraits de plantes ou de composés d'origine biologique ou naturelle et destinés à être appliqués comme intrants dans la production agricole. Ils regroupent trois catégories de produits : les produits de biocontrôle, les biofertilisants et les biostimulants. En 2023, le GAA PHYTOBIOME a décidé de se concentrer sur trois types d'utilisation de bio-intrants :

- 1) Bio-priming avec extraits de compost : Le bio-priming est une méthode d'amorçage de semences (« priming »). Elle consiste à appliquer sur la semence des rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (ou PGPR³) qui vont pénétrer/adhérer à la semence. Le bio-priming augmente la vitesse de levée, l'enracinement, l'uniformité de la culture, sa tolérance au stress et, *in fine*, améliore la qualité et le rendement.
L'inoculum choisi dans le cadre de ces essais n'est pas un intrant commercial (contenant généralement une souche isolée) mais un consortia microbien extrait d'un compost. L'extrait de compost (EC) est une solution aqueuse dans laquelle les micro-organismes issus d'un compost sont en suspension. Pour cela, un compost de bonne qualité microbiologique est nécessaire, c'est-à-dire présentant une quantité et une diversité intéressantes de bactéries, de champignons, de nématodes et de protozoaires.
- 2) Injection d'extraits de compost dans la ligne de semis : Cette méthode permet d'appliquer l'extrait de compost et les prébiotiques associés (voir) au semis. Les produits utilisés vont ainsi agir à la fois sur les semences et sur le sol, en inoculant des micro-organismes participant à la chaîne trophique du sol. Cela permet d'augmenter la minéralisation de manière localisée. Lors des essais réalisés avec cette méthode, l'extrait de compost (tel que décrit ci-dessus) a été associé à un extrait de compost fermenté (aussi appelé « thé de compost oxygéné »⁴).
- 3) Pulvérisation d'extraits végétaux : Les extraits végétaux utilisés en pulvérisation dans ces essais sont l'extrait fermenté d'ortie (éliciteur) et la décoction de prêle (fongicide). Pour plus d'informations, consulter le document « fiches techniques bio-intrants »⁴ ou Phytoweb⁵.

³ Plant Growth Promoting Rhizobacteria, acronyme anglais

⁴ https://plainesdelescaut.be/wikipnpe/files/FichesTechniquesTheDeCompostOxygeneExtra_fichier_fiches-techniques-tco-extraits-de-plante-ferments-lactiques-pnpe.pdf

⁵ <https://apps.health.belgium.be/fytoweb/pages/public/detail.xhtml?dswid=-3575&product=36348161>

L'usage des produits présentés s'inscrit dans une démarche de transition vers des agroécosystèmes économes en intrants. La finalité de ces solutions n'est pas de substituer un intrant par un autre, mais plutôt d'adopter une démarche préventive grâce aux bio-intrants, en vue de favoriser des cultures robustes (aux stress biotiques et abiotiques). Cependant, le rapport « bénéfice/coût » des bio-intrants présents sur le marché n'est pas systématiquement favorable à leur utilisation. Leurs effets sont très variables en fonction de la culture, du positionnement et du contexte pédoclimatique. Les essais présentés dans ce chapitre ont donc été guidé par les questions suivantes :

- Quels sont les facteurs pouvant influencer l'efficacité des bio-intrants précités ?
- Quels sont les meilleurs positionnements dans l'itinéraire technique ?
- Quels sont leurs effets sur le développement de la plante ?
- Quelle incidence sur le rendement peut-on attendre de chacune des méthodes testées ?

2.2.1. Extraits végétaux en froment d'hiver

Objectifs

L'objectif de l'essai est d'observer l'effet sur la culture de froment d'hiver d'une application unique d'extrait fermenté d'ortie, pour mieux comprendre les modes d'action du produit.

Dispositif expérimental et protocole

Le dispositif expérimental comprenait cinq parcelles de froment, gérées en conventionnel. Chaque parcelle présentait deux modalités : une modalité témoin sans application d'extraits végétaux et une modalité EV, avec une pulvérisation d'extrait fermenté d'ortie. Des analyses de sèves ont été réalisées sur les deux modalités 10 jours après l'application de l'extrait. L'ensemble des échantillons ont été prélevés avant 9h du matin et analysés par le laboratoire NovaCropControl (Oisterwijk, Pays-Bas).

Résultats et interprétation

L'analyse de résultats montre différentes tendances et permet de formuler certaines hypothèses :

- Dans certaines parcelles, les quantités de nitrates étaient significativement plus élevées dans la sève du témoin par rapport à la modalité EV. Or, l'accumulation de nitrates entraîne une sensibilité accrue de la plante aux insectes piqueurs-suceurs et aux maladies cryptogamiques. Pour une meilleure santé de la plante, il importe donc d'éviter l'accumulation de nitrate et de favoriser leur transformation en protéines. Les résultats de ces essais montrent un impact positif de l'utilisation d'extrait fermenté d'ortie.

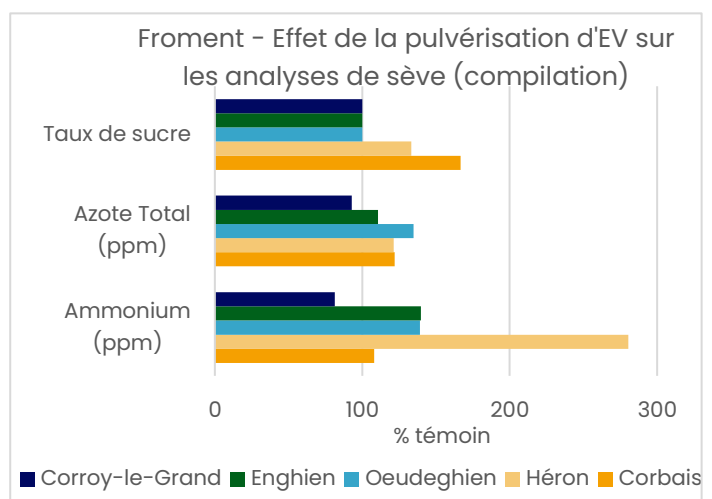


Figure 47 : Résultats relatifs des analyses de sève sur cinq parcelles distinctes (EV = Extraits végétaux, ici extrait fermenté d'ortie).

- Le traitement EV montre une tendance à améliorer la quantité d'ammonium, d'azote total. Le taux de sucre est également plus élevé dans le cas du traitement EV (Figure 47). Ce dernier

évalue le fonctionnement photosynthétique et est considéré comme un indicateur du niveau de résistance de la plante face aux stress biotiques et abiotiques.

Sur la dernière parcelle (Corbais), une pesée complémentaire a été effectuée pour évaluer l'effet d'une double pulvérisation d'extraits fermentés d'ortie (« EV ») en supplément du programme fongicide. Les résultats semblent en faveur de l'utilisation d'extraits végétaux, bien qu'ils aient une valeur indicative et nécessiteraient un complément de recherche.

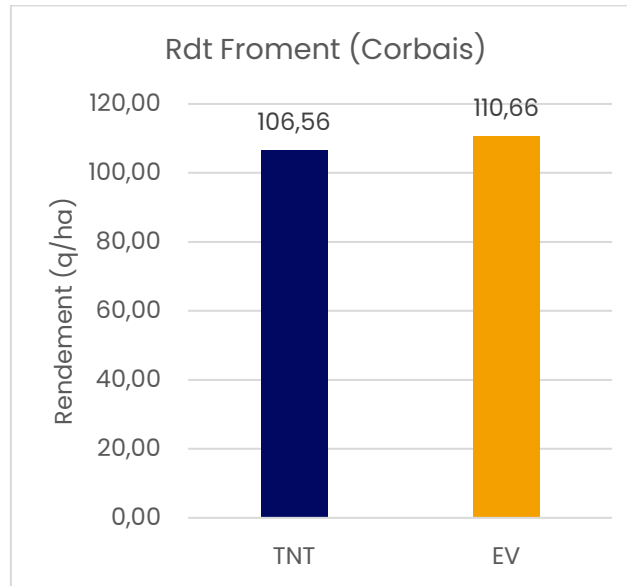


Figure 48: Rendements de froment d'hiver selon deux modalités (TNT = Témoin ; EV = Extraits végétaux, ici extrait fermenté d'ortie)

Conclusions

Cet essai nous montre que l'extrait fermenté d'ortie peut avoir un effet sur la physiologie de la plante. Cela ouvre donc des pistes pour de futurs essais, par exemple en comparer les effets de traitements aux extraits végétaux et aux extraits de compost avec un programme fongicide classique.

2.2.2. Bio-priming de semences non-traitées en maïs

Objectifs

Le bio-priming pourrait accélérer la levée, améliorer l'enracinement et augmenter le rendement des plantes cultivées. L'objectif de cet essai était de vérifier ces allégations dans le cas d'une utilisation d'extrait de compost sur des semences de maïs.

Dispositif expérimental et protocole

L'essai a été répété sur trois parcelles en AB (Herquegies, Wanze et Rebecq). Les modalités pour chaque parcelle sont :

- 1) Témoin
- 2) Bio-priming avec extrait de compost, noté B-P (Tableau 8)
- 3) Localisé : bio-priming avec extrait de compost et application localisée au semis d'oligo-éléments (TM Semis B de TMCE) et de micro-granulés d'engrais starter (Greenstart de TIMAC AGRO)



Figure 49: Bio-priming de semence maïs NT (21-05-2023)

Pour ne pas induire de biais, les mêmes recettes avec les mêmes ingrédients ont été utilisées dans tous les essais. Les divergences de résultats peuvent ainsi être imputées aux conditions locales.

Tableau 8. Recette de bio-priming utilisée en maïs.

Produit	Unité	Dose/100kg
Mélasses de canne à sucre	ml	30
Lait entier	ml	200
Acides humiques et fulviques	ml	250
Compost « biocomplet »	ml	500
Eau non chlorée	ml	800
Poudre de basalte	g	1000

Résultats et interprétation

Dans chacune des parcelles, nous avons observé 10 jours après le semis une levée plus rapide dans la modalité avec bio-priming de semences. Cette différence se lisse lors des comptages de levée postérieurs. Cependant, l'homogénéité de la levée est un facteur déterminant du rendement pour la culture de maïs. Dans l'une des parcelles (Herquegies), la modalité ayant reçu un engrais localisé montre un net effet dépressif sur la levée dont la cause n'a pas été identifiée. Dans la parcelle de Rebecq, l'essai a été abandonné à cause d'une hétérogénéité due au salissement.



Figure 50: Sénescence plus rapide des premières feuilles de maïs sur la modalité témoin (à gauche) par rapport à la modalité avec bio-priming (à droite) sur la parcelle d'essai de Wanze (24/08/2023)

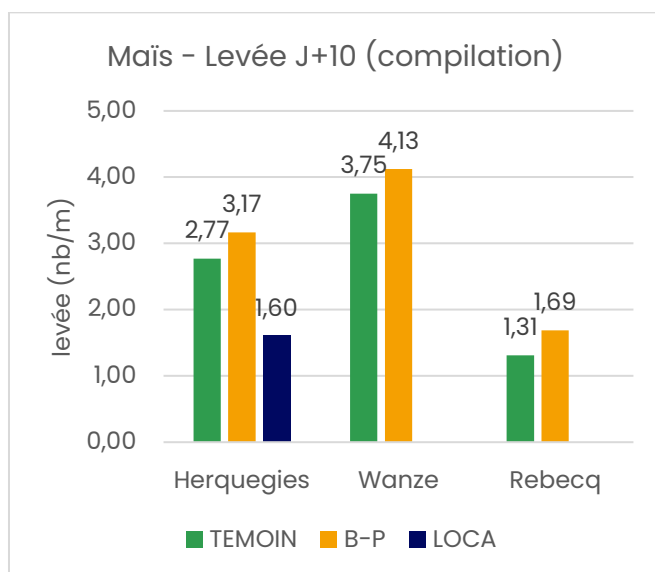


Figure 51: Effet du bio-priming sur la levée du maïs NT

Durant la croissance de la culture, il n'était pas possible de distinguer visuellement les modalités. A Wanze (Figure 50), nous avons tout de même observé une sénescence plus rapide des premières feuilles sur la modalité témoin (à gauche) par rapport à la modalité B-P (à droite).

La pesée des carottes de maïs a révélé un gain de rendement grain de 15,9% à Wanze et de 14,2% à Herquegies pour la modalité B-P par rapport à la modalité témoin.

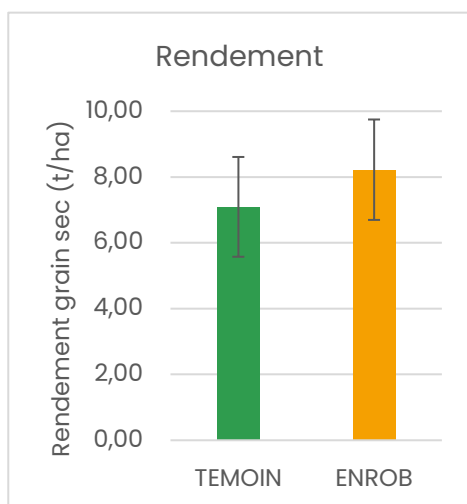


Figure 53: rendement du maïs à Wanze

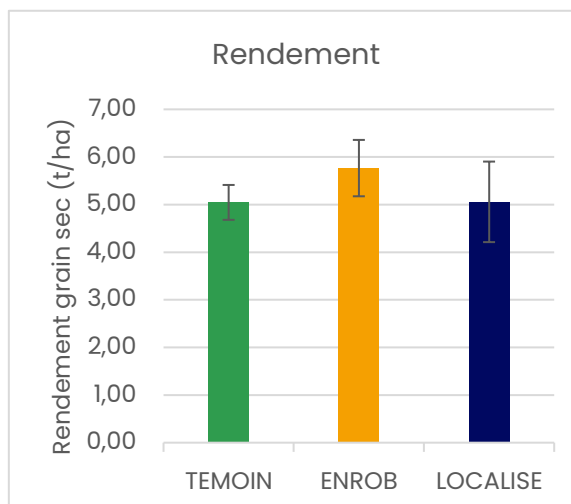


Figure 52: rendement maïs à Herquegies

Conclusions

L'utilisation des extraits de compost en bio-priming pourrait être proposée aux agriculteurs utilisant des semences non traitées. Nous manquons toutefois de recul pour confirmer ces tendances. Nous espérons que ces méthodes seront expérimentées par des centres pilotes pour consolider ces observations.

2.2.3. Bio-priming et injection d'extrait de compost sur semences traitées avec fongicide en maïs

Objectifs

L'objectif de cet essai était de vérifier la compatibilité des extraits de compost en bio-priming ou en injection avec un traitement fongicide des semences.

Dispositif expérimental et protocole

Cet essai a été réalisé sur une parcelle en conventionnel à Petit-Enghien. Les modalités étaient :

- 1) Témoin
- 2) Bio-priming avec extraits de compost (idem essai précédent, voir Tableau 8). Les doses appliquées ont permis de conserver le fongicide sur les grains.
- 3) Injection d'extrait de compost dans la ligne de semis (Tableau 9)

Tableau 9 : Recette utilisée en injection

Produit	Dose (L/ha)
Extrait de compost	25
Extrait de compost fermenté	25
Mélasse de canne à sucre	1
Acides humiques et fulviques	1
Extrait fermenté de consoude	1



Figure 54. Bio-priming de semences de maïs traitées (04/05/2023).

Résultats et interprétation

La modalité Injection affiche un rendement supérieur de 17% au témoin et la modalité bio-priming un rendement inférieur de 11% au témoin. Il est possible d'expliquer l'absence d'un rendement supérieur de la modalité bio-priming (présent dans l'essai précédent) par le fait que le fongicide inhibe le bio-priming. Cependant, l'analyse du taux de matière sèche révèle que la modalité B-P n'était pas encore mûre au moment de la récolte de l'essai. Son rendement à maturité aurait probablement été plus élevé. A noter que la modalité Injection montrait tout de même une meilleure levée. Pour en tirer de réelles conclusions, cet essai nécessiterait d'autres répétitions.

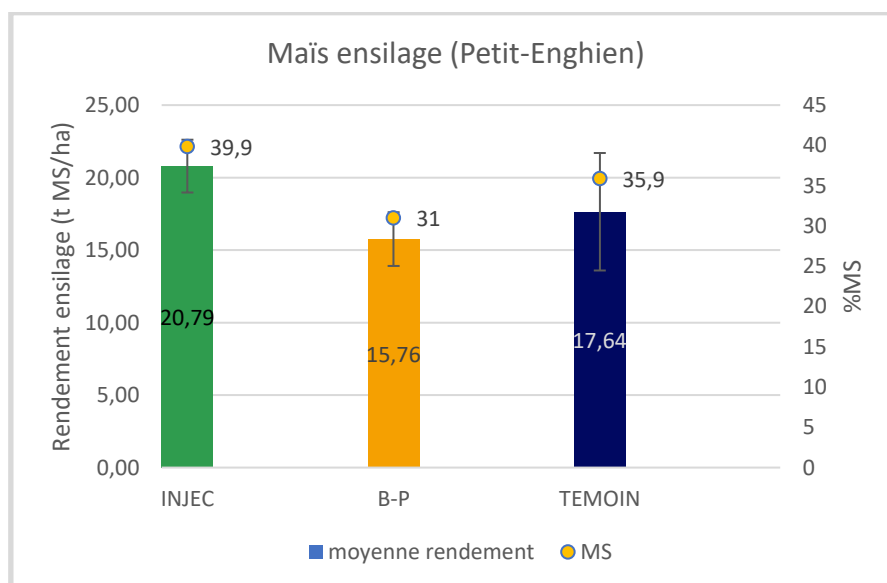


Figure 55: effet de l'application d'extrait de compost sur le maïs

Conclusions et perspectives

Sur cet essai, le bio-priming d'extrait de compost n'a pas engendré de gain de rendement. Le même bio-priming a pourtant eu des effets favorables sur des semences non traitées dans l'essai précédent. Ceci peut nous faire penser que le bio-priming avec des extraits de compost n'est pas compatible avec des semences traitées. Toutefois, un essai devrait être mis en place pour confirmer ce constat en comparant bio-priming sur semences traitées et non-traitées. L'injection d'extrait de compost ouvre des perspectives sur la dynamique de minéralisation et l'état fonctionnel du sol qui pourraient être expérimentées en maïs et sur d'autres cultures. Ces aspects pourraient être approfondis dans le cadre d'une réduction de la fertilisation azotée.

2.2.4. Injection d'extraits de compost en betterave

Objectif

Les objectifs de cet essai étaient de :

- Renforcer les données des essais de 2021 et 2022 sur l'injection d'extraits de compost en betterave ;
- Vérifier la pertinence d'une application des produits au semis plutôt que lors du passage préalable du strip-till. En effet, l'agriculteur étant actuellement équipé d'une cuve de fertilisation liquide sur son strip-till, il se posait la question de la nécessité ou non d'investir dans du matériel de fertilisation liquide sur son semoir pour un meilleur positionnement de l'extrait de compost sur la semence.

Dispositif expérimental et protocole

L'essai a eu lieu sur une parcelle en conventionnel à Petit-Warêt. Quatre modalités ont été comparées (détaillées dans le Tableau 10) :

- 1) TRADE : basée sur les recommandations de la marque Tradecorp (fabriquant des produits Humifirst et Delphan).
- 2) TEMOIN : sans application d'autre produit que la solution azotée (125 unités)
- 3) INJEC : injection d'extrait de compost dans la ligne de semis grâce à une cuve positionnée sur le semoir (même recette que maïs, se référer au). A noter que pour la mise en place de l'essai, l'extrait de compost n'a été pulvérisé que sur 2 lignes de semis sur un aller-retour.
- 4) AGRI : l'agriculteur a souhaité mettre en place une modalité supplémentaire avec une répartition différente de la solution azotée, avec une partie positionnée au-dessus de la semence.



Figure 56: adaptation du semoir pour application d'extrait de compost (03/05/2023)

Tableau 10 : Modalités d'application de biostimulants de l'essai betterave.

MODALITES		Injection (l/ha)		
N°	NOM	Strip-till en dessous	Strip-till au-dessus	Semoir sur semence
1	TRADE	320L N39	2,5L Humifirst®, 2,5L Delphan®, 80L d'eau	0
2	TEMOIN	320L N39	0	0
3	INJEC	320L N39	0	25L extrait de compost, 25L extrait de compost fermenté, 1L Humifirst®, 1L mélasse, 1L extrait fermenté de consoude
4	AGRI	300L N39	50L N39	0

Résultats et interprétation

Deux comptages de levée ont été effectués respectivement 7 jours et 23 jours après le semis du 3/05/23 (Figure 57). L'effet de l'injection d'extrait de compost dans la ligne de semis se marque par une levée plus rapide que le témoin. On observe que ces effets se lissent sur le taux de levée final.

La récolte de l'essai a eu lieu le 26/10/2023. Pour chaque modalité, huit répétitions ont été prélevées et pesées au champ. Des échantillons de chaque modalité ont été envoyés au laboratoire pour déterminer le taux de sucre. Une sensible augmentation du taux de sucre a été observée pour la modalité injection (TRADE : 17,90%, TEMOIN : 17,78%, INJEC : 18,32%, AGRI : 17,92%).

Comme l'illustre la Figure 59, on observe un gain de rendement de 7,85 tonnes/ha (+8.52%) dans la modalité où l'extrait de compost a été appliqué dans la ligne de semis, par rapport au témoin (Student test : p-value de 0,055).

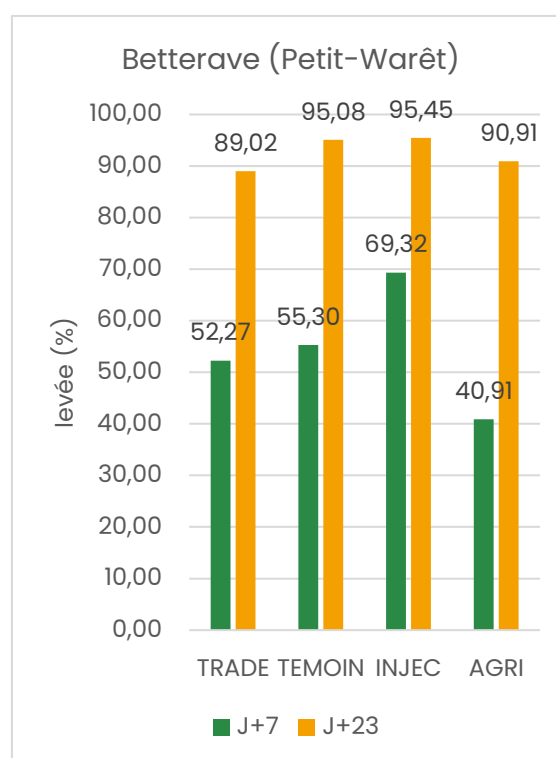


Figure 57: Pourcentage de levée de la betterave sur les différentes modalités testées, 7 et 23 jours après semis.

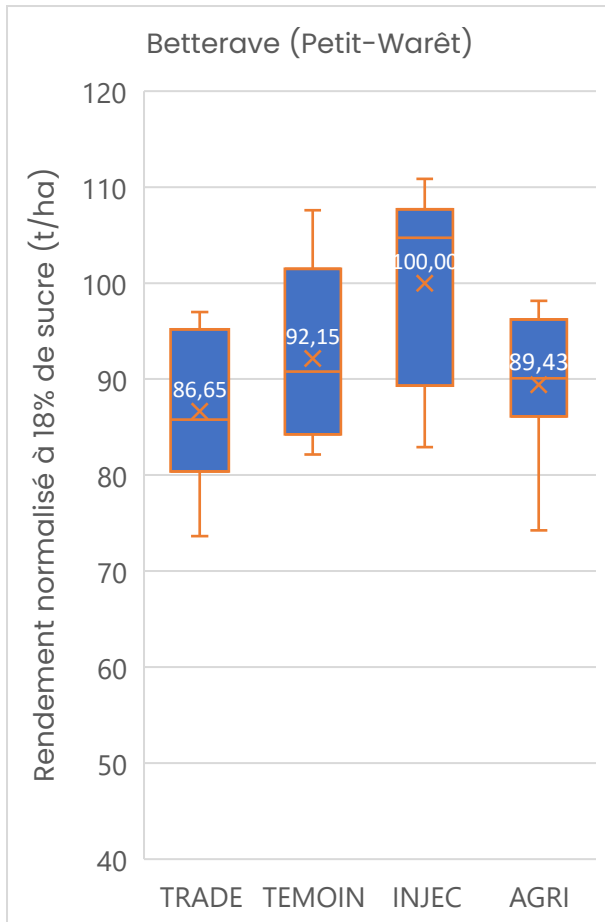


Figure 58 : Rendements de la betterave selon les modalités d'injection

En revanche, la modalité TRADE montre un rendement légèrement inférieur malgré un apport de biostimulants. Nous supposons donc que le positionnement des biostimulants (ici acides humiques et acides aminés) joue un rôle-clé dans l'efficacité des biostimulants.

Conclusions

Au vu du faible coût des extraits de compost et prébiotiques associés, cet essai confirme l'intérêt d'une application de ces biostimulants dans le système étudié. La nécessité d'une localisation adéquate se confirme également. L'agriculteur concerné compte donc réaliser l'investissement pour son semoir d'un système de fertilisation liquide supplémentaire (adapté à l'utilisation d'inoculants microbiens). Ce sont les effets cumulés de l'amélioration de la levée, du rendement brut et du taux de sucre qui, combinés, engendrent un gain intéressant. Cette utilisation des extraits de compost continuera d'être conseillée aux agriculteurs équipés de systèmes de fertilisation liquide adaptés.

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 que le sol rend aux cultures (bon enracinement, nutrition minérale, nutrition hydrique, protection naturelle contre les ravageurs et maladies, etc.) et donc à l'agriculture/agriculteur.

Tous ces services que le sol rend à la plante remplacent gratuitement les intrants (mécanisation, engrais, produits phytosanitaires) 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. Or, cette source d'énergie, c'est la matière organique, qui trouve son origine dans le processus de photosynthèse des plantes. C'est donc la photosynthèse 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 deux thématiques :

- L'optimisation des semis à la volée des couverts avant la moisson des céréales ;
- La démonstration et l'objectivation de l'intérêt de diversifier les espèces du couvert, notamment en y incluant des espèces non gélives.

En plus de ces thématiques, nous avons mis en place un essai variétal de vesces (genre *Vicia*) et participé à une étude permettant d'estimer la productivité des couverts végétaux par satellite.

3.1. Couverts semés à la volée avant la moisson de la céréale

Hypothèses

Un des facteurs déjà identifiés pour la réussite des couverts végétaux 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 avec des espèces tardives). Ainsi, les techniques de semis à la volée avant moisson d'un couvert d'interculture permettraient de profiter de l'humidité du sol, de maximiser la biomasse produite, de couvrir le sol dès la moisson et de réduire les coûts d'implantation.

Le but du semis de couvert à la volée est donc d'avoir un sol couvert le plus tôt possible afin de produire une biomasse la plus élevée possible pour maximiser les bénéfices des couverts.

3.1.1. Semences avec enrobage d'argile et mélasse

Objectifs

La mise en place de cet essai a plusieurs objectifs : d'une part, la vulgarisation de la technique auprès des agriculteurs locaux et d'autre part, la comparaison de différentes techniques de semis. En effet, le semis à la volée est une technique marginale qu'il faut encore appréhender afin d'apporter un meilleur conseil, notamment par la comparaison avec d'autres techniques de semis, plus conventionnelles ou non. Un autre objectif a aussi été de tester le semis à la volée par drone.

Outre la technique de semis, la gestion de la paille a également été étudiée afin d'observer son impact sur le développement du couvert et la production de biomasse.

Le semis à la volée avant moisson a été inspiré des recherches et des essais d'Agro-Transfert RT et du GIEE Magellan en France. La technique, lorsqu'elle utilise un épandeur à engrais, nécessite une recherche d'homogénéité dans l'épandage des semences sur toute la largeur de l'épandeur car chaque semence a des formes et des densités différentes. Il faut donc prendre en compte que :

- Certaines semences, en fonction de leur taille et de leur forme, 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.

Les organismes français précités ont alors testé de coller des graines plus petites ou trop peu denses pour créer des billes et 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 homogène⁶. Il est à noter que les doses d'argile et de mélasse peuvent être un peu sous-estimées : lorsque l'on a de grosses graines comme le tournesol, les doses sont à revoir à la hausse.

Il est aussi possible de réaliser ces épandages avec un drone adapté qui ne nécessite pas d'enrobage. Le drone présente l'avantage de ne pas abimer les cultures (avec le passage d'épandeur à engrais, il y a un risque d'égrainage lors du passage du tracteur dans les traces de pulvérisation), mais il a un débit de chantier plus faible par sa capacité et son autonomie. Il peut semer environ 30 ha/jour pour un coût de 30 €/ha.

⁶ <http://cultivons-les-couverts.agro-transfert-rt.org/pellet/index.html>



Figure 60 : Semoir de semis direct lors de la visite de la plateforme le 09 novembre.

Dispositif expérimental et protocole

La parcelle se situe sur le périmètre du contrat de captage d'Estinnes. Il s'agit d'une collaboration avec Protect'eau, le contrat de captage et l'UCLouvain. Une visite de la plateforme a eu lieu le 09 novembre 2023.



Figure 61. Vue aérienne de la parcelle.

La parcelle était implantée en froment avec un anté-précédent betterave. La culture prévue ensuite est une betterave (la rotation a dû être revue sur cette parcelle à la suite de changements sur l'exploitation).

La structure du sol était plutôt favorable en surface et plus mauvaise à 15 cm avec une faible présence de racine. On observe un peu de bioturbation en surface. Quelques mottes fermées, signe de compaction, sont présentes.

Les couverts semés sur la parcelle sont composés respectivement de radis fourrager, vesce velue et phacélie (mélange Alpha Semences, semis à 25 kg/ha) et de radis chinois (2,5 kg/ha), phacélie (2,5 kg/ha), vesce commune José (10 kg/ha), trèfle d'Alexandrie (2,5 kg/ha) et niger (2 kg/ha) pour les autres modalités.

Dans l'enrobage mélasse-argile fait maison, du TMS de la société TMCE a été ajouté afin de jouer le rôle de matière de charge et d'obtenir une meilleure répartition (observation faite à la suite de nos essais). L'ajout du TMS alourdit le mélange, ce qui facilite le réglage de l'épandeur à engrais.



Figure 62. Structure du sol de la parcelle au moment du semis (à gauche). Présence de mottes fermées et de zones plus compactes à certains endroits (à droite).

Tableau 11. Itinéraire technique de la plateforme d'essai d'Estinnes.

Modalité	Date de semis	Méthode de semis
Enrobage mélasse argile	11 juillet	Épandeur à engrais
Mélange Alpha Semences	11 juillet	Épandeur à engrais
Drone	9 juillet	Drone adapté
TCS	19 août	Déchaumeur à dent + combiné rotative-semoir
SD superficiel	18 août	Semoir de semis direct à dents (Techmagri), profondeur 3 cm
SD profond	18 août	Semoir de semis direct à dents (Techmagri), profondeur 5 cm

Une pluie de 12 mm a eu lieu après le semis au drone (avant le semis au centrifuge) le 9 juillet. Une pluie de 5 mm a eu lieu le 12 juillet. La parcelle a été moissonnée le 20 juillet et les pailles ont été ramassées le 16 août, assez tardivement à cause de la météo très humide après moisson.

Les biomasses des couverts ont été effectuées en prélevant la biomasse aérienne sur 1m², 3 répétitions par modalité, avec séparation et pesée des différentes espèces. Un prélèvement par modalité a été mis à l'étuve pour connaître la matière sèche. Les biomasses ont été prélevées le 21 novembre.

Il est important de préciser qu'il s'agit d'un essai système, les différentes dates de semis sont assumées et sont parties prenantes des techniques testées.

Des mesures d'APL et de biomasse ont été effectuées par Protect'eau et l'UCLouvain.

Résultats et interprétation

Observation de la gestion des pailles

La récolte des pailles tardive a pénalisé le couvert : le passage de la presse a détruit le couvert qui avait commencé à germer.



Figure 64 : Modalité paille exportée le 29 août



Figure 63 : Modalité paille exportée le 21 novembre

Biomasse

Comme le montre la Figure 65, les biomasses produites a été très différentes selon les modalités et également très hétérogènes au sein même de ces modalités.

La modalité qui a produit le plus de biomasse a été le semis en TCS (déchaumeur + rotative-semoir). Le semis direct superficiel a également permis une bonne production de biomasse malgré un semis trop tardif pour concurrencer efficacement les repousses (il n'y a pas eu de travail du sol pour les éliminer). Cela s'observe dans l'hétérogénéité de la production de biomasse au sein de la modalité, avec des endroits à forte production où les repousses n'étaient que faiblement présente et d'autre à faible production où les repousses étaient présentes en plus grand nombre. C'est une technique plus adaptée aux semis précoce (48h après moisson idéalement) mais qui s'en sort tout de même bien en semis plus tardif. Nos observations des années précédentes, en conditions sèches, avaient montré de meilleurs résultats avec des semis plus profond. Ici, en conditions humides, l'observation inverse a été faite avec une faible production de biomasse pour le semis à 5 cm (sûrement par effet de pourriture des semences).

Sur les semis à la volée avant moisson, l'exportation de la paille a endommagé le couvert. Le passage de la presse a sectionné les jeunes pousses du couvert (pressage tardif, environ un mois après moisson). Dans les anciens andains de paille, aucun couvert n'a levé et les repousses se sont abondamment développées. Malgré cela, on ne remarque pas une grande différence de développement moyen (si ce n'est au niveau de l'hétérogénéité) comparativement à la zone où les pailles avaient été broyées. La paille peut également engendrer une faim d'azote en se décomposant, ce qui peut expliquer la faible différence entre les deux modalités en pénalisant la modalité où la paille a été broyée. Une autre explication peut être une attaque de limaces à certains endroits, ce qui aura entraîné une perte de pieds et donc de biomasse produite. Il est cependant à noter que la biomasse du couvert semé à la volée à l'épandeur à engrais a peu évolué entre le mois de septembre-octobre et les mesures de biomasses en novembre. Un double couvert ou le choix d'espèces plus tardives auraient sous doute permis de produire davantage.

Le semis au drone montre d'assez mauvais résultats. Quelques attaques de limaces ont aussi été constatées (le niger étant très attractif pour les limaces, il a presque disparu). Cependant, cela n'explique pas en totalité ces résultats. Une des pistes pourrait être la date de semis (pourtant 2 jours plus tôt) qui a permis de recevoir une plus forte pluviométrie, ce qui a pu endommager le couvert par une germination plus précoce et donc un stade plus avancé à la moisson. Ce sont évidemment des hypothèses car une seconde parcelle semée avec le drone (moisson plus précoce) a montré de meilleurs résultats (voir essai suivant).

Une des raisons qui peut expliquer la plus faible biomasse des semis à la volée est la porosité de surface qui n'était pas optimale pour ce genre de semis bien que la structure du sol soit assez bonne (en témoigne le bon résultat du semis direct). De plus, l'azote minéralisable de la parcelle semble assez faible, ce qui a pu provoquer le faible développement des couverts. Dans les modalités avec travail du sol, la minéralisation a été un avantage. Le manque d'azote a pu être illustré sur la parcelle : une bande de couvert semé à la volée (quelques mètres) présentait un développement plus élevé (presque deux fois plus de biomasse) dans un passage de redoublement d'azote. L'essai montre aussi que cette année, la date de semis avait un poids plus faible dans la réussite que la technique de semis. Les conditions météorologiques influencent donc fortement les résultats de ce genre de techniques.

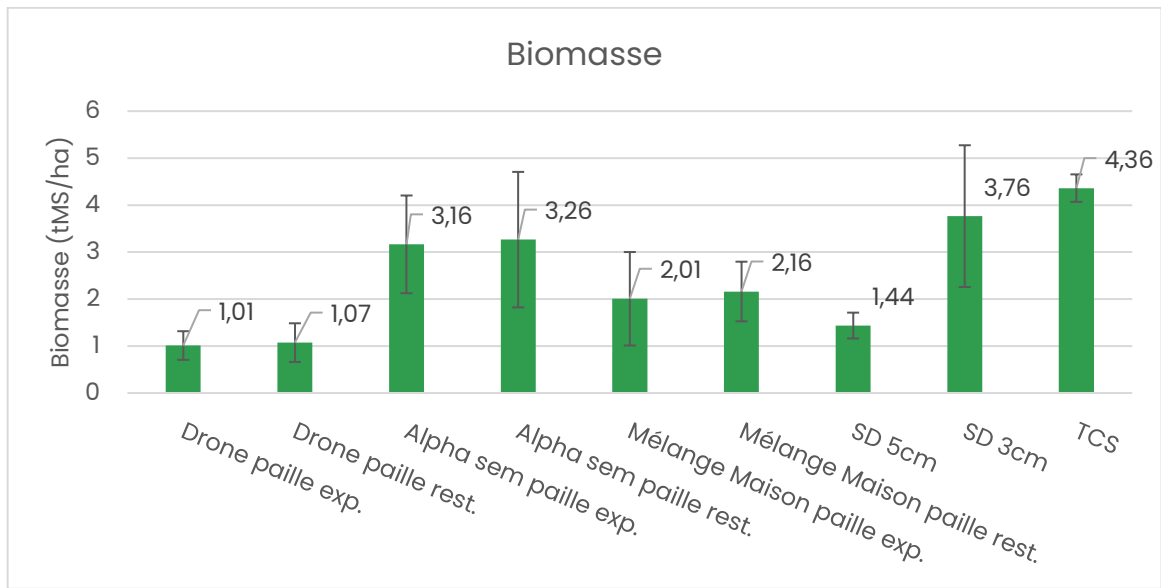


Figure 65. Biomasse des couverts par modalité.



Figure 67. Mélange Alpha Semences (semé à la volée à l'épandeur à engrais) le 21 novembre.



Figure 66. Mélange maison avec enrobage (semé à la volée à l'épandeur à engrais) le 21 novembre.



Figure 69 : Mélange maison en semis direct à 5 cm, le 21 novembre.

Figure 68 : Mélange maison semé en TCS, le 21 novembre.

Espèces présentes

Lorsque l'on s'intéresse aux espèces présente en fonction des modalités, on s'aperçoit que même avec des mélanges égaux, les espèces présentes sont assez différentes. Le mode de semis influence grandement la levée de certaines espèces, ce qui va modifier les restitutions finales. Dans le mélange Alpha Semences semé à la volée avec pailles exportées, c'est le radis fourrager qui a pris le dessus et qui fait la quasi-totalité de la biomasse. Dans la modalité avec paille restituée, on observe davantage de vesces dans le mélange. C'est aussi un indice d'un manque d'azote dans cette modalité à cause de la dégradation des pailles. On observe moins ce phénomène avec le mélange maison. Pour le semis direct superficiel, on note une grande part de phacélie, du niger et un peu de vesce. Le semis direct à 5 cm se démarque quant à lui par une majorité de repousses et un peu de niger. Le TCS se rapproche en composition du SD superficiel, avec cependant une meilleure production de la phacélie, espèce nitrophile favorisée par la minéralisation liée au travail du sol.

Il est à noter que la vesce semblait plus présente en septembre-octobre : il est possible que, ayant terminé son cycle plus rapidement, elle soit partiellement entrée en sénescence et ait entamé sa dégradation.

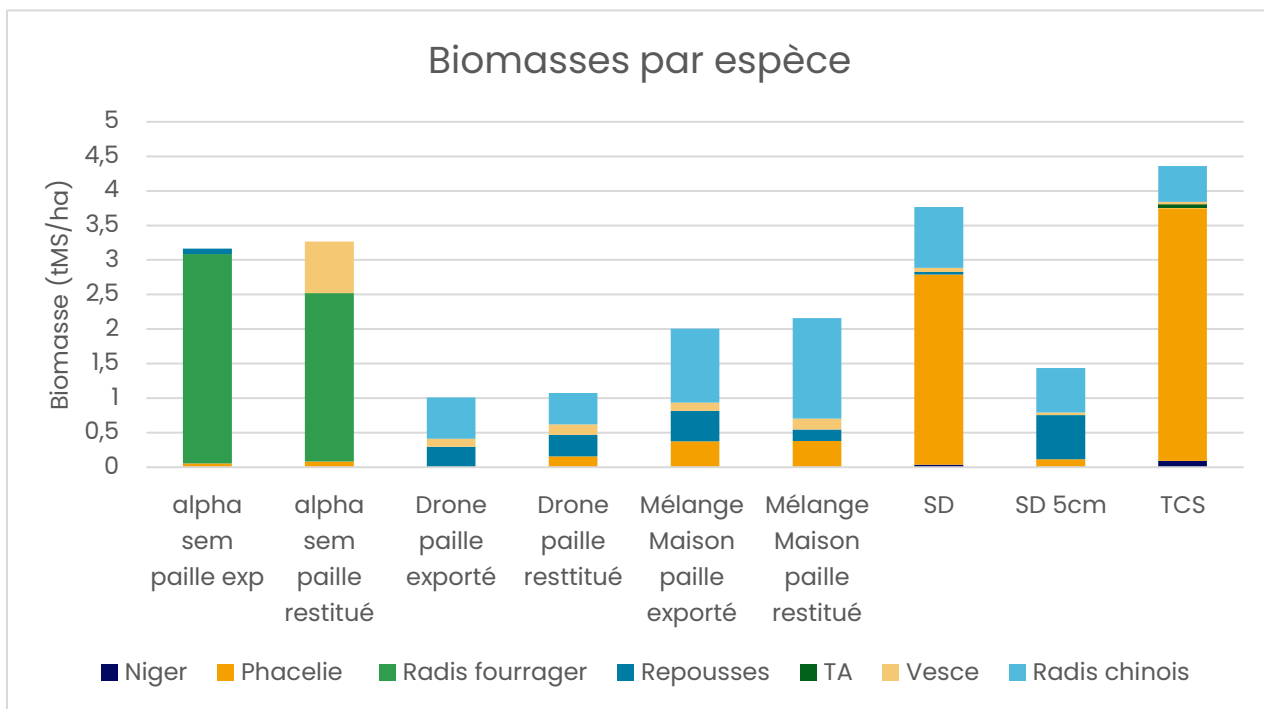


Figure 70. Biomasse de chaque espèce en fonction des modalités.

Charges de mécanisation

Les surcoûts des différentes techniques ont été estimés (via l'outil *Mecacost* développé par le CRA-W) pour déterminer si le coût de 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. C'est donc une technique 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.

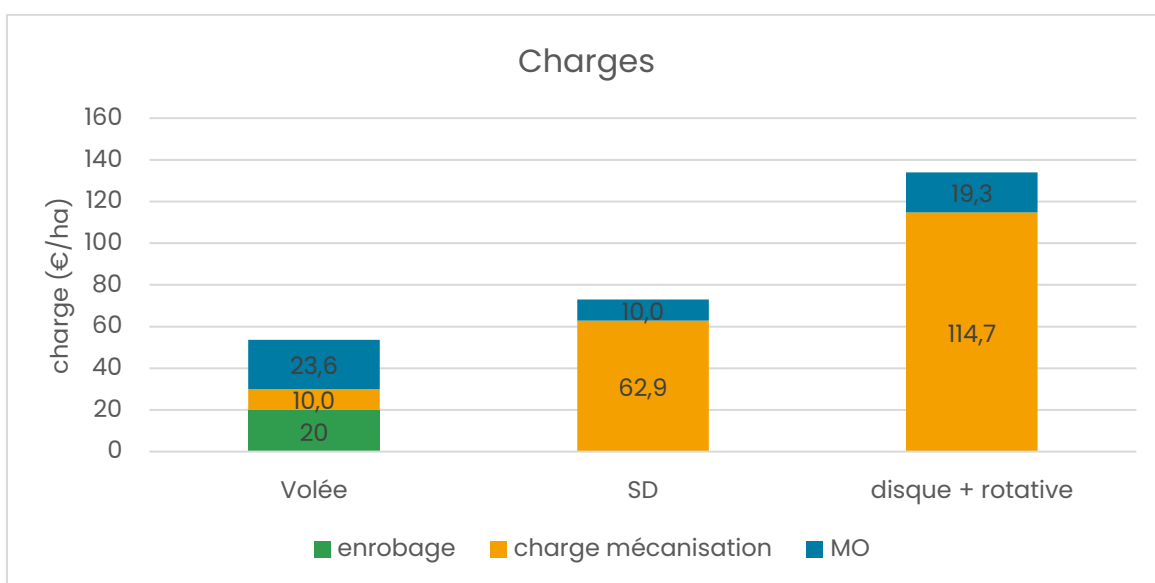


Figure 71 : Charge de mécanisation et de travail en fonction des modalités (MO : Main d'œuvre).

Azote Potentiellement Lessivable (APL)

L'APL a été mesurée sur la parcelle dans les différentes modalités par l'UCLouvain après la récolte (le 23 août) et le 15 novembre afin de voir l'impact du couvert.

Dans les parcelles où la paille a été exportée, le ramassage tardif a laissé le sol nu dans les andains de paille (comme expliqué plus tôt). Aussi, pour avoir une approximation du reliquat moyen de cet objet, il a été décidé de pondérer les résultats des zones couvertes avec ceux du témoin sol nu. La modalité avec le mélange Alpha Semences obtient donc un APL moyen d'environ 24 kg N-NO₃/ha (29 pour le mélange maison). Cela permet de tenir compte de l'impact de l'andain sur l'azote potentiellement lessivable sur cette modalité.

On constate d'autre part que les dates de semis plus tardives ont tendance à donner un APL plus élevé. Cependant, toutes les valeurs sont sous le seuil d'intervention de 56 kg N-NO₃/ha à cette date, excepté le sol nu.

Les valeurs obtenues nous montrent donc que plus le couvert est semé tôt, plus l'APL est faible. On observe que dans le sol nu, l'APL augmente (+ 10 kg N-NO₃/ha entre le 23 août et le 15 novembre) alors qu'il diminue à moins de 10 kg N-NO₃/ha dans les meilleures modalités. Ces mesures correspondent cependant à une seule année d'essai et ne sont donc pas généralisable mais l'objectif qualité de l'eau est ici rempli.

A noter la modalité supplémentaire « mélange agriculteur » : elle correspond au mélange que l'agriculteur a semé (tournesol, vesce, radis chinois, phacélie) dans le reste de la parcelle le 15 septembre.

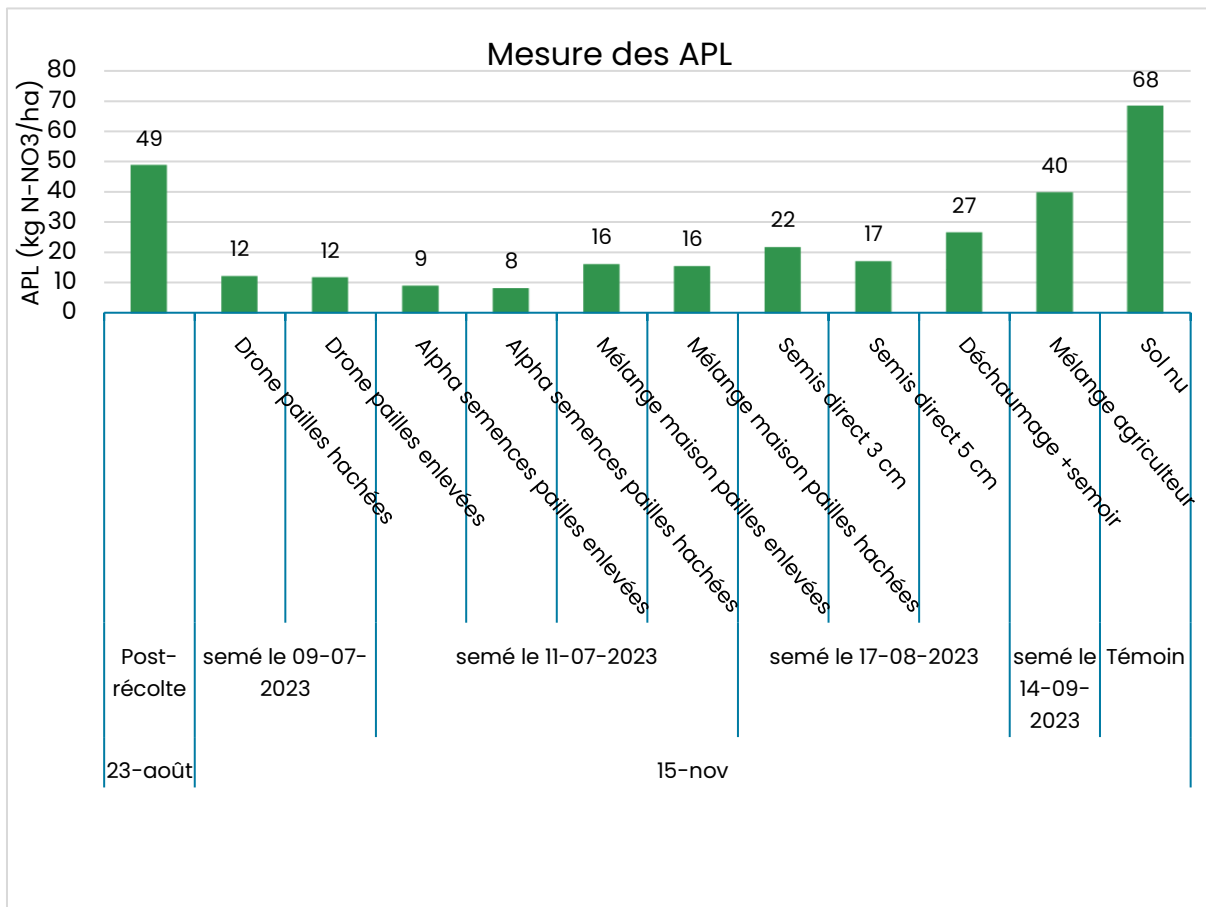


Figure 72 : Mesure des APL dans les modalités à deux dates

Indice de végétation (NDVI)

Une carte du NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a été générée par le pilote du drone qui a épandu les semences à la volée. Cette carte a été éditée pour espérer une meilleure compréhension de certains résultats (dégâts de limaces par exemple). Nous avons remarqué par cette carte une très nette différence de NDVI (nuance de vert) en fonction de la biomasse du couvert. La modalité de gauche était le TCS qui a donné la biomasse la plus élevée. Il semble donc y avoir un potentiel d'estimation de la biomasse des couverts par le NDVI.

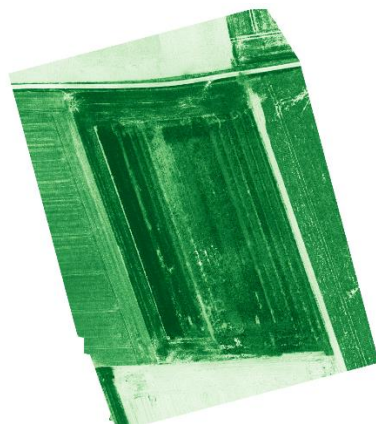


Figure 73. Carte de NDVI de la parcelle.

Conclusions

Il est à noter que les techniques de semis à la volée et de semis direct nécessitent une structure du sol appropriée avec une abondante porosité tubulaire (bon taux de MO, bonne vie du sol, réduction du travail du sol à l'échelle de la rotation). Ce n'était pas tout à fait le cas de la parcelle présentée ci-dessus qui est plutôt en transition vers ce type de pratiques. De précédents essais nous confirment en effet que le semis à la volée et le semis direct fonctionnent mieux dans des parcelles avec une très bonne structure de sol et une vie du sol développée.

A l'avenir, il serait intéressant de tester l'ajout de fertilisant dans l'enrobage des semences pour éviter la faim d'azote dans le cas des pailles broyées. Il conviendrait aussi d'adapter le choix des espèces à la durée de couverture souhaitée, avec certaines espèces plus précoces et d'autres plus tardives. L'essai montre une fois de plus l'intérêt d'avoir un couvert tôt sur la parcelle et le plus développé possible pour améliorer la qualité de l'eau et les pertes d'azote par lessivage. Les résultats de l'année ne sont que légèrement encourageants mais nous savons par expérience que la technique a davantage de potentiel de production de biomasse : les autres années d'essais nous montrent systématiquement une biomasse plus importante pour les couverts semés à la volée avant moisson. L'essai sera donc reconduit pour enrichir ces observations.

3.1.2. Semences avec bio-priming

Objectif

Le semis à la volée avant moisson est majoritairement réalisé avec des épandeurs centrifuges. Or, le semis avec un épandeur centrifuge demande un enrobage des semences avec un mélange mélasse-argile pour une bonne balistique et répartition du semis (voir section précédente). Ce type d'enrobage a l'inconvénient d'être fastidieux à préparer.

Les prescriptives de semis avec un drone deviennent réelles et présentent l'avantage de ne pas nécessiter d'enrobage mélasse-argile. Il ne nécessite pas non plus de passage de tracteur dans les bandes de pulvérisation qui ont tendance à légèrement égrainer le froment.

En parallèle, nos essais de bio-priming ont montré des résultats intéressants sur les cultures dont les conditions de levée sont difficiles : il a donc semblé logique d'appliquer ce traitement de semences aux couverts d'interculture semés à la volée.

Le présent essai présente un semis d'interculture au drone, mis en place avec 3 objectifs :

- Comparer les performances d'un couvert semé à la volée avant moisson à un couvert semé en semis direct ;
- Comparer les performances d'un couvert avec ou sans bio-priming ;
- Affiner la composition des mélanges de ce type de couvert.

Dispositif expérimental et protocole

L'essai a été mis en place à Fernelmont chez un agriculteur satisfait des semis de couverts à la volée au cours des années précédentes. Le semis s'est bien passé malgré des conditions venteuses et pluvieuses. L'ensemble des modalités de l'essai sont résumées ci-dessous (Tableau 12).

Tableau 12. Modalités de l'essai bio-priming d'interculture courte.

MODALITES			
N°	Composition	Bio-priming	Semis
1	Mélange A	Non	Semoir
2	Mélange A	Oui	Semoir
3	Mélange A	Non	Drone
4	Mélange A	Oui	Drone
5	Mélange B	Oui	Drone
6	Mélange C	Oui	Drone
7	Mélange D	Oui	Drone

Deux comptages de levée et une pesée ont été réalisés sur des zones d'1m². Chaque espèce a été pesée séparément. Les cinq répétitions de chaque modalité ont été prélevées systématiquement tous les 20 m dans chaque bande.

Concernant la composition du mélange, les choix sont limités aux espèces à cycle court, présentant une bonne levée au semis à la volée et ayant un faible PMG (pour des raisons logistiques de chargement du drone).

Tableau 13. Composition des mélanges de semences de l'essai bio-priming d'interculture courte.

		Composition IC Courte			
		Mélange A	Mélange B	Mélange C	Mélange D
Espèce	Variété	(Kg/ha)	(Kg/ha)	(Kg/ha)	(Kg/ha)
Radis chinois	STRUCTURATOR	2,5	2		
Vesce commune	JOSE	10			
Vesce velue			10	15	
Niger	SEM PARTNERS	2	2		2
Phacélie enrobée	BALO	2,5	2		
Phacélie				4	5
Trèfle Alexandrie	TABOR	2,5	4		
Moutarde d'Abyssinie	URANUS		2		
Moha fourrager	COMMERCIALES		2		
Sorgho fourrager	PIPER		4		2
Lentille fourragère					3
TOTAL		19,5	28	19	12

Résultats et interprétation

Le semis à la volée a été réalisé 13 jours avant la moisson (voir Tableau 13 pour la composition des mélanges). Malgré les conditions pluvieuses, les levées se sont fait attendre et n'ont pleinement commencé que 4 jours après la moisson. L'homogénéité du couvert n'était pas parfaite, avec des densités moins élevées par endroit.

Calendrier des travaux	
08-07-23	Bio-priming
09-07-23	Semis au drone
22-07-23	Moisson froment
04-09-23	Semis au semoir à dent
17-10-23	Récolte biomasse MERCI

Tableau 14. Dates des opérations de l'essai bio-priming.



Les biomasses des différentes modalités ont varié de 0,6 à 3,75 tMS/ha (

Figure 75). Pour une meilleure lisibilité du graphique, les modalités avec bio-priming ont été hachurées et des couleurs ont été attribuées à chaque mélange de semence. Le 17 octobre, les radis, phacélies et nigers étaient en fleurs. Une grosse différence a été observée entre la vesce commune et la vesce velue (plus productive). La différence entre les modalités semées au drone et les modalités semées au semoir à dent (Hutchinson) s'explique facilement par la date de semis plus tardive. Les gains de biomasse pour les modalités avec bio-priming sont de 67% au drone et 40% au semoir. Sur base de la méthode MERCI, le mélange le plus

performant a permis de piéger 125 unités d'azotes dont 38 disponibles pour la culture suivante, 25 unités de phosphore, 150 unités de potasse, 25 unités de soufre et 15 unités de magnésium.

Figure 74. Levée de la modalité 5 après moisson (02/08/2023).

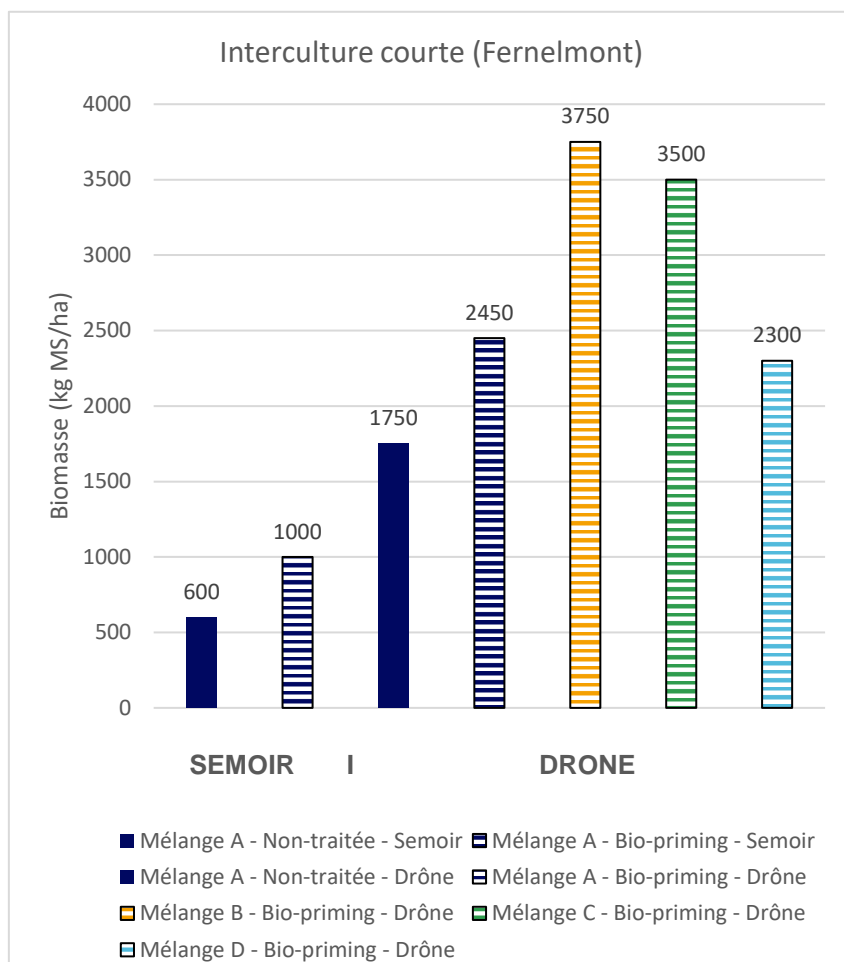


Figure 75. Résultats de l'essai bio-priming sur interculture courte.

Conclusion



Figure 76: récolte de la biomasse dans la modalité 5 (17/10/2023)

Dans un contexte où les couverts ne sont pas réussis tous les ans, cette méthode permet de valoriser des intercultures très courtes entre deux pailles. Quand l'agriculteur n'a pas le temps de semer directement après la moisson, la technique de semis à la volée peut s'avérer intéressante. Il faut quand même considérer que le résultat sera moins homogène. Le coût de semis au drone a été de 30 €/ha. A l'avenir, le semis de ce type de mélange pourrait être testé en double couvert.

La méthode de bio-priming des semences semble prometteuse pour améliorer les performances des couverts. Les essais seront étendus en 2024.

3.2. Composition de couverts relais automne/printemps et potentiel méthanogène

Contexte

Les essais ont été réalisés dans le but de développer et d'optimiser le conseil dans des couverts relais. Un couvert relais est un couvert qui peut être broyé, roulé ou exporté une première fois et qui redémarre avec des plantes relais. Ce type de couvert est généralement semé tôt en juillet/août. Une première biomasse est exportée ou broyée sur place vers la mi-octobre. En effet, le couvert est composé à la fois d'espèces estivales (tournesol, niger, sorgho) en mélange avec des espèces qui sont capables de reprendre et de résister à l'hiver comme du trèfle incarnat, du seigle, de l'avoine, du colza, etc.

La présente section concerne trois essais de couverts relais, dont deux étaient destinés en première coupe à la biométhanisation. Greenotec s'est associé à Valbiom et aux stations de biométhanisation du Bois D'Arnelle (Frasnes-lez-Gosselies) et du Haut-Geer (Geer). Valbiom a effectué des analyses pour connaître le pouvoir méthanogène des différents couverts.

Dispositif expérimental et protocole

Les essais ont été mis en place dans 3 parcelles : Berloz (Liège), Chaumont-Gistoux (Brabant Wallon) et Moustier-sur-Sambre (Namur), qui reprenaient chacune les mêmes modalités de couvert, détaillés au Tableau 15. En plus des 5 modalités commune, les modalités 6 et 7 ont été ajoutées à Berloz et la modalité 6 à Chaumont-Gistoux.

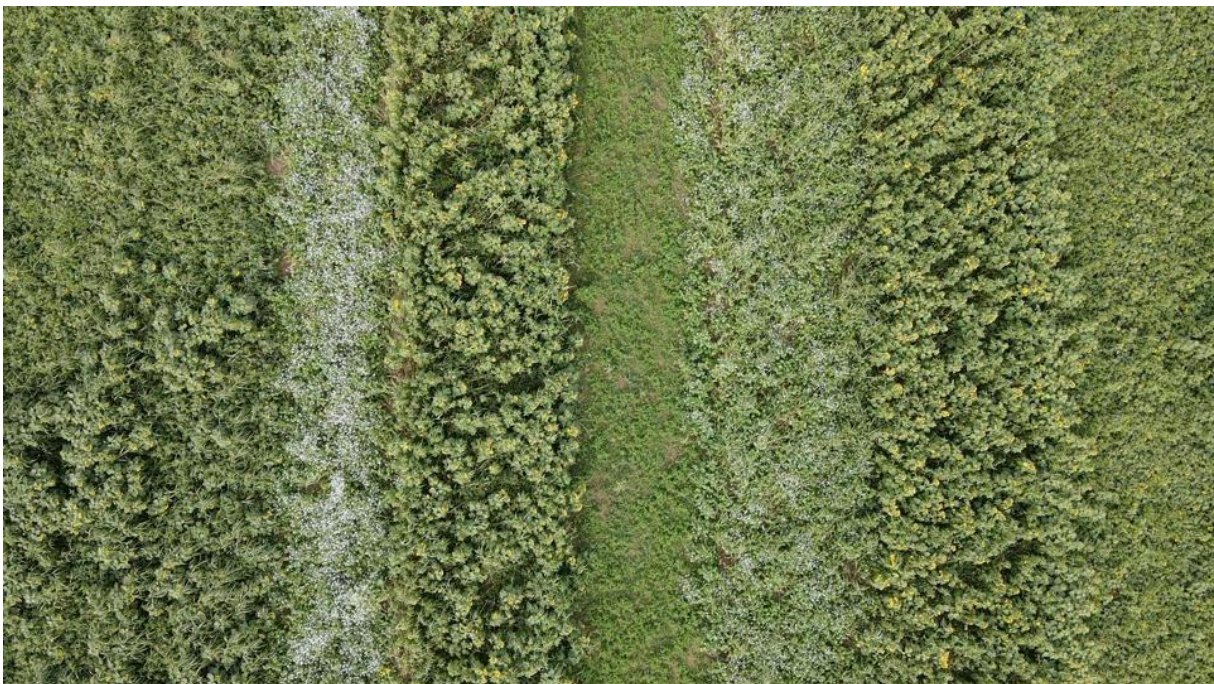


Figure 77. Bandes de couverts de l'essai situé à Berloz.

Tableau 15 : Densités et coût des différentes modalités de couverts.

		Dose conseillée (kg/ha)	Coût (€/ha)
Modalité 1 : Compromis des biomasses	Seigle fourrager	25	37,5
	Trèfle incarnat	5	17,45
	Vesce commune hiver	12	14,4
	Radis fourrager	2,5	11,75
	Avoine brésilienne	15	22,5
	Total 1	59,5	103,6
Modalité 2 : Max biomasse 1ère coupe et 2ème coupe	Niger	3	8,16
	Tournesol	10	17
	Avoine brésilienne	15	22,5
	Trèfle incarnat	5	17,45
	Vesce velue	12	18
	Colza	2,5	0
	Total 2	47,5	83,11
Modalité 3 : Max biomasse 1ère coupe	Sorgho fourrager <i>Pipper</i>	6	17,52
	Tournesol	10	17
	Niger	4	10,88
	Seigle fourrager	20	28
	Trèfle incarnat	5	17,45
	Vesce commune hiver	10	15
	Total 3	55	105,85
Modalité 4 : Destruction facile sortie hiver	Phacélie	3	12
	Vesce commune hiver	15	22,5
	Sorgho fourrager <i>Pipper</i>	9,33	27,2436
	Radis fourrager	3	14,1
	Total 4	30,33	75,8436
Modalité 5 : Max azote et repousses	Seigle fourrager	30	45
	Vesce commune	8,33	12,495
	Vesce velue	16	48
	Trèfle incarnat	5	17,45
	Total 5	59,33	122,945
Modalité 6 : Lid métha Moha	Moha	14,5	Inconnu
	Tournesol	7	
	Niger	3,5	
	Total 6	25	
Modalité 7 : Lid métha Sorgho	Sorgho	17	Inconnu
	Tournesol	5	
	Niger	3	
	Total 7	25	

Les dates de semis et les précédents des 3 essais sont les suivants :

- Berloz : Précédent petit pois, injection de 80 UN/ha de digestat au déchaumeur à disques suivis du semis à la rotative-semoir le 3 juillet ;
- Chaumont-Gistoux : Précédent petit pois, injection de digestat au déchaumeur à disques suivis du semis à la rotative-semoir le 13 juillet ;
- Moustier-sur-Sambre : Précédent escourgeon, 2 déchaumages et semis à la rotative-semoir le 10 août.

Résultats et interprétations

Les précédents jouent assez fortement sur le potentiel de production car la date de semis a été fortement décalée sur la parcelle après escourgeon à Moustier-sur-Sambre. Pour cette dernière, deux déchaumages ont été réalisés afin d'éviter la concurrence des repousses d'escourgeon avec les couverts. L'ensemble des biomasses à Moustier est donc plus faible qu'après les cultures de pois, effet renforcé par la disponibilité en azote moins importante. La parcelle de Chaumont-Gistoux a une productivité moyenne plus faible en biomasse que celle de Berloz, sûrement dû au fait que le semis a été réalisé deux semaines plus tard.

Les modalités 1 à 4 sont composées d'un mélange d'espèces estivales et hivernales (ces dernières pouvant résister au gel à différentes intensités). Les quatre modalités sont bien développées dans toutes les localités, avec un avantage pour les modalités 2 et 3 (en particulier à Berloz).

La modalité 5 est la modalité la moins bien développée dans les trois situations. Le seigle n'a pas pu monter et a fait peu de biomasse. Les vesces ont également fait peu de biomasse et ont formé un tapis au sol étouffant les autres espèces.

Les modalités 6 et 7 sont des modalités composées uniquement d'espèces estivales à haut potentiel, sans espèces relais. Les résultats montrent bien que cette année, ce style de couvert pouvait atteindre des biomasses très importantes, avec une biomasse exceptionnelle de 14 tMS/ha. La météo a été assez profitable aux couverts d'été en 2023.

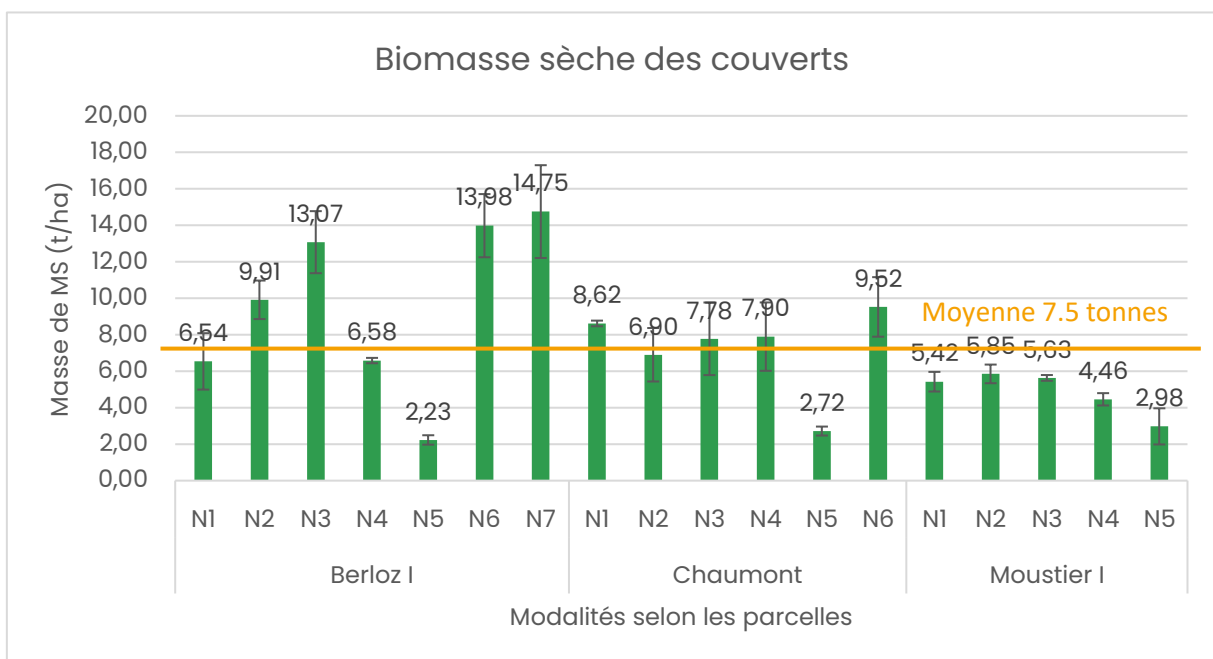


Figure 78. Biomasses sèches des différents couverts dans les 3 localités d'essais.

Les APL-reliquat ont été suivis à Berloz. La modalité 5 est fortement élevée en azote (131 unités) au 24 octobre 2023 car il y a peu de biomasse produite par le couvert. Cependant, le couvert 5 étant peu gélif et ayant produit encore peu de biomasse en sortie d’hiver (Figure 80), cet excès d’azote a dû être lixivié car on obtient une concentration de 44 unités d’azote au 15 février 2024.

Pour les modalités 1 et 2, l’azote dans les profils diminue légèrement au 15 février et les APL restent à un niveau bas toute la saison, alors que le précédent était un pois suivi de digestat (apport de 80uN).

Pour les modalités 3 et 7, l’azote dans le profil augmente légèrement au 15 février. Cela provient sûrement du fait que ces deux couverts sont composés d’espèces d’été gélives qui ont été détruites tôt et relarguent déjà leur azote.

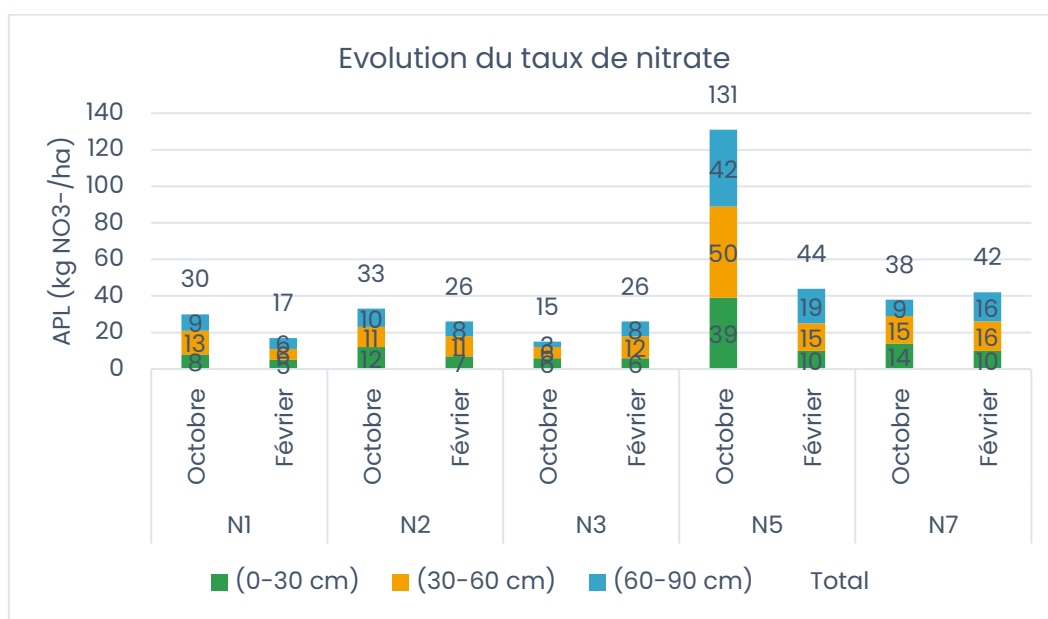


Figure 79 : Azote contenu dans le profil à deux dates différentes

Les énormes biomasses d’automne obtenues sur l’essai à Berloz ont eu un impact assez fort sur les biomasses réalisées le 15 février 2024 (Figure 81) : moins de 250 kg/ha de MS. L’ombrage créé par les espèces d’été a été trop fort pour les espèces d’hiver. Pour les modalités 6 et 7, il y n’a logiquement aucune repousse car aucune espèce d’hiver n’étaient présentes dans le mélange. Le couvert a été exporté durant l’hiver pour la biométhanisation. En plus de la forte biomasse, les grosses gelées de janvier ont aussi joué.

C’est dans la modalité 5 que la biomasse est la plus élevée en sortie d’hiver, ce qui peut être expliqué par les faibles biomasses et les espèces hivernantes. Le sol étant presque nu et les espèces ayant été exportées, par contre, les adventices ont pris un peu de place dans les échantillons.



Figure 80 : Repousses dans la modalité 5 à Berloz

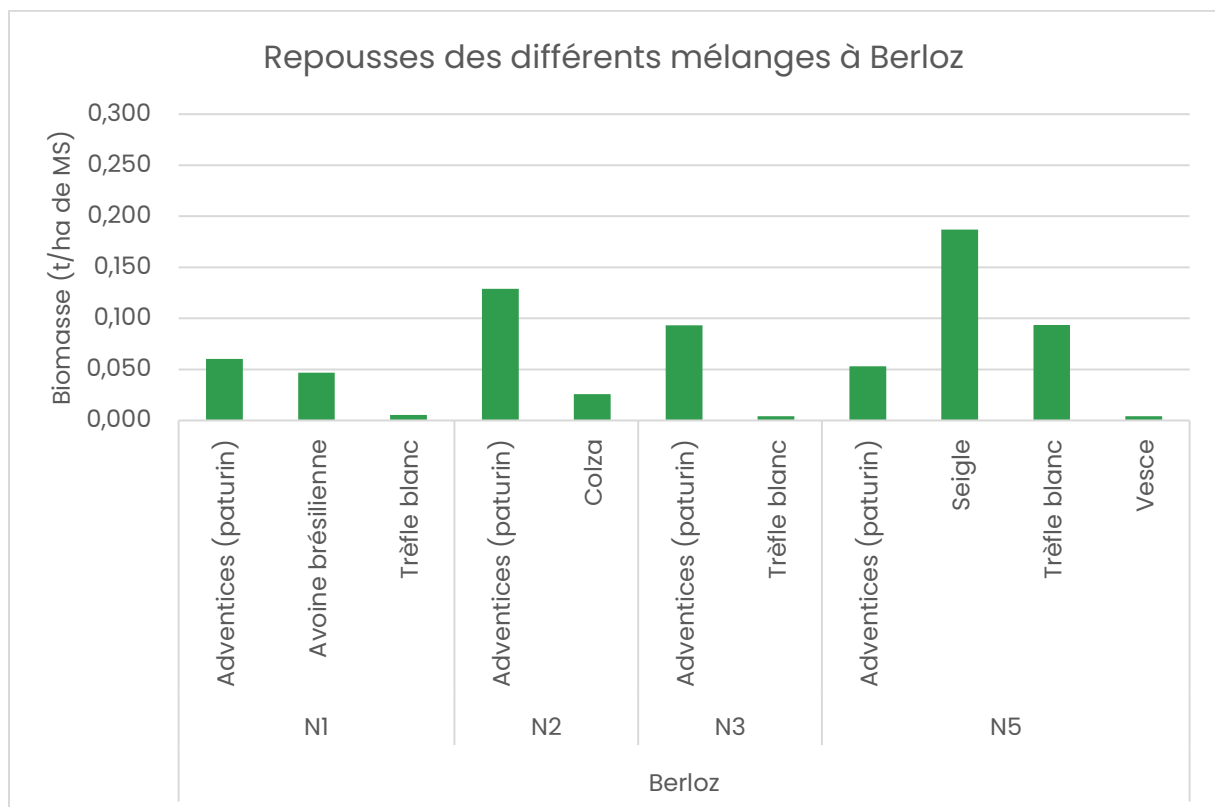


Figure 81 : Biomasses sèches et vivantes au 15 février 2024 à Berloz en fonction de différentes modalités

Les biomasses de la Figure 82 ont été réalisées le 15 février 2024 à Moustier-sur-Sambre. Elles sont bien moins élevées que les biomasses réalisées à l'automne (Figure 78), à cause du gel et de la sénescence des espèces d'été a été assez visible. De plus, une partie du couvert a été broyé le 17 octobre pour identifier si les espèces d'hiver ont mieux résisté à l'hiver, avec ou sans broyage.

Les couverts 2 et 5 ont le mieux résistés à l'hiver, d'autant plus lorsque le couvert a été broyé. Dans la modalité 2, le colza a fortement repris le dessus. Dans le couvert 5, c'est surtout le trèfle incarnat qui se développe.

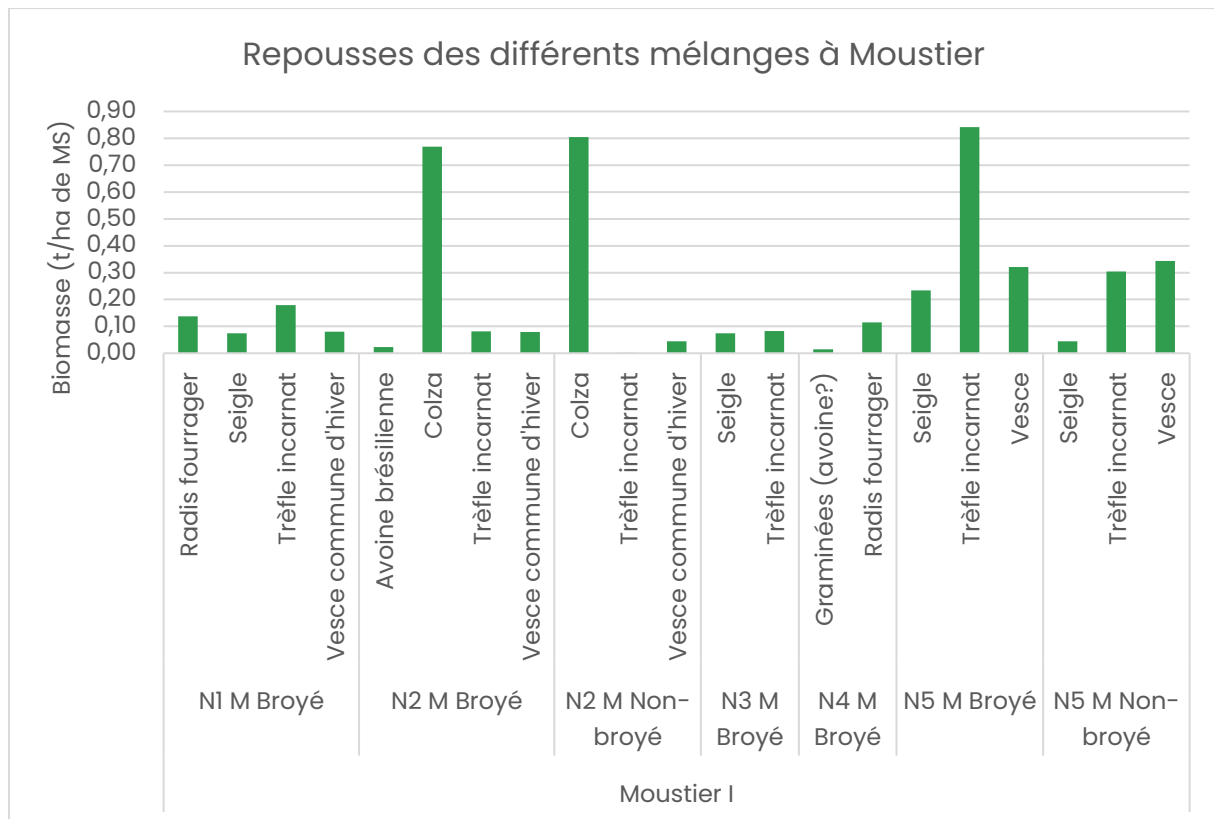


Figure 82 : Biomasses sèches et vivantes au 15 février 2024 des différentes plantes ayant passées l'hiver dans les couverts broyés le 17 octobre 2023 ou non broyés

Conclusions

Les couverts relais ont donné une première biomasse très importante après pois à Berloz et à Chaumont-Gistoux. La biomasse était si grande que les espèces relais ont été fortement étouffées par les espèces d'été. Lorsque l'on sème aussi tôt, avec de l'azote, il faudrait probablement augmenter la part d'espèces hivernantes par rapport aux espèces d'été. À l'inverse, des modalités seulement composées d'espèces d'hiver et de légumineuses ne font pas assez de biomasse dès le début. Un meilleur équilibre entre les biomasses d'espèces d'été et d'hiver a été obtenu à Moustier, où l'implantation a été tardive et avec moins d'apport d'azote.

A l'avenir, il faudrait tester un même couvert, composé d'espèces d'été et d'hiver à différentes densités de semis, pour cerner les interactions entre les espèces dans d'autres conditions climatiques.

3.3. Potentiel des espèces et variétés de vesces dans les couverts

Contexte

Pour pallier la nette augmentation des prix des engrais de synthèse, la place des légumineuses prend tout son sens dans l'interculture. Parmi elles, les espèces et variétés de vesces se distinguent par leur potentiel de biomasse selon les contextes pédoclimatiques, les dates de semis et la concurrence inter-espèces dans un mélange.

Objectifs

L'objectif de cette plateforme d'essai était d'évaluer le comportement de différentes espèces et variétés de vesces et d'en mesurer la biomasse à différents stades de l'automne/hiver.

Protocole :

La plateforme d'essai, portant sur 12 variétés de vesces, a été implantée le 23 août à l'aide d'un semoir combiné classique à céréales, sur une parcelle de type limoneuse à Bouge (Figure 83), soit en dose pure, soit dans un mélange de base identique pour toutes les variétés.



Figure 83 : Vue aérienne de la parcelle d'essai.

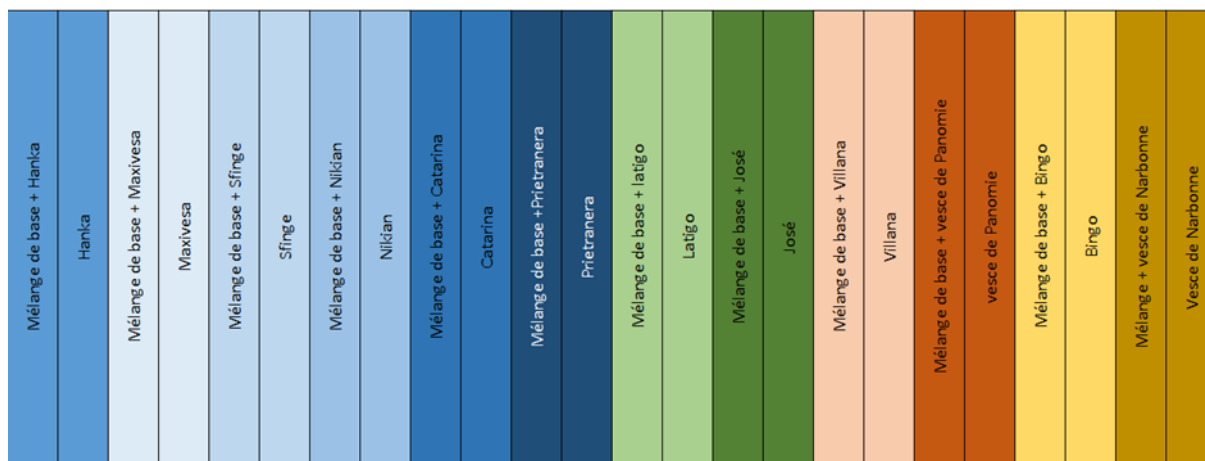


Figure 84: Schéma d'implantation de l'essai « vesces »

La densité théorique des vesces communes en pure était de 50 kg/ha, différant des densités des vesces velues (Villana et Latigo 37,4 kg/ha), pourpre (Bingo 48,5 kg/ha) et de Narbonne (102 kg/ha). Le mélange était composé de tournesol, radis chinois et phacélie, auquel on ajoutait la variété de vesce étudiée (Tableau 16). L'adaptation des doses de semis des différentes vesces tient compte de leur PMG et de leur agressivité potentielle dans le mélange.

Tableau 16 : Densité des couverts en mélange

Couvert	Dose ajustée (kg/ha)
Tournesol	13
Phacélie	3
Radis chinois	2,5
Vesce velue	10
Total :	28,5

Couvert	Dose ajustée (kg/ha)
Tournesol	13
Phacélie	3
Radis chinois	2,5
Vesce pourpre	12
Total :	30,5

Couvert	Dose ajustée (kg/ha)
Tournesol	13
Phacélie	3
Radis chinois	2,5
Vesce commune	14
Total :	32,5

Couvert	Dose ajustée (kg/ha)
Tournesol	13
Phacélie	3
Radis chinois	2,5
Vesce de Narbonne	28,5
Total :	32,5

Afin de déterminer les différentes biomasses aériennes, chaque modalité de couvert a été prélevée à l'aide d'un quadrat de 1m², et répliqué 3 fois, en date du 16 novembre 2023. Les espèces de chaque prélèvement ont été pesées séparément en frais et ensuite mises à l'étuve pendant 3 jours à 70°C pour en déterminer la matière sèche.

Résultats et interprétation

Biomasse

Cette année 2023, les conditions météorologiques étaient optimales pour la croissance du couvert, cependant, semer un peu plus précocement aurait certainement favorisé davantage le développement de biomasse.

On constate que la vesce velue exprime le plus de biomasse et a une capacité de recouvrement plus rapide, ce qui concurrence plus fortement les repousses de céréales (Figure 85), à l'inverse de la vesce de Pannonie qui souffre de la concurrence.

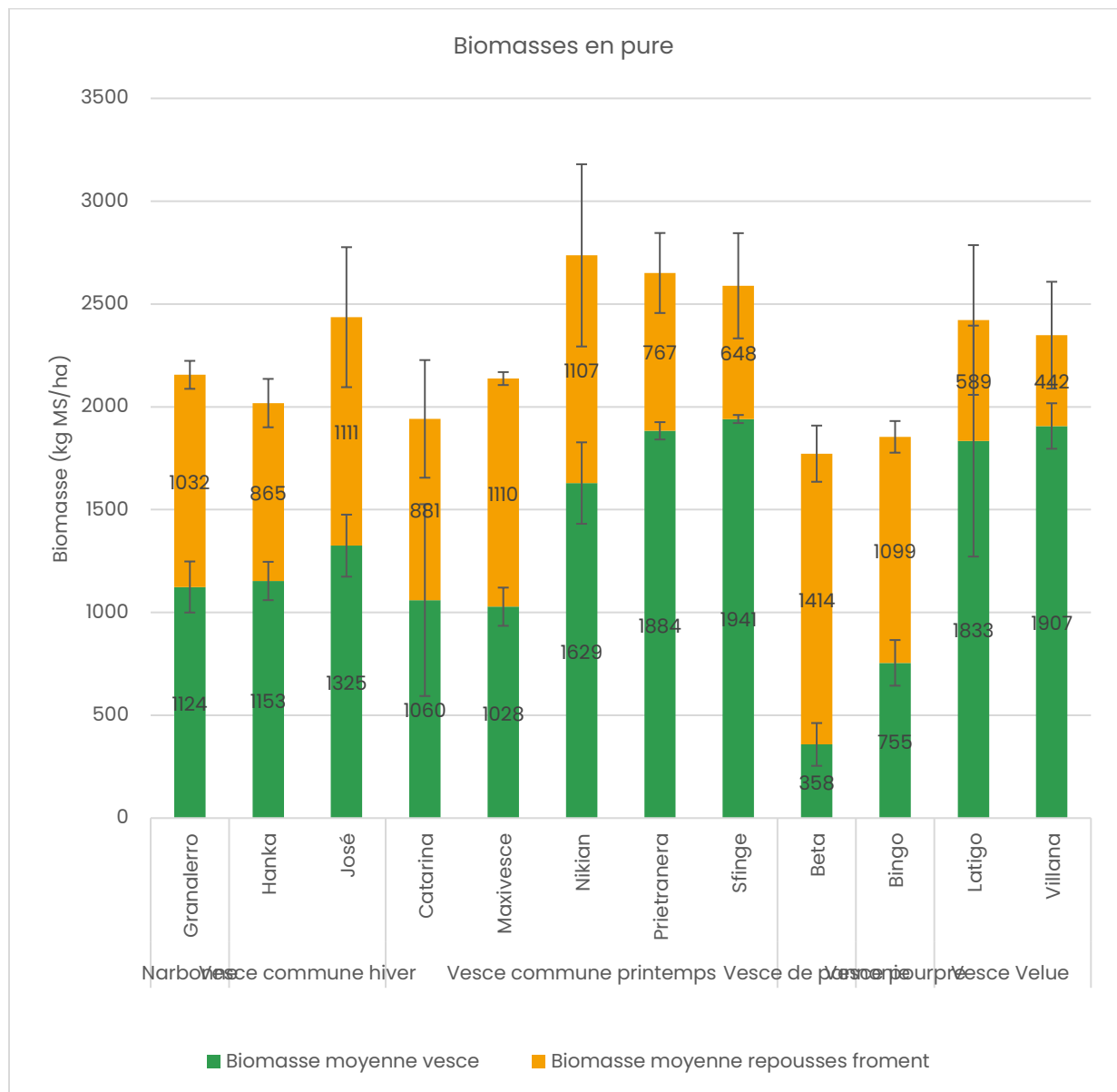


Figure 85: Biomasse des vesces et des repousses de céréales

De nouveau, dans les modalités en mélange, la vesce velue développe le plus de biomasse. Dans les deux cas, la variété de vesce velue Villana est particulièrement agressive et performante. Cependant la vesce commune de printemps se comporte différemment en mélange avec d'autres espèces, et souffre de la concurrence inter-espèces. On remarque que le fait d'associer la vesce à d'autres espèces

non légumineuses voit la quantité de biomasse totale du couvert s'en améliorer, particulièrement avec le tournesol et le radis chinois.

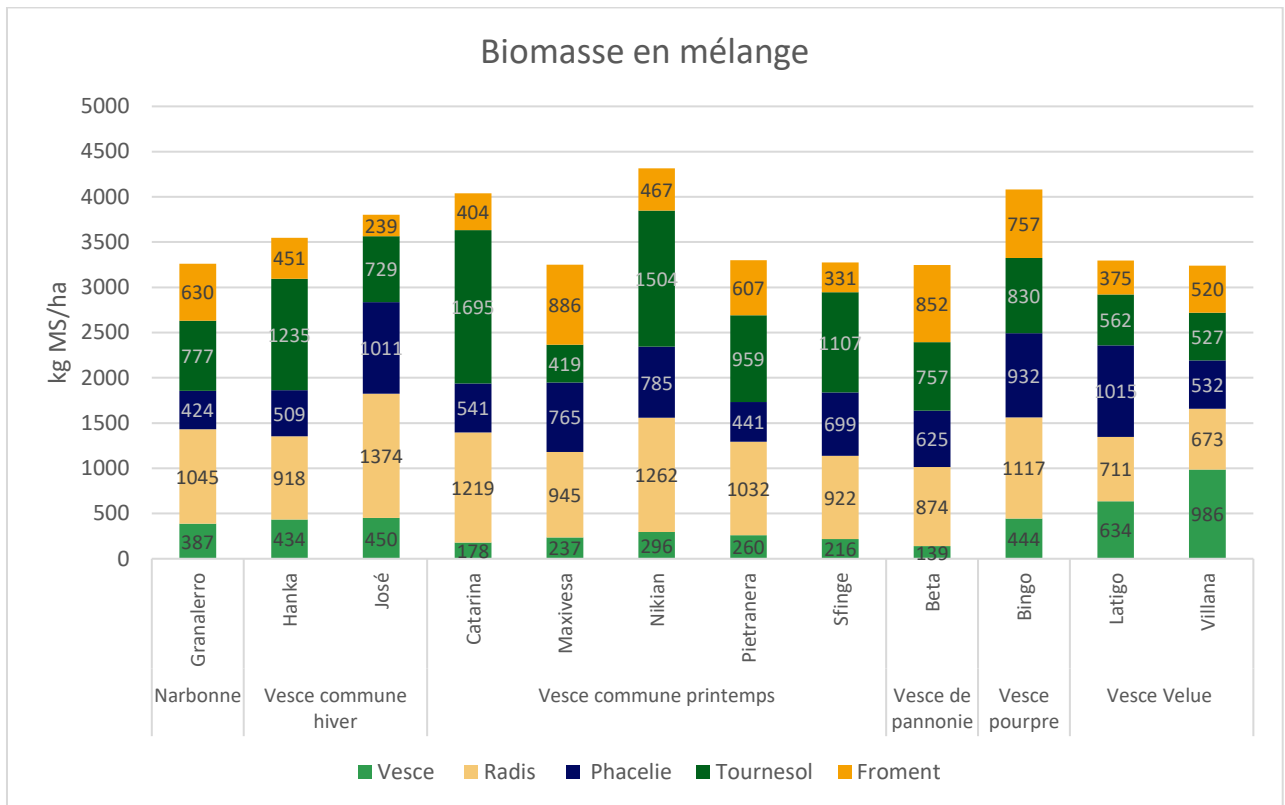


Figure 86: Biomasse des différentes espèces du mélange

Le mélange d'espèces permet également d'avoir une couverture plus dense et plus rapide du couvert, ce qui a permis de fortement concurrencer les repousses de céréales et d'avoir un sol plus propre en sortie d'hiver.



Figure 87: Vesces en pure à gauche et en mélange à droite

A la mi-février, des prélèvements de biomasses ont été réalisés sur les vesces qui ont résisté au gel hivernal. Seules les vesces velues étaient encore présentes. La variété Latigo a produit une biomasse

appréciable en sortie d'hiver, potentiellement valorisable dans une coupe printanière. L'autre variété de vesce velue, Villana, était trop peu présente pour pouvoir en valoriser une coupe.

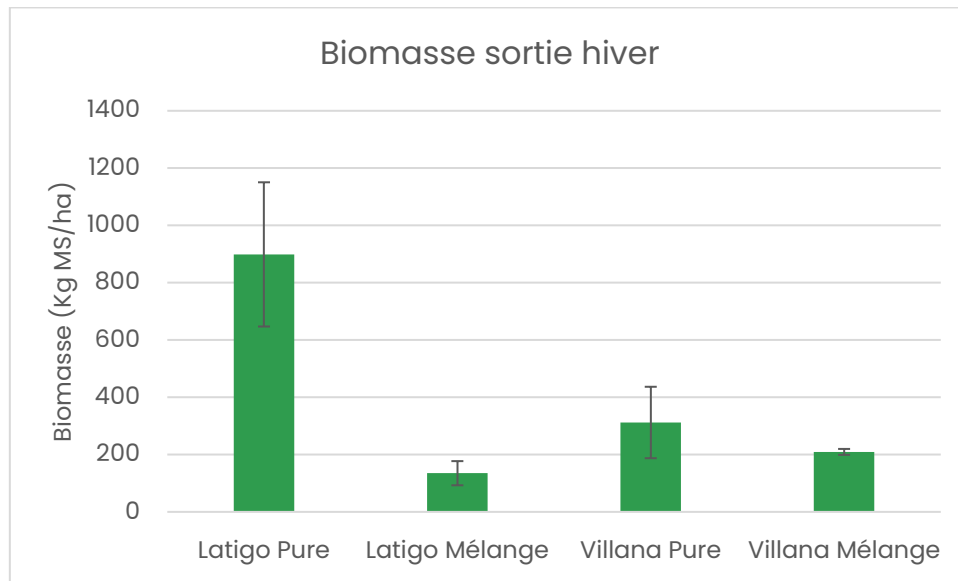


Figure 88: Biomasse des vesces vivantes en sortie d'hiver

Relevé APL

Nous avons fait le choix de ne prélever les APL que sur les modalités extrêmes en termes de développement de biomasse aérienne. En fin novembre, on constate que dans les horizons de surface, les taux sont étroitement corrélés au développement de la biomasse aérienne des vesces (Figure 89), que ce soit dans les modalités en pure ou en mélange.

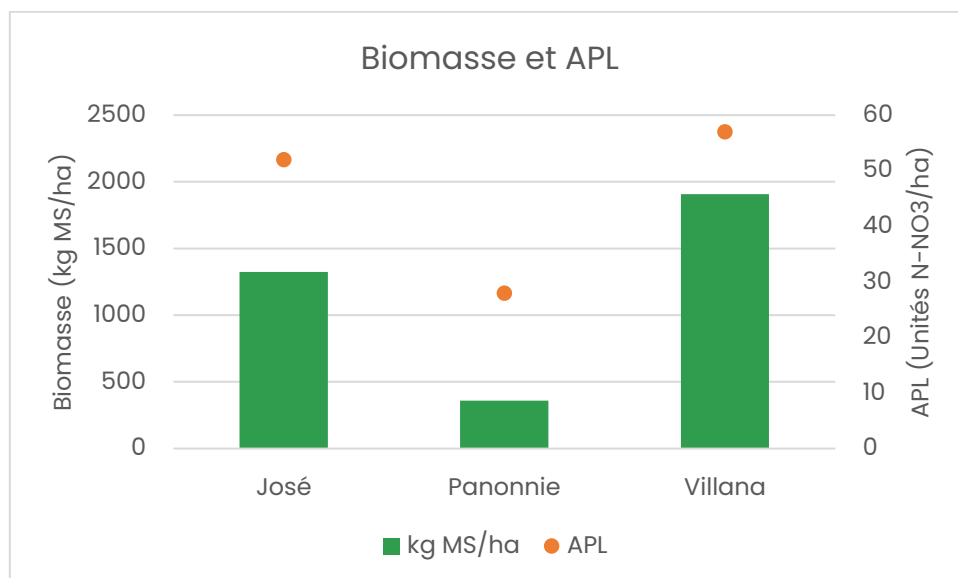


Figure 89: Biomasse et APL fin novembre

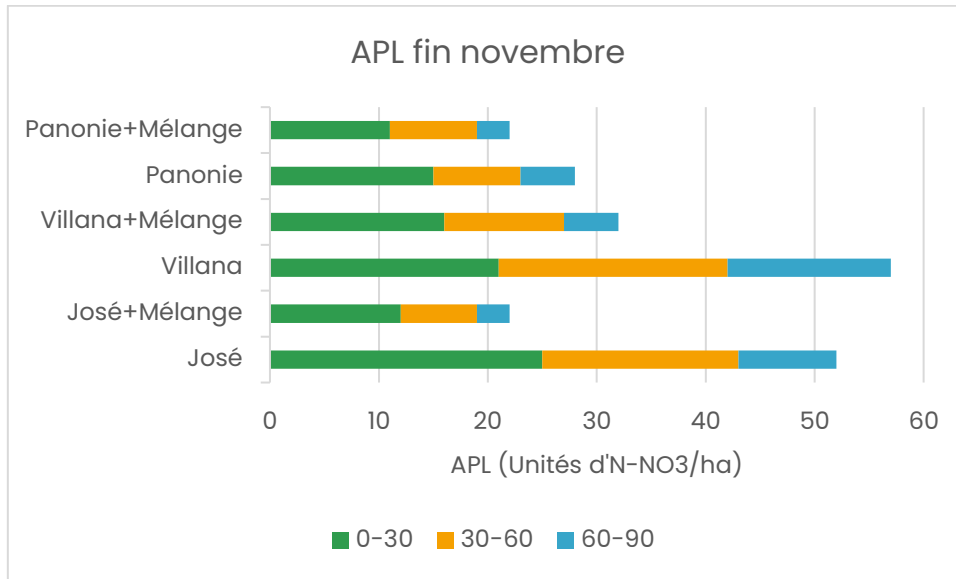


Figure 90 : Relevé des APL au 29/11 en fonction des modalités

A la mi-février, nous avons réalisé de nouveaux prélèvements reliquats afin de mieux comprendre la dynamique de l'azote dans le sol, restitué ou non piégé par le couvert à ce moment de l'année. Le gel hivernal de ce début janvier a détruit le couvert encore en place, que ce soit pour les couverts de vesces pures ou en mélange. A sa décomposition le couvert a restitué progressivement des éléments minéraux au sol. Les pluies abondantes de cet hiver ont favorisé la migration de ces éléments dans les horizons plus profonds.

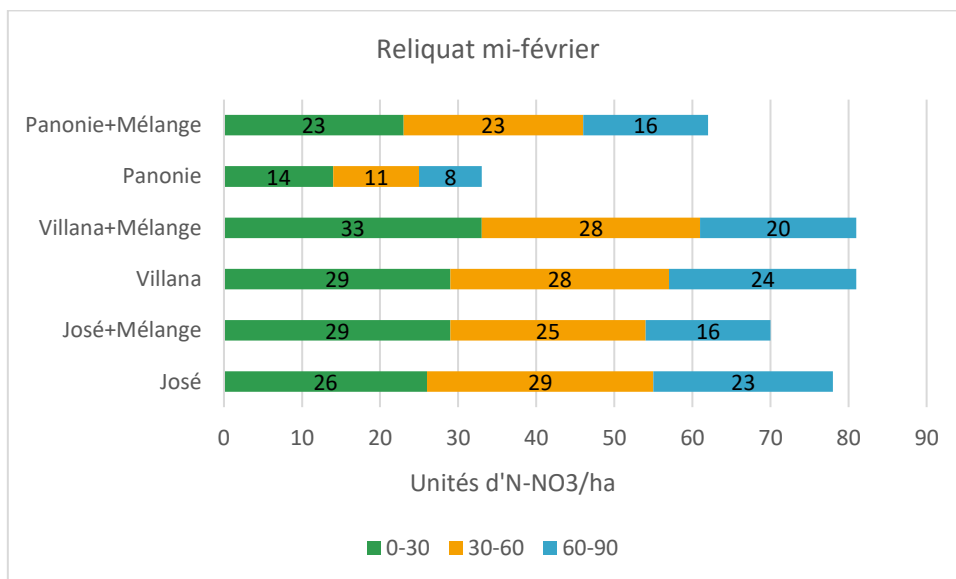


Figure 91: Relevé des APL au 12/2 en fonction des modalités

Coût

Le prix au kilogramme de la vesce velue est plus élevé que la vesce commune de printemps (Tableau 17 : Prix moyens des différents types de vesce en 2023). Néanmoins, la densité de semis étant légèrement inférieure, son coût à l'hectare n'est que très légèrement supérieur, et est largement compensé par le gain de biomasse développé par ce type de vesce.

Tableau 17 : Prix moyens des différents types de vesce en 2023

Couvert	Coût unitaire (€/kg)	Dose (kg/ha)	Coût (€/ha)
Tournesol	1,7	13	22,1
Phacélie	4,13	3	12,39
Radis chinois	5,1	2,5	12,75
Vesce velue	2,82	10	28,2
	TOTAL	28,5	75,44

Couvert	Coût unitaire (€/kg)	Dose ajustée (kg/ha)	Coût (€/ha)
Tournesol	1,7	13	22,1
Phacélie	4,13	3	12,39
Radis chinois	5,1	2,5	12,75
Vesce pourpre	3,5	12	42
	TOTAL	30,5	89,24

Couvert	Coût unitaire (€/kg)	Dose ajustée (kg/ha)	Coût (€/ha)
Tournesol	1,7	13	22,1
Phacélie	4,13	3	12,39
Radis chinois	5,1	2,5	12,75
Vesce commune	1,85	14	25,9
	TOTAL	32,5	73,14

Conclusions

Dans les conditions pédoclimatiques de l'arrière-saison 2023, en parcelle limoneuse profonde, la vesce velue et la vesce commune de printemps semée en dose pure, développent le plus de biomasse aérienne.

Cependant, dans les modalités en mélange avec d'autres espèces, on constate que la vesce commune de printemps souffre de la concurrence. La vesce de Pannonie, développe très peu de biomasse que ce soit en dose pure ou en mélange.

Le rapport C/N de la vesce se situe aux alentours de 10 (et reste constant quel que soit son développement, contrairement aux autres espèces) alors que le rapport idéal se situerait entre 15 et 20 afin d'avoir un bon équilibre, une bonne décomposition et une restitution des éléments minéraux optimales. C'est pourquoi, il est intéressant d'associer d'autres espèces non légumineuses dans les couverts. Ce stade optimal est atteint au moment de la floraison de la plante.

Un couvert composé de plusieurs espèces a un effet nettoyant par le recouvrement plus rapide et plus dense du sol.

Dans le panel de variétés de vesces testées, seule la variété Latigo a eu une repousse satisfaisante pour pouvoir la valoriser dans un couvert non gélif. La vesce velue est certes plus onéreuse au poids mais la dose étant réduite, cela rend son coût à l'hectare équivalent à celui de la vesce commune.

3.4. Mesure de la biomasse des couverts de l'année et potentiel de mesure par satellite

Contexte et objectifs

Une campagne de prélèvement de biomasse de couvert a eu lieu durant le mois de novembre. Elle a été proposée dans un premier lieu aux agriculteurs du réseau Terrae afin de réaliser une méthode MERCI pour évaluer la quantité d'éléments minéraux rendus disponible par le couvert pour la culture suivante. Tous les essais de Greenotec ont aussi été inclus dans les parcelles afin de regrouper un nombre de parcelles suffisant avec des paramètres culturaux différents et être représentatifs des agriculteurs de l'année.

L'objectif de la campagne était d'identifier les facteurs de réussite des couverts dans le contexte de l'interculture 2023-2024. Un autre objectif était la comparaison des données réelles de terrains avec des estimations de biomasse par satellites.

Dispositif expérimental et protocole

86 couverts ont été échantillonnés dans 45 parcelles différentes (Figure 92).

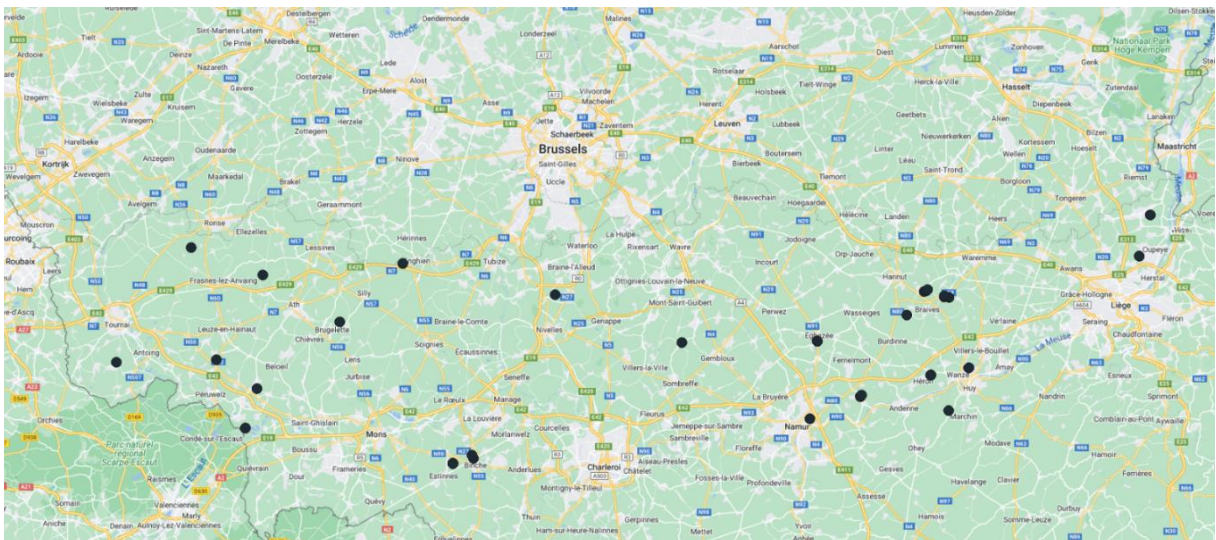


Figure 92 : Carte des parcelles échantillonnées

Dans chaque parcelles/modalités, 3 échantillons de 1m² ont été prélevés, séparés par espèce, séchés en étuve et pesés. Ces mesures ont été effectuées proches de la maturité du couvert, entre le 15 novembre et le 29 novembre pour les couverts hivernaux et le 04, 19 et 20 octobre pour des couverts avant froment ou semés assez tôt. Les restitutions d'azote ont été estimées avec la méthode MERCI.

Résultats et interprétation

Les précipitations répertoriées par les stations du réseau Agromet du CRA-W ont été relevées entre le mois de mai et le 17 septembre : soit la pluviométrie avant semis du couvert (mai-juin) et les précipitations totales.

Entre la station de Floriffoux et celle d'Upigny, on observe une différence de plus de 100mm.

Dans tous les cas, les biomasses produites par région ne correspondaient pas aux écarts de pluviométrie observés. Ces écarts semblaient davantage correspondre à d'autres facteurs qui vont être exposés ci-après. Il est cependant à noter que les précipitations ont été optimales pour permettre les bons développements des couverts.

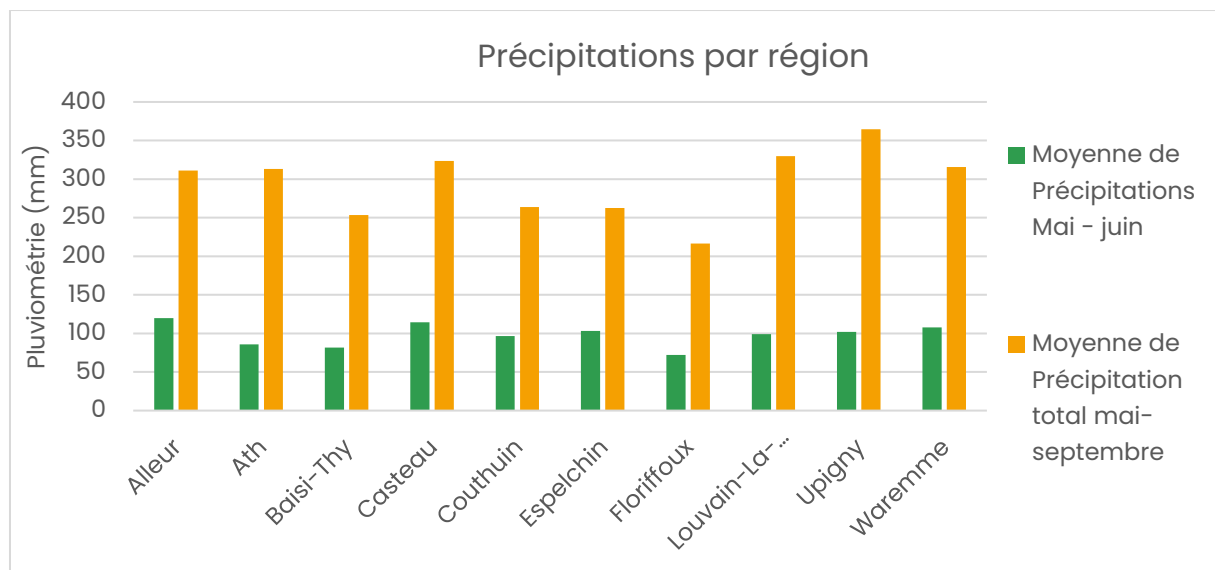


Figure 93 : Précipitation par région de mai à septembre

Dans les parcelles échantillonnées, la biomasse moyenne est de 3,83 tMS/ha en 2023. Un indicateur de réussite des couverts qui revient régulièrement est une biomasse minimum de 3 tMS/ha. Dans cette étude, 48% des couverts remplissent cet objectif. Les couverts qui ont produit le plus de biomasse ont été ceux semés les plus tôt (03 et 13 juillet) et fertilisés avec du digestat avec minimum 3 espèces.

Lorsque l'on s'intéresse au précédent, on remarque que les biomasses les plus élevées sont obtenues avec les précédents les plus précoces (escourgeon et pois). Le précédent le plus propice est le pois, puisque de l'azote est disponible pour le couvert, après une récolte assez précoce. Beaucoup de facteurs de réussites sont ainsi réunis. On remarque peu de différences entre les précédents lin et froment, malgré le fait que la structure du sol est souvent meilleure après lin.

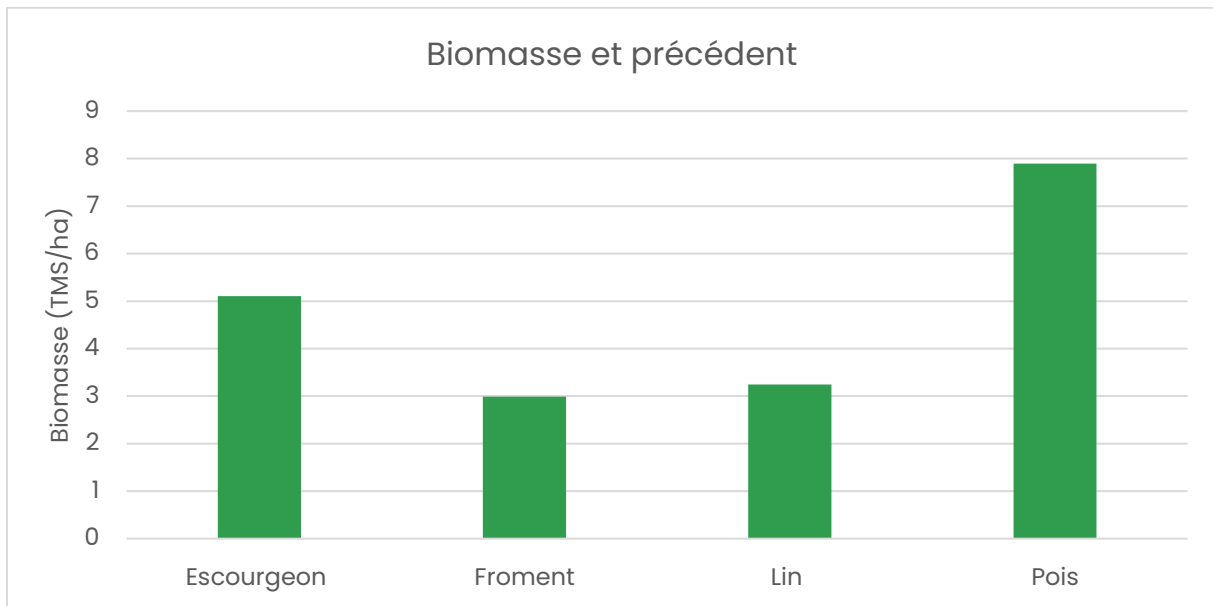


Figure 94 : Impact du précédent sur la biomasse des couverts

Etroitement lié aux précédents, la production de biomasse des couverts est liée à la date de semis. On remarque en effet que, globalement, plus les couverts sont semés tôt, plus la biomasse est élevée. A noter que les semis du 24-25-26 août correspondent à des couverts mono-espèces. Un des autres facteurs de réussites du couvert est donc le nombre d'espèces dans le mélange : en 2023, les couverts de plus de 3 espèces sont ceux qui produisent le plus de biomasse.

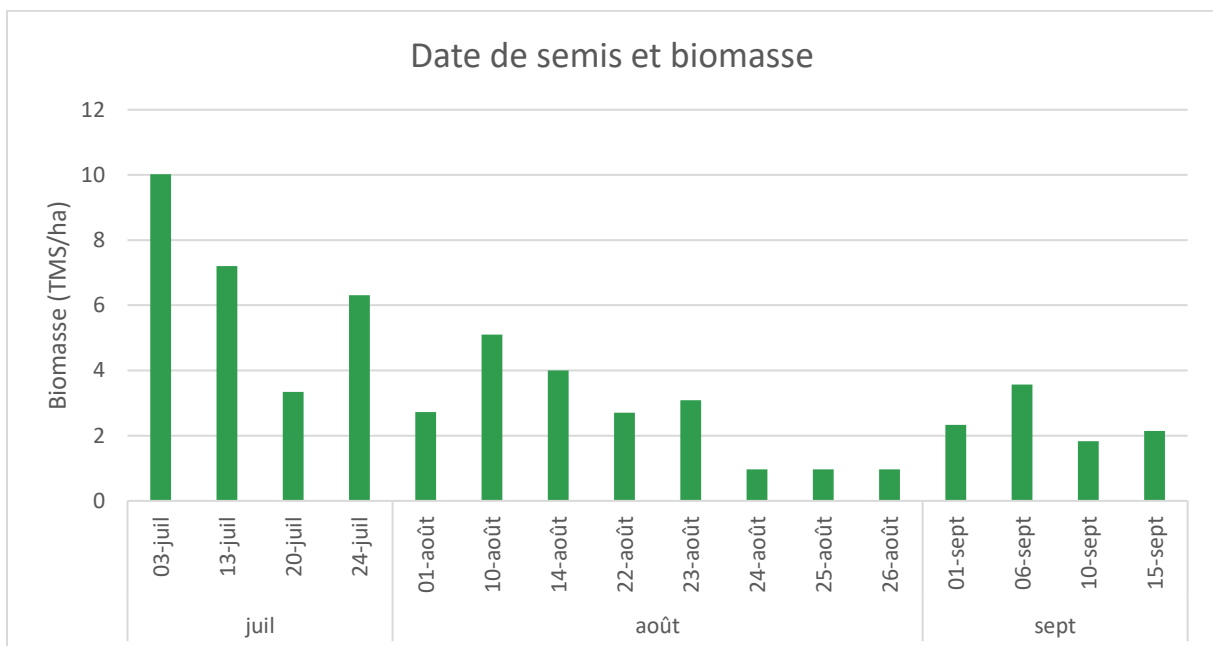


Figure 95 : Impact du semis sur la biomasse du couvert

Chiffres clés des couverts en 2023 :

- Moyenne de production de biomasse : **3,83 TMS/ha**
- Moyenne azote restitué total : **25 UN/ha**
- Moyenne azote piégé total : **110 UN/ha**

- Les couverts de plus de 3TMS/ha sont semés avant septembre et ont au moins 3 espèces différentes dans le mélange.
- Les couverts de plus de 6 tonnes de MS/ha sont fertilisés (digestat ou fumier).

Conclusions

La campagne de prélèvement de biomasse des couverts a permis aux agriculteurs volontaires de connaître le rendement de leur couvert mais aussi de leur restitution en éléments minéraux, et surtout en azote. Ainsi ces agriculteurs peuvent diminuer la fertilisation de leurs culture suivante. En moyenne, 25 unités d'azote pourront être économisées pour la culture suivante avec un maximum de 50 unités d'azote. Les couverts jouent ainsi un rôle d'augmentation de la fertilité du sol et peuvent permettre de diminuer la fertilisation azotée de la culture suivante et les émissions de gaz à effet de serre qui vont avec.

Ces relevés nous ont aussi permis de repérer les facteurs de réussites des couverts en 2023. Ainsi, les couverts semés le plus tôt possible (avant septembre) et avec minimum 3 espèces dans le mélange sont ceux qui ont atteint l'objectif visé (minimum 3 TMS/ha). La fin de l'été assez humide a été très favorable pour les couverts avec des développements parfois impressionnants (à condition de les semer avant septembre). L'humidité n'ayant pas été l'élément limitant cette année, la méthode de semis n'a que très peu influencé le développement des couverts. Ces facteurs de réussite sont assez similaires aux observations de la campagne de biomasse de couverts réalisée en 2022.

4. Expérimentations Systèmes en Réseau de parcelles : concilier AB et ACS

4.1. Contexte

Au stade actuel des connaissances, l'agriculture de conservation et l'agriculture biologique sont souvent considérées comme incompatibles, la première reposant sur l'action chimique tandis que la seconde compense l'absence de chimie par le travail du sol. Concilier les deux approches semble particulièrement vertueux mais se heurte à de grosses difficultés techniques, la première étant la gestion de l'enherbement.

Depuis plusieurs années, un groupe d'agriculteurs s'est emparé de la question avec le soutien du CRA-W et de Greenotec. Ils ont mis en place une série d'expérimentations organisées comme suit : chaque agriculteur consacre une parcelle d'environ 1 ha à une expérimentation longue durée qui vise à comparer deux systèmes de culture différents, à l'échelle de la rotation. La première modalité s'appuie sur les pratiques habituelles de l'agriculteur tandis que la seconde vise l'agriculture biologique de conservation (ABC) par la réduction du travail du sol, la maximisation de la couverture végétale, l'absence d'intrants de synthèse et une combinaison d'autres pratiques agroécologiques.

4.2. Hypothèse

L'hypothèse principale est la suivante : la réduction du travail du sol et la maximisation de la couverture végétale, couplées à l'absence d'intrants de synthèse, permettent de restaurer la fertilité naturelle des sols cultivés tout en prenant mieux en compte les enjeux écologiques globaux liés à l'activité agricole (climat, biodiversité et pollutions). Cette démarche permet d'améliorer l'autonomie des systèmes agricoles.

4.3. Expérimentations

En 2022-2023, le réseau de parcelles était constitué de cinq sites répartis dans quatre fermes wallonnes. Tous les sites sont inclus dans l'essai depuis plusieurs années et quatre des cinq sites sont cultivés en agriculture biologique.

Les expérimentations ont été suivies par le CRA-W et Greenotec lors de la conception et des moments-clé (semis, récolte, etc.). Différentes mesures ont été réalisées, dont :

- La biomasse fraîche et sèche des plantes à différents stades de la culture (plantes d'intérêt, plantes associées éventuelles et adventices)
- La densité de pieds à différents stades de culture
- Les rendements à la récolte

En fonction des cultures et des situations, d'autres relevés ont été fait sur les parcelles (taille des tubercules, poids des grains, biomasse racinaire, etc.).

4.3.1. Froment et féverole (Herquegies, Hainaut)

Itinéraire technique

	Modalité Agriculteur	Modalité ABC
Précédent	Haricot, en labour	Haricot, en non-labour (avec uniquement un scalpage superficiel)
Préparation du sol	Deux passages de déchaumeur à dents (5 et 15 cm)	Deux passages de déchaumeur à dents (5 et 10 cm)
Implantation	Semis classique au combiné, froment et féverole en mélange	
Opérations postérieures	Semis du couvert au drone, avant moisson (juillet) : luzerne et micro-trèfle	

Résultats et discussion



Figure 96 : Semis au drone d'un couvert de luzerne et trèfle avant moisson le 8 juillet 2023 (Herquegies, Hainaut)

Tableau 18 : Aperçu des résultats du mélange froment-féverole 2022-2023 (Herquegies, Hainaut)

	Modalité Agriculteur	Modalité ABC
Biomasse totale fraîche (froment + féverole), plantes entières à maturité (t/ha)	18,1	19,7
Froment : rendement grains (t/ha)	5,2	6,0
Féverole : rendement grains (t/ha)	1,2	1,3

Les résultats montrent, pour le froment et la féverole, une biomasse totale des plantes cultivées et un rendement en grain légèrement plus élevés sur la modalité ABC (respectivement +9% de biomasse et +15% de rendement grain). Cette différence s'explique en partie par le précédent cultural : la modalité ABC en haricot l'année précédente (2022) avait été pénalisée par un effet de lissage du scalpage réalisé, impactant négativement le développement de la culture par rapport à la modalité agriculteur. Il semble donc que les reliquats de fertilisation non valorisés par les haricots ont profité au froment et à la féverole l'année suivante.

Au niveau du couvert semé au drone avant moisson, les résultats sont peu concluants avec un couvert très mal implanté. Les causes semblent multifactorielles :

- Une méthode de semis délicate : les semences placées au drone ne sont ni enterrées, ni rappuyées. Elles ont moins facilement accès à l'eau et sont plus sensibles à la déshydratation et à la prédation.
- Un semis trop tardif : la culture en place a fortement concurrencé le jeune couvert pour l'accès à la lumière.

4.3.2. Moutarde blanche (Wanze, Condroz)

Itinéraire technique

	Modalité Agriculteur	Modalité ABC
Précédent	Froment, en labour	Froment, en TCS
Préparation du sol	Labour d'hiver	Strip-till
Implantation	Novembre : semis en plein - DESTRUCTION PAR GEL – Printemps : labour et re-semis en plein, avec trèfle blanc nain en association	Novembre : semis à 45cm - DESTRUCTION PAR GEL – Printemps : scalpage (fraise) et re-semis en plein, avec trèfle blanc nain en association

Résultats et discussion

Tableau 19 : Aperçu des résultats de moutarde brune 2022-2023 (Wanze, Condroz)

	Modalité Agriculteur	Modalité ABC
Moutarde : biomasse totale fraîche, plantes entières à maturité (t/ha)	5,8	3,5
Moutarde : rendement grains (t/ha)	0,4	0,3
Adventices et trèfle : biomasse fraîche (t/ha)	1,8	4,3

Au niveau de la production, la biomasse de moutarde est globalement inférieure sur la modalité ABC (-40% de biomasse fraîche plante entière, -11% de rendement grain).

Au niveau de l'enherbement, la modalité ABC est nettement pénalisée, avec plus du double de biomasse d'adventices et trèfle, dont des repousses de céréales et une forte présence de ray-grass.

Deux causes principales semblent expliquer la différence entre les deux modalités :

- L'enherbement, vraisemblablement lié à la réduction du travail du sol, peut concurrencer la culture ;
- Le passage superficiel de la fraise dans la modalité ABC a engendré un lissage, nuisible à l'implantation (particulièrement impactant dans le cas de la moutarde, sensible au tassement).

Le développement du trèfle blanc nain en association avec la moutarde semble en revanche très prometteur, avec une belle couverture du sol dans l'expérimentation (en particulier sur la modalité ABC).

4.3.3. Moutarde blanche (Ferme universitaire de l'UCLouvain - Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon)

Itinéraire technique

Cette expérimentation (mise en place sur une parcelle en agriculture biologique) comprend, en plus de la modalité ABC, deux modalités « Agriculteur » : la première en itinéraire labour et la seconde en TCS. L'objectif est donc d'avoir une gradation du travail du sol entre les trois modalités, avec un travail minimum sur la modalité ABC.

	Modalité Labour	Modalité TCS	Modalité ABC
Précédent	Association froment-pois, en labour	Association froment-pois, en non-labour	Association froment-pois, en semis direct (semoir à dents)
Préparation du sol	Labour d'hiver	Déchaumages	Déchaumages
Implantation	Automne : semis en plein - DESTRUCTION PAR GEL - Printemps : déchaumages et re-semis en plein		

Résultats et discussion

Tableau 20. Aperçu des résultats de moutarde blanche 2022-2023 (Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon)

	Modalité Labour	Modalité TCS	Modalité ABC
Moutarde : rendement grains (t/ha)	1,6	1,1	1,2
Adventices : biomasse sèche (tMS/ha)	0,2	0,4	0,7

Les résultats montrent une perte de rendement grain sur les modalités TCS et ABC par rapport à la modalité labour (respectivement -27% et -22%), alors même que la biomasse des plantes entières est sensiblement identique entre les modalités.

La différence de rendement ne peut donc pas être directement expliquée par un moindre développement des plantes mais plutôt par des facteurs connexes. La prédation par des tenthrèdes en cours de saison joue vraisemblablement un rôle avec un impact plus fort sur les modalités TCS et ABC, sans qu'une corrélation puisse être établie entre les différents travaux de sol effectués et l'importance de la prédation. Il semble que les dégâts de tenthrèdes, répartis aléatoirement, défavorise les modalités de travail réduit du sol dans cet essai.

Concernant la pression d'adventices, la réduction du travail du sol est corrélée à une augmentation de la biomasse (+103% d'adventices en TCS et +220% en ABC).

4.3.4. Colza (Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon)

Itinéraire technique

Cette parcelle d'expérimentation est structurée de la même manière que la précédente, avec trois modalités différentes. Elle est actuellement la seule parcelle en agriculture conventionnelle dans les

Expérimentations Systèmes en Réseau de parcelles : les interventions chimiques ne sont donc pas obligatoirement exclues de l'itinéraire technique.

	Modalité Labour	Modalité TCS	Modalité ABC
Précédent	Pois de conserverie, en labour	Pois de conserverie, en TCS	Pois de conserverie, en TCS, suivi d'un couvert d'été (peu de biomasse produite)
Préparation	Labour d'hiver	Déchaumages	Déchaumages
Implantation	En plein		

Résultats et discussion

Tableau 21. Aperçu des résultats de colza 2022-2023 (Chaumont-Gistoux, Brabant Wallon)

	Modalité Labour	Modalité TCS	Modalité ABC
Colza : biomasse totale, plantes entières en hiver (tMS/ha)	3,1	3,3	4,0
Colza : biomasse totale, plantes entières à maturité (tMS/ha)	19,0	17,0	13,1
Densité de semis (tiges/m ²)	41	53	62

Les variations de biomasse entre les modalités ont fortement évolué au cours de la saison. Durant l'hiver, les modalités TCS et ABC avaient une biomasse supérieure à la modalité labour (respectivement +6% et +29% de MS plantes entières par rapport à la modalité Labour). La tendance s'inverse complètement en cours de saison pour terminer à maturité avec une différence de biomasse sèche de -10% en TCS et -31% en ABC par rapport à la modalité Labour⁷.

Cette évolution semble corrélée à la densité de semis. La différence de conditions de semis entre les modalités a abouti à une densité de pieds supérieure en ABC et en TCS. La concurrence entre les plants de colza a vraisemblablement impacté négativement le développement de la culture par rapport à la modalité Labour.

Ce constat nous amène à une réflexion plus générale sur la difficulté des expérimentations « systèmes » : sur trois modalités différentes, une part non négligeable de la variation peut être expliquée par des contraintes organisationnelles qui tendent à uniformiser les interventions communes entre les modalités (réglage des machines, dates de passage, etc.) alors que les conditions sont variables d'une modalité à l'autre. Ainsi par exemple, à réglage identique, un sol plus meuble sur l'une des modalités engendre un semis plus profond et a un impact sur la levée de la culture, sa densité, etc.

⁷ Les données de rendements finaux n'étaient pas encore disponibles lors de la rédaction de ce rapport.

4.3.5. Pommes de terre (Courcelles, Hainaut)

Itinéraire technique, résultats et discussion

Sur la parcelle ABC, l'objectif était d'implanter les pommes de terre après un couvert de trèfle violet sans utilisation d'outil animé, contrairement à la modalité agriculteur. Malheureusement, les conditions météorologiques ont directement impacté l'expérimentation : au vu de la date tardive de plantation (mi-mai), de l'humidité et pour limiter la prise de risque, les deux modalités ont été implantées de la même manière, avec un fraisage avant plantation. Des mesures ont toutefois été réalisées sur les deux parcelles, sans différences significatives des résultats obtenus.

4.4. Conclusions

Les expérimentations 2022-2023 montrent la complexité de la maîtrise technique des itinéraires en ABC, avec des résultats très variables d'une parcelle à l'autre. Il ressort tout de même quelques facteurs d'influences identifiés sur plusieurs parcelles :

- La **gestion des adventices** à l'échelle de la culture mais également d'une année à l'autre
- Les **conditions météorologiques** particulières qui réduisent les fenêtres d'intervention et concentrent les travaux, obligeant les agriculteurs à faire certains compromis pratiques au détriment des objectifs visés ;
- Le risque de **lissage** (semelle de non-labour) lors du travail du sol à faible profondeur impactant négativement l'implantation et donc le développement des cultures, à l'instar d'une semelle de labour mais d'autant plus impactant que la profondeur est faible.

De manière plus générale, ce type d'expérimentation présente une complexité particulière pour l'analyse et l'interprétation des résultats. En effet, la comparaison de systèmes sur le long terme augmente considérablement les variables influant sur les résultats. Nous pouvons citer :

- Le **précédent**, tant au niveau du travail du sol que du développement des cultures, du choix éventuel des couverts et de la pression des adventices ;
- L'**évolution différentielle du sol à long terme** : microbiologie, diversité et abondance de vers de terres et de la macrofaune, évolution de la structure du sol (matière organique, horizons, compaction, etc.)

Cependant, c'est cette complexité qui fait la richesse et la pertinence de ce type d'expérimentation. Il s'agit en effet d'observer les synergies ou antagonismes entre les pratiques dans le temps, au contraire d'expérimentation visant à comparer deux pratiques sur une culture donnée. L'objectif à long terme est de tirer des enseignements sur des systèmes plutôt que sur des pratiques : le CRA-W, Greenotec et les agriculteurs impliqués en sont bien conscients et abordent ce travail avec une réelle perspective à long terme.

Pour l'année 2023-2024, les expérimentations se poursuivront selon la même approche sur les cinq parcelles décrites ci-dessus. Trois nouveaux agriculteurs vont également rejoindre le réseau, portant ainsi à huit le nombre de parcelles d'expérimentation pour ce projet.

5. Plateforme de démonstration de la Raffinerie Tirlemontoise

Depuis plusieurs années, nous collaborons avec la Raffinerie Tirlemontoise (RT) pour expérimenter et animer un groupe d'agriculteurs « Carbon farming » autour de nouvelles techniques culturales. Volontaire dans sa démarche de réduire son empreinte environnementale et consciente de la grande part qu'ont les pratiques culturales sur le bilan global, la RT a décidé de mettre en place une plateforme de démonstration sur une parcelle située à côté de la râperie de Longchamp. Cette vitrine, à vocation démonstrative, a pour objectif de sensibiliser un grand nombre de planteurs et agronomes aux techniques culturales plus durables, en étant un support d'échanges et d'objectivation des avantages de ces pratiques.

Les pratiques mises en œuvre sur cette plateforme sont :

- La réduction du travail du sol ;
- La couverture maximale du sol
- Le redécoupage des parcelles et la mise en place d'un maillage écologique performant

A plus long terme : une réflexion sur la gestion de la compaction et des intrants de synthèse.

Nous avons été sollicités pour apporter notre expérience sur le sujet et aider dans la cocréation des itinéraires techniques. Nous intervenons aussi lors de visite de la plateforme pour animer et sensibiliser les agriculteurs/acteurs des entreprises agroalimentaires sur ces pratiques. Dans une logique d'accompagnement, les pratiques mise en œuvre se veulent ambitieuses mais reste relativement sûres. La parcelle n'a pas pour vocation de réellement innover mais bien de rendre visibles des pratiques alternatives peu connues.

Pour que la parcelle puisse être représentative des fluctuations météorologiques annuelles, il a été décidé d'y implanter chaque année toutes les cultures de la rotation, implantées normalement successivement. La RT avait comme volonté d'intégrer des betteraves sucrières, de la chicorée, de la fèverole et du froment d'hiver dans la rotation, 4 cultures qui sont valorisées à l'échelle du groupe SüdZucker, dont fait partie la Raffinerie. Afin d'être représentative des rotations culturales de la région, ces 4 cultures ont été réparties sur 5 ans, avec un doublement de la culture de froment. Elle se présente comme ceci :



La parcelle a donc été coupée en 5 bandes de 36m de large chacune (largeur du pulvérisateur) séparée par des bandes enherbées ou des bandes fleuries. Chaque intervention culturale est ensuite réfléchi, avec l'aide de Paul Robert (Novalis Terra) entre les 3 parties prenantes de la parcelle : la RT, Greenotec et Fabrice Flament, l'agriculteur qui gère les terres. Ainsi, la décision a été prise dès le départ de séparer chaque bande en deux afin garder, sur la moitié, un itinéraire technique en non-labour sans grosse prise de risque (objectif initial) et sur la seconde moitié, un itinéraire technique plus innovant avec un peu plus de prise de risque (strip-till, sous-semis, association de culture, diminution d'intrants chimique, etc.).

Les bandes innovantes sont sur la gauche de chaque micro-parcelle (bande de pulvérisateur coupée en deux). La succession culturale est visible sur la parcelle, chaque culture étant déplacée vers la droite chaque année. Pour la saison 2022-2023 elle se composait comme suit :

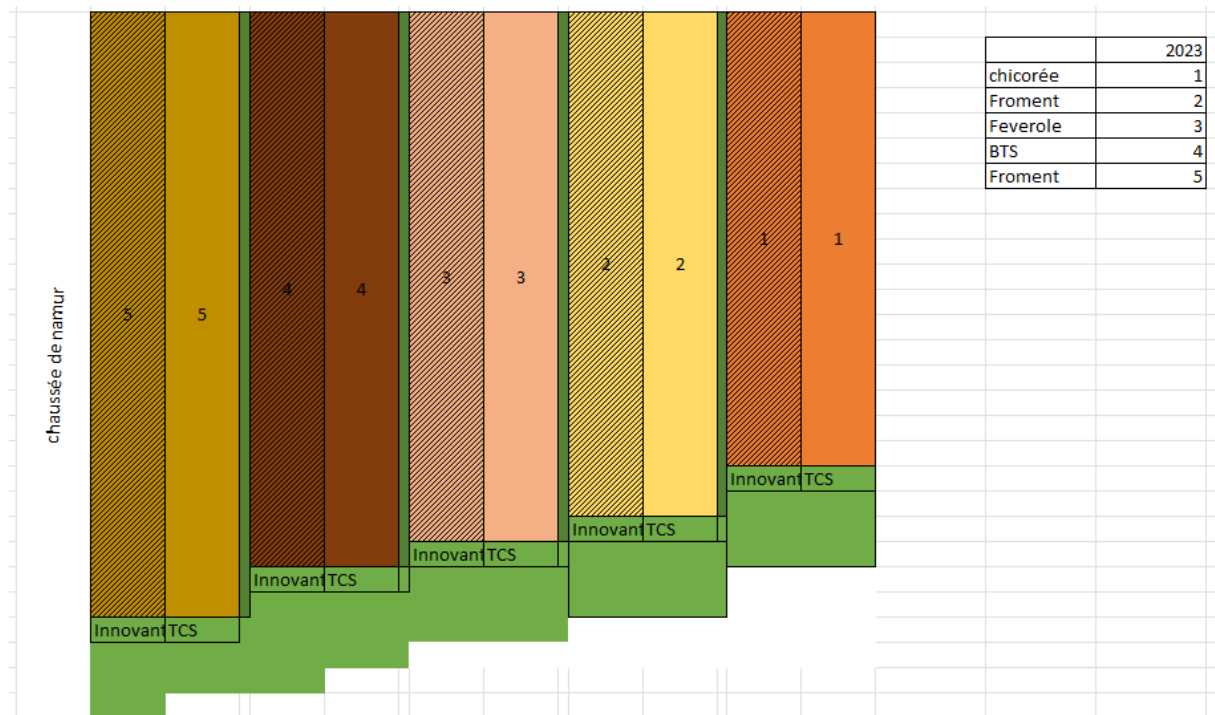


Figure 97 : Plan de la parcelle en 2023

5.1. Betteraves

Pour la culture de betterave, la partie innovante a été semée en strip-till, après un couvert peu développé et détruit de façon assez précoce. Le strip-till a été passé quelques jours avant le semis (30 avril). Pour la partie classique, le semis a été réalisé le 3 mai après plusieurs passages d'outils à dents le 1^{er} mai.

Le rendement n'est pas significativement différent (Figure 98), avec toutefois une meilleure levée en TCS comparativement au strip-till.

En revanche, quelques slake tests (test de sensibilité à l'érosion) ont été effectués lors d'une journée de démonstration et une différence nette a été observée entre le TCS et le strip-till, en faveur de ce dernier.

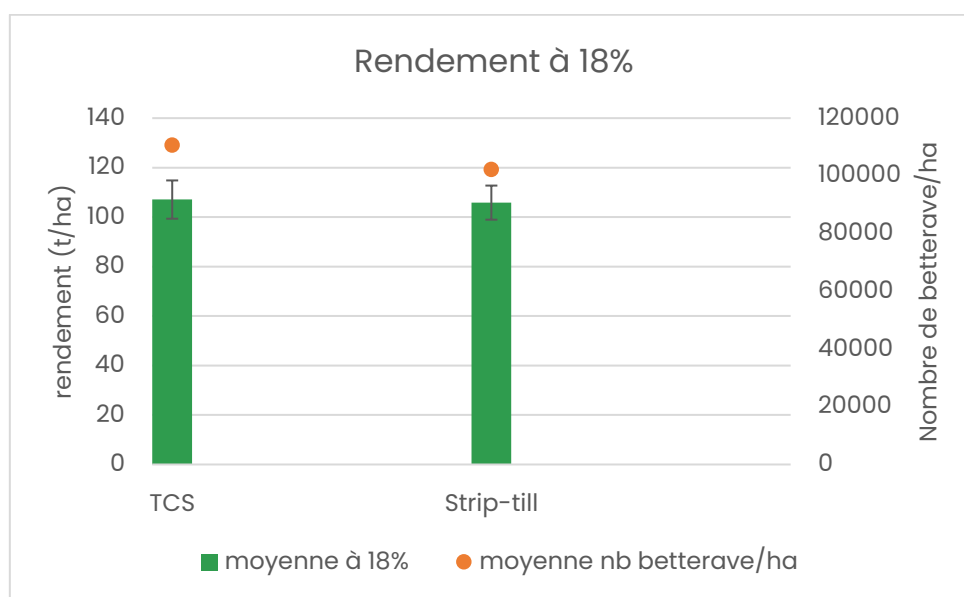


Figure 98 : Rendement à 18% des betteraves

5.2. Froment

Le froment a été semé en labour pour la première année car la décision de créer la plateforme a été prise tardivement.

5.3. Chicorée

La chicorée étant une culture difficile à l'implantation, aucun risque n'a été pris sur cette culture.

5.4. Féverole

La féverole a été associée à une autre culture : de l'avoine pour limiter les risques liés aux insectes et maladies ; du trèfle blanc pour couvrir le sol en fin de cycle et éviter un salissement de la parcelle. Un sous-objectif était aussi d'avoir un couvert déjà implanté à la récolte. La féverole a été semée à 280 kg/ha pour la féverole en pure (soit 50 pieds/m²) et 220 kg/ha pour la féverole associée avec 40 kg/ha avoine et 5 kg/ha Trèfle Blanc Nain (variété Huia).

Tableau 22 : Opération en fonction des modalités

Modalités	Espèces	Date de semis	Date de récolte
Innovant	Avoine-féverole-Trèfle Blanc	19 avril	22 août
TCS	Féverole pure	19 avril	22 août

Une diminution du rendement de la féverole associée a été mesurée (Figure 99). Semées tardivement, les féveroles des deux modalités ne se sont pas bien développées et ont souffert de la chaleur lors de la floraison. Ce phénomène a été amplifié dans la modalité associée qui a semblé plus tardive. De plus, certains grains d'avoine étaient encore verts. Le rendement associé a donc été décevant, mais le sous-

semis de trèfle a quant à lui montré une bonne couverture du sol à la récolte, entraînant des conséquences positives sur la structure du sol.

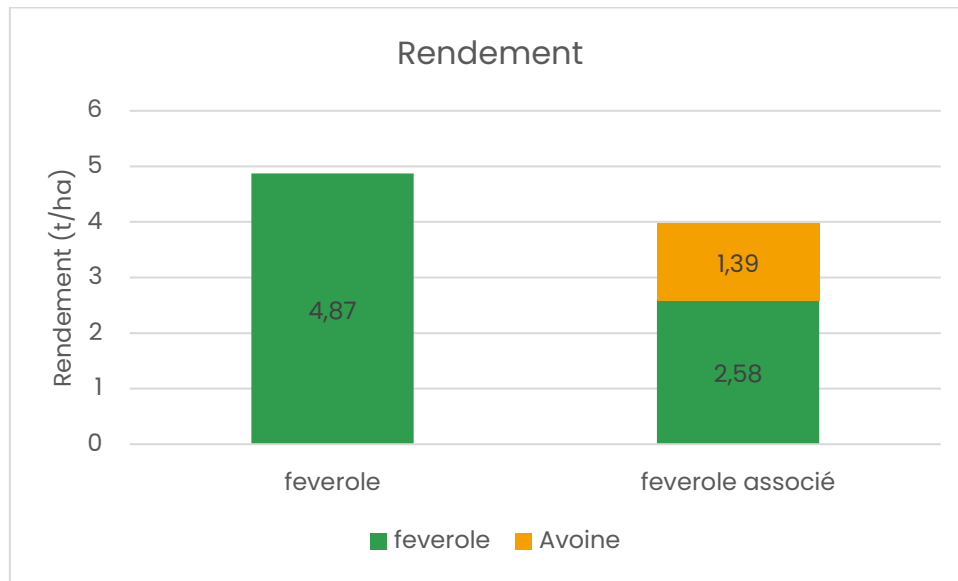


Figure 99 : Rendement en fonction des modalités



Figure 100 : Parcelle d'avoine-féverole-trèfle avant récolte

5.5. Couvert

Des couverts ont été implantés après les parcelles de froments (couvert long avant culture de chicorée ou féverole) et de féverole (couvert long avant betterave) selon le tableau ci-dessous :

Après féverole

Tableau 23 : Itinéraire technique des couverts après féverole

Modalités	Couvert	Date de semis
Innovant	Repousses de trèfle	Avec la féverole
TCS	Avoine brésilienne, phacélie, Vesce commune, tournesol, trèfle d'Alexandrie	4 septembre 2023

Le trèfle a profité de la belle arrière-saison pour couvrir le sol et a été géré avec un passage d'outil superficiel à disques le 9 septembre. Le 25 janvier, la couverture du sol était optimale avec peu d'adventices présentes. Le développement racinaire du trèfle a permis d'améliorer considérablement la structure du sol et la bioturbation (vie du sol) avec une diminution de la compaction. Les racines vivantes et bien développées ont permis au sol de se régénérer.



Figure 102 : Couverture du sol par le trèfle le 25 janvier



Figure 101 : Structure du sol après le trèfle

Après froment

Après froment, la gestion des couverts a différé suivant les parcelles classique et innovante. La structure du sol n'étant pas optimale, il a été décidé de décompacter dans la partie TCS et de ne pas décompacter mais en maximisant le développement du couvert dans la partie innovante.

Tableau 24 : Itinéraire technique des couverts après froment

	Type de semis	Espèces	Date de semis
Innovant	Semis en TCS Horsch Pronto + fertilisation	Avoine brésilienne, phacélie, vesce commune, tournesol, trèfle d'Alexandrie	4 septembre
TCS	Terrano + semis en TCS Horsch pronto	Avoine brésilienne, phacélie, vesce commune, tournesol, trèfle d'Alexandrie	4 septembre

Le couvert a permis d'améliorer la structure du sol en surface et la bioturbation. On observe cependant une zone de compaction à 10 cm toujours présente mais fissurée. Le couvert n'a pas permis d'améliorer significativement la structure du sol en profondeur.

Outre la biomasse aérienne, c'est la biomasse racinaire qui est importantes et qui montrera les meilleurs résultats au niveau de la structure du sol.



Figure 103 : Structure du sol après le couvert le 25 janvier

Le développement du couvert a été pénalisé par le semis assez tardif mais conforme aux conditions de l'année (à cause de la pluviométrie qui a retardé les semis). On observe une légère amélioration de développement pour la modalité non décompactée. C'est un résultat étonnant car habituellement la modalité la plus travaillée donne de meilleurs résultats grâce à la minéralisation et l'amélioration de la pénétration racinaire. Les conditions d'humidité au moment du semis peuvent expliquer ce résultat, le travail le plus profond ayant probablement créé un lissage qui a pénalisé le développement du couvert. Ce lissage n'a pas été très impactant puisque les différences de développement restent faibles.

Le trèfle quant à lui a été implanté en sous-semis dans la féverole mais a souffert d'un printemps assez sec. Il montre une bonne couverture du sol avec ses stolons et une production de biomasse en-dessous des attentes. Malgré tout, l'objectif premier de ce couvert (limiter le salissement en fin de cycle de la féverole) a été pleinement atteint.

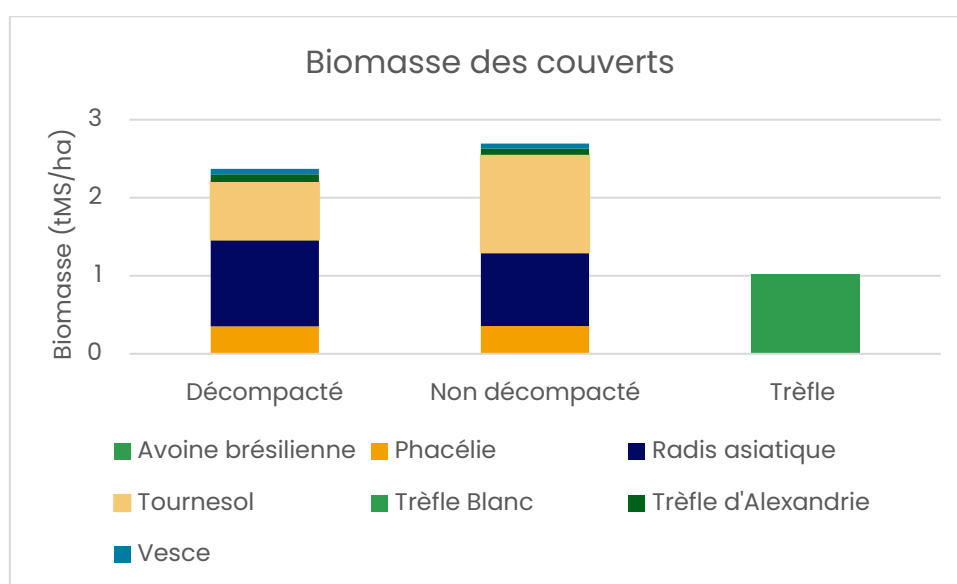


Figure 104 : Biomasse des couverts en fonction des modalités

Apports minéraux

Les couverts recyclent beaucoup d'éléments minéraux (azote, phosphore, potassium, soufre, magnésium...), et les légumineuses du mélange peuvent fixer l'azote de l'air. Un outil en ligne (www.methode-merci.fr) permet d'estimer la dynamique de restitution des minéraux par les couverts végétaux, sur base de pesées de biomasse par espèce.

Tableau 25 : Restitution d'azote en fonction des couverts

Modalité	Azote piégé	Azote restitué
Trèfle	40	15
Non décompacté	85	17
Décompacté	85	16

6. Résumé

Nos essais visant à mieux comprendre et optimiser la structure et la qualité des sols agricoles sont ceux qui se sont révélés les plus instructifs, bien que l'implantation de cultures de printemps en non-labour soulève encore plusieurs problèmes agronomiques qu'il s'agit de résoudre. Les échecs se rencontrent lorsque :

- Le sol n'est pas assez bien structuré et ne fournit pas aux racines un environnement favorable ;
- La disponibilité en éléments minéraux est faible :
 - Semis direct ou strip-till sans fertilisation localisée ;
 - Destruction tardive des couverts, créant une faim d'azote voire un assèchement du sol ;
- La date d'intervention n'est pas optimale ;
- Le réglage des machines n'est pas idéal :
 - Sol trop humide, sillon mal refermé ;
 - Profondeur de semis trop faible ou trop profonde ;
 - Mauvaise coordination entre le strip-till et le semoir ;
- La gestion des adventices ou du couvert est insuffisante (principalement à cause du manque d'efficacité ou à la non-utilisation du glyphosate).

En revanche, lorsque ces paramètres sont maîtrisés, les cultures se développent admirablement bien et offrent des rendements équivalents, voire supérieurs aux implantations plus classiques. Les implantations en non-labour et en semis direct permettent en outre de préserver les qualités physico-chimiques des sols, avec des résultats extrêmement favorables du point de vue de la stabilité structurale et de la conservation de l'eau dans le sol.

Les recherches centrées sur notre second objectif - la réduction de la dépendance et du recours aux intrants chimiques - se matérialisent par l'utilisation de plantes compagnes et de bio-intrants. Ces leviers agronomiques sont encore au stade exploratoire mais certains sont prometteurs, surtout dans la gestion des ravageurs (cas de l'association betterave-féverole), qui a fait l'objet d'un suivi approfondi et offre des perspectives encourageantes dans la réduction de la dépendance aux insecticides. Une meilleure compréhension des mécanismes biologiques est toutefois nécessaire, surtout en ce qui concerne les bio-intrants.

Enfin, nos essais d'optimisation du développement des couverts végétaux nous ont aussi fourni de nombreux résultats intéressants et une meilleure compréhension des systèmes. Les semis précoces restent le meilleur moyen d'obtenir des couverts bien développés. La biostimulation des semences ainsi que le choix variétal sont également deux leviers agronomiques permettant de sécuriser le développement des couverts végétaux, fondement de la fertilité des sols en grandes cultures.